

고춧가루 가공공장의 자동화 시스템 개발

Development of Automation System for Red Pepper Milling Factory

연구기관
한국식품개발연구원

농 립 부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “고춧가루 가공공장의 자동화 시스템 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1999년 12월 20일

주관연구기관명 : 한국식품개발연구원

총괄연구책임자 : 박재복

연구원 : 박완수

연구원 : 김동만

연구원 : 김종훈

연구원 : 권기현

연구원 : 이선미

연구원 : 김가연

연구원 : 손연수

연구원 : 허승규

협동연구기관명 : 서울대 농업생명과학대학

협동연구책임자 : 고헌균

연구원 : 강정문

연구원 : 조병관

연구원 : 남승호

여 백

요약문

I. 제목

고춧가루 가공공장의 자동화 시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

1. 연구개발의 목적

고품질 고춧가루 생산기반을 구축하기 위하여 국내 고추 주산지 중심으로 가공용 고추 원료의 건조 및 저장 시스템과 고춧가루 가공공장의 공정별 단위기계의 자동화 시스템을 개발하고 이를 이용한 첨단 고춧가루 가공의 시범공장 모델을 제시함.

2. 연구개발의 중요성

가. 고추는 우리 식생활에 가장 많이 사용되는 조미 채소류로서 양념류, 김치류, 고추장 등의 가공식품에 널리 사용되고 있으며 국민 일인당 연간소비량은 고춧가루 기준으로 2.5kg에 이르고 있다. 건고추 기준으로 3.5kg에 이르고 있으며 소비자 기준의 시장규모는 9,000~10,000억원으로 추정되고 있다.

나. 또한 고추는 단일작목으로 농업총생산의 4.5%, 채소류 생산액의 30%를 차지하고 있는 중요한 경제작물이며 고추의 연간 총 생산량은 150~200천 M/T에 이르며 이 중에서 경북, 충북, 전북, 전남 등의 30여 개의 군단위 주산지에서 전체 생산량의 65%를 생산하고 있다.

- 다. 고추는 다른 농작물보다 생산량증가에 따른 가격변동이 심하며 매년 증가되는 재배비용 및 인건비로 인하여 국내산 고추원료 가격이 상승되고 향후 수입개방화로 인하여 국내산 고추와 품질이 유사한 중국산 고추가 대량 유입될 경우 생산농가의 장기적인 안정된 소득기반이 무너질 위험이 있다.
- 라. 그러나 고추의 최종 소비형태는 대부분 고추의 1차 가공품인 고춧가루를 분쇄하여 사용하기 때문에 고추의 주산지 중심으로 대단위 고춧가루 가공공장을 설립하여 생산지에서 다양한 고춧가루 가공제품을 생산하여 소비지로 직접 공급하면 현행 고추의 생산·유통과정의 문제점이 점차로 개선되고 고추의 년중 수급조절이 가능하며 무엇보다도 가공제품의 원산지 표시를 함으로써 향후 국내에 수입될 외국산 고추 가공제품과 품질의 차등화를 할 수 있을 것이다.
- 마. 현재 고추주산지에 10개이상의 대단위 청결 고춧가루 가공공장이 생산자 단체 중심으로 설립운영되고 있으며 전국적으로 20 여개의 고춧가루 가공공장이 운영되고 있다. 또한 고춧가루 제품에 대한 소비자의 선호도가 매년 증가 추세에 있으며 보다 우수한 품질의 고춧가루 제품이 요구되고 있다.
- 바. 고춧가루 가공공장의 합리적인 운영과 우수한 품질의 고춧가루 제품생산을 위하여 원료가 되는 가공용 고추원료의 새로운 건조 및 저장 방법이 개발되어 실용화 되어야 할 것이다.
- 사. 그리고 현행 청결 고춧가루의 제조공정 및 제조설비의 문제점을 분석하고 선진국의 고춧가루 가공기술 현황을 파악하여 고춧가루의 품질과 생산성을 향상시킬 수 있는 공정별 단위기계의 자동화 기술을 개발하고 이를 토대로 고춧가루 가공공장의 자동화 시스템 개발과 첨단 고춧가루 공장 모델을 제시하므로 고품질 고춧가루 생산기반을 견고히 할 수 있을 것이다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 국내외 고춧가루 가공기술 현황 조사

- 가. 국내 고춧가루 가공공장의 제조공정 및 제조설비
- 나. 현행 고춧가루 가공공장의 제조공정 및 제조설비의 문제점
- 다. 국외 고춧가루 가공기술 현황

2. 가공용 고추원료 건조 시스템 개발

- 가. 현행 국내의 고추건조방법
- 나. 가공용 고추원료의 전처리 방법에 따른 건조특성
- 다. 가공용 고추원료 1차 건조 시스템 개발
- 라. 가공용 고추원료 2차 건조 시스템 개발
- 마. 가공용 고추원료 최적 건조 시스템 모델

3. 가공용 고추원료 저장 시스템 개발

- 가. 가공용 고추원료 1차 저장 실험
- 나. 가공용 고추원료 2차 저장 실험
- 다. 가공용 고추 원료의 저장 시스템 모델 개발

4. 고춧가루 가공공장의 단위기계별 자동화 시스템 개발

- 가. 건고추 원료의 균일 공급 시스템 개발
- 나. 고춧잎 제거 및 과피 선별 시스템 개발

- 다. 연속식 고추 분쇄 시스템 개발
- 라. 고춧가루 살균 시스템 개발
- 마. 고춧가루 품질 측정 시스템 개발

5. 첨단 고춧가루 가공공장 모델 개발

- 가. 제조공정
- 나. 제조설비 및 공장배치도
- 다. 제조설비 산출내역

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발결과

- 가. 고추주산지의 대단위 고춧가루 가공공장의 제조공정 및 제조설비의 문제점 분석은 고추원료의 건조 및 저장과 제조설비 등의 개선방안과 고춧가루 제품의 품질 및 생산성 향상에 도움을 주었으며 미국, 스페인, 헝가리등의 고추 수확후 건조저장 방법과 고춧가루 가공기술 현황 자료는 향후 국내 고추가공기술개발에 활용될 것이다.
- 나. 개발된 건조실험장치는 자료수집장치(data acquisition unit & controller)을 통하여 건조온습도 조절, 건조물중량 등을 자동 측정할 수 있어 농산물 및 식품원료의 열풍건조실험에 이용할 수 있다.
- 다. 생고추 원료의 전처리 방법에서 건조온도 70~80℃, RH30%일 때 절단 및 편칭

고추의 경우 건조시간이 5~8시간 였으며 건조후 색도 및 신미성분도 현행 태양 건조 고추와 동일한 수준으로 분석되었다.

라. 가공용 고추원료 건조시스템 개발을 위하여 현재 유럽 및 미국 등의 고추 건조 시스템으로 활용되고 있는 LPG 열원으로 건조공기를 직접 가열하는 터널식 건조 시스템 1,2 차시작품을 개발하였으며 2차 시작품은 LPG 열원을 직접 가열하는 터널 건조 건조기로서 규모는 1500W×7500L×3500Hmm로 내부에 대당 건조채반 32개를 탑재하는 건조대차 5대가 들어갈 수 있다. 1회 절단 생고추 투입량은 600 kg 정도이다.

마. LPG 열원을 사용하는 가공용 건조시스템에서 건조온도 75℃, 건조대차의 풍속이 0.7~1.5 m/sec 일 때, 절단 생고추의 최종 함수율이 15. w.b 까지 건조시간은 7~8 시간 소요되었으며 건조된 고추원료의 색도 및 신미성분 분석결과 건조고추 시료의 품질이 매우 우수한 것으로 판명되었다.

바. LPG 열원 가공용 건조 시스템 시작품의 LPG 연료 소비율은 시간당 7.7~8.9 kg/hr 이였으며 건조 비용으로 환산한 결과 103.1~123.2원/kg였으며 현행 농가형 배치 건조기의 경우 140.2~155.9원/kg 이 소요되어 LPG 직화 터널 건조기의 경우 연료 소비율 기준의 건조 비용이 현행 농가형 배치 건조기보다 21~26% 정도 절감되는 것으로 나타났다.

사. 건조고추 시료를 전처리별(원형, 압축, 꼭지제거, 파쇄, 1차 건조 등)로 상온, 10℃, 0℃의 저장고에서 6개월간(98. 4 ~98. 9) 저장 실험을 수행하였다. 건조고추 시료의 전처리별 상온 저장시 수분, 색도, 신미성분은 저온 저장과 비교하여 큰 차이가 없었으나 산가가 조금 증가하는 경향을 보였다. 그러나 저장 4개월 후 고온 다습한 상온의 저장조건으로 해충 발생이 심하여 원료 품질이 크게 저하되어 가

공 원료로 사용이 불가능한 것으로 판단되었다.

아. 압축한 시료와 비압축한 시료 사이에 수분과 산가, 색도 등의 변화가 거의 나타나지 않아 저온 저장시 시료의 부패 감소와 저장을 향상을 위하여 시료는 압축하여 저장하는 것이 가능하며 저장중 모든 시료의 신미성분의 변화는 없었으며 색도의 경우 a* 값은 온도가 낮을수록 수치 감소가 적었고, b*값은 전체적으로 큰 영향을 받지 않았다. 따라서 건고추 원료의 초기 함수율이 15~18% w.b. 경우 고추 원료를 1/3로 압축하거나 꼭지 제거, 조파쇄 등의 전처리를 하여 0~10℃의 저온 창고에 보관할 경우 장기 보관이 가능한 것으로 판단된다.

자. 가공용 고추 원료 저장 시스템 주요 설비는 원료투입기, 원료선별기, 증기세척기, 고추꼭지제거기, 고추과피절단 및 조파쇄기, 고추과피 종자 분리기, 고추과피 및 종자 저장 탱크, 고추 과피 압축 및 포장기 등으로 구성되어 있다. 기본적인 공장 규모는 450m³(15W×30L)이며 포장된 고추과피 및 종자원료는 별도의 저온창고에 보관된다. 이때 저온창고의 온도는 5~10℃, 3~5℃, 0~2℃ 등의 3단계로 구분하고 각각의 갯수는 3:2:2의 비율로 하여 건고추 원료 저장의 효율성과 비용을 높이는 것이 바람직하다.

차. 건고추 원료 균일 공급장치의 평균 처리용량은 2850 gr/min이며 1일 작업시간 8시간을 기준하면 1370 kg/day로 나타났으며 또한 장치의 구조가 간편하고 소음이 적으며 원료의 배출상태가 균일하게 나타나 고춧가루 가공공장의 원료 균일 공급장치로 활용될 수 있을 것이다.

카. 개발된 시작품의 고추과피의 평균 선별율은 85~86%였으며 현행 선별율 보다 10~15%과피선별율을 증가시켰다. 개선방안으로 제시된 고추과피 선별시스템에서 시료의 압축과정을 2회 이상으로 증가할 경우 88~90%이상의 고추과피 선별율이

가능할 것으로 판단된다.

타. 연속식 고춧 분쇄장치 시작품은 롤 밀 조합 상부에 회전 원료 교반판을 설치하여 분쇄시 롤 조합 사이로 원료의 균일한 공급이 가능하므로 롤 표면의 직접 접촉에 의한 쇳가루 발생을 최대한 억제하였으며 롤 조합 하부에 스크류 콘베어를 설치하여 분쇄 입도의 균일성을 높였으며 배출구 부위에 회전 충격 장치를 설치하여 분쇄 과정 중 뭉쳐진 고춧가루 입자를 균질화하게 하였다. 시작품의 평균 분쇄처리량은 100kg/hr이며 공장 규모로 실용화될 경우 300 kg/hr이 가능하며 현행 6~8단계의 롤 분쇄 공정을 1~2 단계로 줄일 수 있으며 롤 분쇄기 사이의 이송 스크류 콘베어가 필요하지 않아 분쇄작업 후 내부 청소가 쉬워 분쇄기의 청결성 유지가 쉽다.

파. 고춧가루 입도별 신미성분 분석결과 입도가 30 mesh보다 큰 미세한 고춧시료의 경우 입도가 30 mesh 이하인 굵은 시료보다 동일한 고춧 품종에서 신미도가 50% 이상 높은 것으로 분석되었으며 이를 고춧원료 조파쇄 분쇄작업에 이용하면 신미성분이 규격화된 고춧가루 제품을 생산할 수 있어 신미성분이 구분된 고품질의 고춧가루 제품이 가능하다.

하. 국내산 고춧가루의 효과적인 살균방법을 개발하고자 고춧가루의 증기 살균 장치와 자외선 살균 장치 시작품을 설계 제작하였다. 고춧가루 증기 살균시 살균 온도 120℃, 120℃인 경우 1회 통과시 수분 감소량은 1.7% w.b. 였으며 138℃, 142℃ 경우 2.4% w.b. 였다. 고춧가루 살균 처리 후 총 균수 변화는 살균횟수가 증가함에 따라 약간 감소하는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 보이지 않았다. 증기 살균의 경우 내부 온도가 120℃보다 138℃일 때 사멸율이 높았으며 평균 사멸율은 68% 였다. 자외선 살균 사멸은 살균 높이 2, 4cm에서 각각 34.0%, 40.3% 였다. 효모 및 곰팡이 균수 변화는 증기 140℃ 살균시 사멸율은 69%였으며 자외

선 높이 2cm 일 때 64%였다.

가. 고춧가루 가공공장의 제품 품질관리의 종합적인 시스템을 구축하여 고춧가루 제품의 품질 등급을 정확히 하고 규격화된 제품 생산 및 고춧가루 품질관리를 위하여 근적외선 분광분석 방법을 이용한 고춧가루의 품질측정 모델식을 개발하였다. 개발된 고춧가루 품질 측정 모델식은 수분, 신미성분, ASTA 값, 조단백질, 유리당, 종자함유량, 색도 등이며 실험치와 측정치의 상관계수가 매우 높게 나타나 향후 고춧가루 가공공장의 on-line 품질 측정 시스템에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

나. 향후 국내의 고추소비 형태가 건고추 원료에서 고춧가루제품으로 전환될 것을 전제로 하여 소비자가 신뢰할 수 있는 고품질의 규격화된 고춧가루를 생산할 수 있는 첨단 고춧가루 가공공장 모델을 개발하였다. 주요특징을 보면 고추원료가 상부에서 하부로 이송되면서 분쇄되어 공정간의 이송장치를 감소시켜 고춧가루의 누적현상을 해소시키고 작업후 청소가 쉽도록 하였으며, 고추과피선별 시스템을 도입하여 고추꼭지제거율을 향상시키고 고추원료의 신미성분을 분리할 수 있는 원료 조파쇄 및 선별 공정을 설치하였으며, 고춧가루의 증기살균 장치를 설치하여 고춧가루의 살균효과를 높였으며 고춧가루 품질 on-line 측정시스템을 설치하여 고품질의 규격화된 고춧가루 제품생산이 가능하게 하였다.

2. 활용방안

가. 개발된 가공용 고추원료 건조 시스템은 관련 산업체에 기술이전하여 시작품을 실용화한 후 고추 주산지의 생산자 농가 및 조합과 고춧가루 가공공장에 우선적으로 보급하여 고품질의 고추원료를 생산기반을 조성한다..

- 나. 고추원료를 압축하거나 조파쇄 후 고추과피와 종자를 분리하여 저온저장하는 가공용 고추원료 저장방법을 고춧가루 가공공장에 보급하여 건고추 원료의 저장효율을 향상과 고품질의 고추원료 공급으로 고춧가루 가공제품의 품질향상과 고추 원료의 가격 안정화에 기여한다.
- 다. 고추원료의 신미성분 분리와 고춧가루 품질측정 장치를 이용한 수분, 신미성분, 색도, 종자 혼입율이 표시된 다양한 용도의 고품질 고춧가루 제품생산 기술을 고추 주산지 생산자 단체 중심의 고춧가루 가공공장과 향후 고춧가루 제품생산을 계획하고 있는 국내 식품업체에 기술이전을 한다.
- 라. 고춧가루 가공공장의 단위기계별 자동화시스템의 연구결과는 국내 관련업체에 이전하여 산업화시켜 현행 고춧가루 가공공장의 제조공정 및 제조설비의 성능개선에 이용하여 향후 설립되는 첨단 고춧가루 가공공장의 기본설계 방안으로 적극 활용한다.

여 백

목 차

제 1 장 서론	31
제 1 절 연구의 배경	33
제 2 절 연구개발의 필요성 및 목표	34
1. 연구 개발의 필요성	34
가. 기술적인 측면	34
나. 경제·사회적 측면	38
2. 연구개발의 목표	40
제 2 장 국내의 고춧가루 가공기술 현황 조사	41
제 1 절 국내 고춧가루 가공기술 현황	43
1. 서론	43
2. 국내 고춧가루 가공공장의 제조공정 및 제조 설비	44
가. 고춧가루 제조 공정	44
나. 고춧가루 가공공장의 제조설비	51
다. 현행 고춧가루 가공공장의 제조공정 및 제조설비의 문제점	65
제 2 절 국외 고춧가루 가공기술 현황	66
제 3 장 가공용 고추원료 건조시스템 개발	75
제 1 절 서론	77
제 2 절 현행 국내 고추의 건조방법	78
1. 열풍 건조 방법	78
2. 복합식 건조방법	79
3. 자연 건조방법	80

제 3 절 가공용 고추원료의 전처리 방법에 따른 건조특성	81
1. 가공용 고추원료의 전처리 방법	81
2. 건조실험 장치	83
3. 전처리 방법에 따른 건조특성	86
가. 전처리 및 건조온도에 따른 건조특성	87
나. 전처리 및 건조온도에 따른 고추 품질분석	96
4. 가공용 고추원료 건조 시스템 개발	102
가. 서론	102
나. 가공용 고추원료의 1차 건조시스템 개발	104
1) 실험 방법 및 장치	104
2) 실험 결과 및 고찰	110
다. 가공용 고추원료 2차 건조 시스템 개발	125
1) 서론	125
2) 실험재료 및 장치	126
3) 실험방법	136
4) 실험결과 및 고찰	138
라. 가공용 고추 원료 최적 건조시스템 모델 설계	148
제 4 장 가공용 고추원료의 저장 시스템 개발	153
제 1 절 서론	155
제 2 절 가공용 고추 원료 저장 실험	155
1. 가공용 고추원료 1 차 저장 실험	155
가. 실험재료 및 장치	156
나. 실험 방법	157
다. 실험 결과 및 고찰	157

2. 가공용 고추원료 2 차 저장 실험	164
가. 실험 재료	164
나. 실험방법	164
다. 실험 결과 및 고찰	166
3. 가공용 고추 원료의 저장 시스템 모델 개발	181
가. 가공용 고추 원료의 전처리 방법	181
나. 가공용 고추원료의 저장 시스템 모델 개발	183
제 5 장 고춧가루 가공공장의 단위기계별 자동화 시스템 개발	185
제 1 절 서론	187
제 2 절 건고추 원료의 균일 공급시스템 개발	187
1. 건고추 원료의 균일 공급 시스템 1차 시작품 제작 및 성능실험	187
가. 실험 장치	187
나. 실험결과 및 고찰	189
2. 건고추 원료의 균일 공급 시스템 2차 시작품 제작 및 성능실험	190
가. 실험 재료 및 장치	190
나. 실험방법	192
다. 실험 결과 및 고찰	192
제 3 절 고추꼭지제거 및 과피 선별시스템 개발	195
1. 건고추의 품종별 물성분석	195
2. 건고추 압축 실험	196
가. 실험장치 및 방법	196
나. 실험결과 및 고찰	198
3. 고추꼭지 및 과피선별 시스템 1차 시작품 제작 및 성능실험	199
가. 실험장치 및 방법	199
나. 실험 결과 및 고찰	201

4. 고추꼭지 및 과피선별 시스템 2차 시작품 제작 및 성능실험	202
가. 서론	202
나. 실험재료 및 장치	203
다. 실험결과 및 고찰	206
제 4 절 연속식 고추분쇄 시스템 개발	212
1. 연속식 고추분쇄 시스템 1차 시작품 제작 및 성능실험	212
가. 고추 분쇄방법에 따른 분쇄특성 분석	212
나. 연속식 고추분쇄 시스템 1차 시작품 제작 및 성능실험	217
2. 연속식 고추분쇄 시스템 2차 시작품 제작 및 성능실험	222
가. 실험재료 및 장치	222
나. 실험방법	225
다. 실험결과 및 고찰	226
3. 연속식 고추분쇄 시스템 3차 시작품 제작 및 성능실험	230
가. 실험재료 및 장치	231
나. 실험방법	234
다. 실험결과 및 고찰	235
4. 고춧가루 입도에 따른 신미성분 분석	239
가. 실험재료	241
나. 실험방법	241
다. 실험결과 및 고찰	241
제 5 절 고춧가루 살균 시스템 개발	244
1. 서론	244
2. 고춧가루 살균 시스템 1차 시작품 제작 및 성능실험	245
가. 실험재료 및 장치	245
나. 실험방법	248
다. 실험결과 및 고찰	248

3. 고춧가루 살균 시스템 2차 시작품 제작 및 성능실험	262
가. 서론	262
나. 실험재료 및 장치	263
다. 실험방법	267
라. 실험결과 및 고찰	267
제 6 절 고춧가루 품질측정 시스템 개발	276
1. 고춧가루 품질측정시스템 개발 1차 연구	276
가. 서론	276
나. 실험재료 및 방법	276
2. 고춧가루 품질측정시스템 개발 2차 연구	298
가. 국내산 고추의 품종별 성분 분석	298
나. 고춧가루 품질 측정 시스템 개발(Ⅱ)	306
3. 고춧가루 품질 online 측정시스템 개발	322
가. 고추 원료의 혼합 시스템의 개발	322
나. 고춧가루 품질 online 측정시스템 개발	323
제 6 장 첨단 고춧가루 가공공장 모델 개발	329
제 1 절 서론	331
제 2 절 첨단 고춧가루 가공공장 모델 개발	332
1. 제조공정	332
2. 제조설비 및 공장 배치도	335
3. 제조설비 산출내역	340
참고 문헌	343

여 백

Summary

I. Title

Development of automation system for red pepper milling factory

II. Purpose and Significance

1. Purpose

This study was conducted to develop the drying and storage system for red pepper as processing material in its main cultivating areas and automation system of processing facilities in unit operation for producing high quality red pepper powder and to suggest the new model of advanced red pepper milling factory.

2. Significance

- a. Red pepper is used widely in processed food such as spices, kimchi and kochoojang and is well known as spicy vegetable closely related to our eating culture. The annual consumption of red pepper powder per capita is 2.5 kg and 3.5 kg based on dried red pepper, respectively. Its retail market scale is estimated from 900 to 1,000 billion won a year.
- b. In addition, Red pepper is an important economic crop occupying 4.5% of gross agricultural product and 30% of vegetable production. Its annual production reaches from 150,000 to 200,000 M/T and 65% of total production are produced

at about 30 local countries located in Kyeongbuk, Chungbuk, Jeonbuk and Jeonnam province.

- c. The market price of red pepper compared to other crops is changed heavily due to its production variation and the yearly increase of cultivation and labor cost. Furthermore, Farm household income become more dangerous because foreign red pepper, especially Chinese red pepper that is very similar to domestic one should be imported in near future.

- d. However, if red pepper powder as final consumption form of red pepper is produced in red pepper milling factory in main producing areas and supplied to the consumer, recent problems of the production and distribution for red pepper will be improved gradually and it is possible to recognize the quality between domestic red pepper products and foreign ones according to labeling the origin of raw material.

- e. Now, Ten large scale red pepper milling factories were established by farm cooperatives in main producing areas and about twenty factories for red pepper powder were operated. In addition, red pepper powder production is increasing every year and most consumer have a good preference for high quality red pepper powder.

- f. In order to produce high quality red pepper powder and operate their factories effectively, new drying and storage method for red pepper as processed material should be developed.

- g. It is necessary that some problems of recent red pepper milling process and

facilities should be analyzed and status of red pepper process technology in developed countries be investigated. If automatic technology of unit operation in red pepper milling process is developed to increase the quality and productivity of red pepper powder, new model for advanced red pepper milling factory can be suggested and the basis for producing high quality red pepper powder should be fortified.

III. Scope and Content

1. Survey for the status of domestic and foreign red pepper powder processing technology

- a. Process and facilities of domestic red pepper milling factory
- b. Recent problems for its process and facilities
- c. Status for foreign red pepper processing technology

2. Development of drying system for red pepper as processing material

- a. Recent domestic drying method for red pepper
- b. 1st drying system of red pepper as processing material
- c. 2nd drying system of red pepper as processing material
- d. Optimum drying system model of red pepper as processing material

3. Development of storage system of red pepper as processing material

- a. 1st storage experiment of red pepper as processing material
- b. 2nd storage experiment of red pepper as processing material
- c. Storage system model of red pepper as processing material

4. Development of automation system of processing facilities in red pepper milling factory

- a. Development of uniform supplying system for dried red pepper
- b. Development of calyx removing and pericarp separating system for red pepper
- c. Development of continuous roll milling system for red pepper
- d. Development of sterilizing system for red pepper powder
- e. Development of quality measuring system for red pepper powder

5. Development of model of advanced red pepper milling factory

- a. Process
- b. Facilities and layout
- c. Contents of facility price

IV. Results and Recommendations

1. Results

- a. To analyze problems of some facilities and process at large scale red pepper milling factory in main producing areas is useful for improving drying and storage method for red pepper, and processing facilities, high quality and productivity of red pepper powder at factory. The survey for drying and storage method of red pepper and the status of red pepper processing technology in foreign country such as United States, Spain and Hungary will be utilized for developing domestic red pepper processing technology.
- b. Drying experimental equipment in this study could be used to measure the

drying temperature and humidity, the weight of dried product by data acquisition unit and controller. For hot air drying experiment for agricultural products and food materials, this equipment can also be utilized.

- c. For the pre-treatment method of fresh red pepper, the drying time of cut and punched red pepper at the drying temperature, 70 to 80°C and RH, 30% was 5 to 8 hours and after drying process, the color value and capsaicinoids of dried red pepper was the same as that by sun drying.
- d. For developing the drying system of red pepper as processed material, the prototype of LPG tunnel dryer that is used for drying red pepper in United States and Europe was manufactured two times. the dimension of its final prototype was 1500W×7500L×3500Hmm and 5 drying trucks with 32 trays each truck were installed inside. Its drying capacity based on cut fresh red pepper was about 600kg.
- e. For the drying temperature, 75°C and air velocity between drying truck, 0.7 to 1.5 m/sec at the prototype of LPG tunnel drying system, it took 7 to 8 hours that cut fresh red pepper was dried until final moisture content, 15%w.b. According to analyzing color value and capsaicinoids of dried red pepper, it was shown as high quality red pepper.
- f. The fuel consumption rate for the prototype of LPG tunnel dryer was 7.7 to 8.9 kg/hr and 103.1-123.2 won/kg as drying expense. Compared with present batch dryer in farm household, the drying expense of this protorype showed a 21 to 26% of decrease.

- g. Dried red pepper samples(whole, compressed, calyx removed, etc.) were stored at ambient temperature, 10°C, and 0°C for 6months. Moisture content, color value and capsaicinoids of samples at ambient temperature were similar with ones at 10°C, and 0°C, but acid values were higher. After 4 months, dried red pepper sample at ambient temperature was deteriorated by insects in the warm and humid storage conditions, so it couldn't be used as processing material.
- h. The moisture content, acid value and color value between compressed red pepper samples and non-compressed ones in storage period were a little changed so that compressed red pepper which is reduced its storage volume could be used to increase storage rate. The capsaicinoids of all red pepper samples during storage remain constant. For cold storage, 0 to 10 °C, a* value of sample decreased slowly and b* value was not affected greatly. If dried red pepper at the initial moisture content, 15 to 18 %w.b. was crushed, calyx removed and compressed to one third of total volume, it can be stored for long period in above cold store.
- i. Main facilities of red pepper storage system as processing material are composed of hope, separator, steam washer, calyx removing device, pericarp crusher, storage tank for pericarp and seed, sample compressing device and packing machine. the factory area is basically 450m³(15W×30L m) and pericarp and seed of red pepper warped with packing material are separated in cold store. In order to increase storage efficiency, the temperature conditions of cold store is 5 to 10, 3 to 5 and 0 to 2 °C, and the ratio of each storage volume is 3, 2 and 2, respectively.

- j. The average capacity of dried red pepper uniform supplying device was 2850 gr/min and 1370kg/day based on operating time, 8 hr a day. its construct was simple and red pepper sample could be supplied uniformly with a little noise. So this device could be utilized at red pepper milling factory.
- k. The average separating ratio of the prototype of pericarp separating system was 85 to 86% and 0 to 15% higher than present ones. If the compressing time for red pepper sample increase twice, it was considered that the pericarp separating ratio could reach 88 to 90%.
- l. the milling capacity of continuous roll mill was about 100 kg/hr and could reach 300 kg/hr by increasing its scale. This roll mill can reduce 6 to 8 stage of milling process to 1 to 2 of that. Some screw conveyors between roll mills at present milling process could be removed. It is easy to clean dusts inside roll mill and to remain sanitary after milling operation.
- m. With regard to the analysis of capsaicinoids of red pepper powder with particle sizes, capsaicinoid of red pepper powder with particle sizes under 30 mesh were twice as much as ones over 30mesh. If this method can apply to the crushing process of red pepper, high quality red pepper powder which have graded according to capsaicinoid contents can be produced.
- n. The prototype of super heated vapor and Ultraviolet radiation sterilizer were manufactured to develop the effective method to sterilize red pepper powder. For the sterilizing temperature, 120 and 140 °C, the moisture content of sample powder decreased 1.7 and 2.4 %w.b. one time through super heated vapor

sterilizer. After steaming sterilizing process, total mould number decreased a little due to increasing sterilizing time but it was not significant. For Ultraviolet radiation sterilizing process, the mould killing rate with sterilizing height, 2 and 4 cm was 34.0 and 40.3 %, respectively.

- o. Quality measuring model equations with near infra-red spectroscopy were developed to conduct the quality control and standard production of red pepper powder and to grade it precisely in red pepper milling factory. Developed model equations for moisture content, capasicinoids, ASTA value, crude protein, free sugar and color value have a good correlation between laboratory and predicted data. Therefore, this model equations could be used for on-line quality measuring system at red pepper milling factory and this enable to produce standard high quality red pepper powder.

- p. With regard to the change for the consumption of red pepper from dried red pepper to red pepper powder, the model of advanced red pepper milling factory that can produce standard high quality red pepper powder was suggested.

2. Recommendations

- a. The drying system for fresh red pepper as processing material was manufactured in food machinery company and first of all, this drying system should be supplied to red pepper milling factory and farm cooperative in order to build the basis of high quality red pepper production.

- b. The storage method for red pepper as processing material that pericarp and calyx separated from crushed red pepper was stored in cold temperature is supplied to red pepper milling factory. This storage method contribute to quality evaluation of red pepper powder and the stability of red pepper price according to the increase of storage efficiency and the supplement of high quality red pepper material.
- c. The technology of high quality red pepper production included in the capsaicinoids grading process and quality measurement for moisture content, capsaicinoids, color value and seed mixing rate is transferred to red pepper milling factories in main producing area and domestic food company that is planning to produce red pepper powder.
- d. The results of automation system for processing machine unit in red pepper milling factory is transferred to domestic food company and used for improving some problems of process and facilities in present factories. Furthermore, it is utilized to the basic design for advanced red pepper milling factory.

여 백

Contents

Chapter 1. Introduction	31
Chapter 2. Survey for the status of domestic and foreign red pepper powder processing technology	41
Chapter 3. Development of drying system for red pepper as processing material	75
Chapter 4. Development of storage system of red pepper as processing material	153
Chapter 5. Development of automation system of processing facilities in red pepper milling factory	185
Chapter 6. Development of model of advanced red pepper milling factory	331
Reference	343

여 백

제 1 장 서론

여 백

제 1 절 연구의 배경

고추는 우리 식생활에 가장 많이 사용되는 조미 채소류로서 양념류, 김치류, 고추장 등의 가공식품에 널리 사용되고 있으며 국민 일인당 연간소비량은 고춧가루 기준으로 2.5kg에 이르고 있다. 건고추 기준으로 3.5kg에 이르고 있으며 소비자 기준의 시장규모는 9,000~10,000억원으로 추정되고 있다. 또한 고추는 단일작목으로 농업총생산의 4.5%, 채소류 생산액의 30%를 차지하고 있는 중요한 경제작물이며 고추의 연간 총생산량은 150~180천 M/T에 이르며 이중에서 경북, 충북, 전북, 전남 등의 30여개의 군 단위 주산지에서 전체 생산량의 65%를 생산하고 있으며, 현재 주요 생산지 중심으로 고추의 대단위 육묘시설, 재배 및 수확의 공동작업과 생고추의 공동건조 및 저장시설의 도입이 가능한 생산자 단체 중심의 고추 종합가공 시설설치 등의 도입이 가능한 여건이 조성되어 있다.

고추는 다른 농작물보다 생산량증가에 따른 가격변동이 심하며 매년 증가되는 재배 비용 및 인건비로 인하여 국내산 고추원료 가격이 상승되고 향후 수입개방화로 인하여 국내산 고추와 품질이 유사한 중국산 고추가 대량 유입될 경우 생산농가의 장기적인 안정된 소득기반의 구축이 어려운 실정이다. 현행 고추의 유통구조는 건조후 원형 상태로 생산지에서 소비지까지 5~6단계의 복잡한 유통과정을 거치고 있으며 고추가격의 안정화와 양질의 고추원료 건조 및 저장방법 개선에 한계점이 있어 고추의 생산량 증감에 대한 효과적인 수급대책이 불확실하다. 특히 최근에 태양열 자연건조로 인한 외관상 색상이 우수한 중국산 건고추가 대량으로 수입되어 유통단계에서 고품질의 국내산 고추로 바뀌어 쉽게 일반 소비자에게 공급되고 있어 생산농가에게 큰 걱정을 안겨주고 있다. 그러나 고추의 최종 소비형태는 대부분 고추의 1차 가공품인 고춧가루를 분쇄하여 사용하기 때문에 고추의 주산지 중심으로 대단위 고춧가루 가공공장을 설립하여 생산지에서 다양한 고춧가루 가공제품을 생산하여 소비지로 직접 공급하면 현행 고추의 생산·유통과정의 문제점이 점차로 개선되고 고추의 년 중 수급조절이

가능하며 무엇보다도 가공제품의 원산지 표시를 함으로써 향후 국내에 수입될 외국산 고추 가공제품과 품질의 차등화를 가능하게 함으로써 국내 고추산업의 기반을 지킬 수 있을 것이다.

이러한 목적으로 최근 한국식품개발 연구원이 개발한 청결 고춧가루 제조방법(발명 특허 제064936)을 이용한 대단위 고춧가루 가공공장이 시범공장인 미농식품(주)을 시작으로 생산자 단체(농협)가 중심이 되어 전국 주요 고추산지에 10개소가 설립되었으며 앞으로 이러한 가공공장 설립은 고추 주산지를 중심으로 30여개 이상 증가할 것으로 예측된다. 이들 청결 고춧가루 가공공장의 연간 생산규모는 10천 M/T이며 고춧가루 제품의 품질이 뛰어나고 포장규격이 다양화하여 소비자의 선호도가 매년 크게 증가하고 있다.

그러나 산지의 대단위 고춧가루 가공공장의 합리적인 운영과 고춧가루 제품의 품질 및 위생성 향상, 공장의 생산성 제고를 위해서는 무엇보다도 가공용 고추원료 건조 및 저장방법이 시급히 개발되어 실용화되어야 한다. 그리고 현재까지 연구개발된 청결 고춧가루 가공공장의 제조공정 및 제조설비의 문제점을 면밀히 조사·분석하고 선진국의 고춧가루 가공기술 현황을 파악하여 고춧가루 가공의 자동화 기술방안을 확립하며 공정별 제조설비의 첨단 자동화 시스템을 개발하므로 세계제일의 고품질 고춧가루 가공제품의 생산기반을 견고히 하여야 한다.

제 2 절 연구개발의 필요성 및 목표

1. 연구개발의 필요성

가. 기술적인 측면

- 1) 현재 국내의 고추 주산지에서 이용되는 수확후 생고추의 건조방법은 원형상태의 건고추 원료유통을 기준으로 하고 있으며 크게 2가지로 구분된다. 첫째는 생산농가 단위로 소유하고 있는 소형 배치식 화력건조기를 사용하여 70~80℃의 고온에서 20~24시간 연속적으로 화력건조를 하는 것으로 건조처리용량은 증가하나 고추의 색상 및 품질이 떨어진다. 둘째는 현재 대부분의 생산농가가 사용하는 방법으로 1차 고온상태(80~90℃)로 5~6시간 건조후 2차로 비닐하우스에서 4~5일간 태양열을 이용 자연건조를 하는 것이다. 건고추의 품질이 전자의 것보다는 좋으나 건조과정에 많은 노동력이 소요되고 흙, 먼지 등의 이물질에 오염되기 쉽다.
- 2) 현재 가공용 고추원료의 건조시스템에 관한 연구는 전혀 이루어지지 않고 있으며 일부 건조전 생고추를 물세척하여 청결한 건고추를 생산하기도 한다. 가공용 고추 건조방법은 원료의 전처리 작업이 매우 중요하다. 수확된 생고추는 세척, 선별 및 전처리(blanching, cutting, punching)과정을 거쳐서 일정한 크기로 절단된 후 대형 건조시스템에서 연속적으로 처리함으로써 양질의 가공용 고추 원료생산이 가능하다.
- 3) 현행 건고추 원료의 저장방법은 건조 후 비닐이나 P.P.필름 포대에 20~60kg 단위로 원형상태로 넣은 후 저온창고나 일반형 창고에 보관하고 있으며 일부분 장기저장 원료를 제외하고는 대부분이 상온의 일반형 창고에 보관되고 있다. 따라서 저장기간중 외기 온습도가 상승하는 4월~8월 사이에 고추원료의 품질변질이 쉽게 발생하여 많은 원료를 저장하는 농협 및 유통업체와 생산농가에 많은 손실을 주고 있다.
- 4) 특히 고추원료 저장시 수분의 증가현상은 대부분 고추과피 부분에서 발생하여 고추과피 내부에 곰팡이류 등이 생성되거나 고추색상이 검게 변질되는 현상이 발생되어 이를 원료로 사용하는 산지 고춧가루 가공공장에서는 이 시기에 가공제품의

품질관리가 매우 어려운 형편이다.

- 5) 가공용 건고추 원료저장은 절단된 건고추를 품종별로 과피와 종자를 분리하여 저장하므로 저장시 원료부피를 원형상태보다 3배 이상 축소할 수 있어 저온저장고 이용시 창고 이용율을 크게 증대시킬 수 있으며 가공공장으로 운반경비를 절감시킨다.
- 6) 고춧가루 가공기술에 관한 연구는 최근 한국식품개발연구원 중심으로 활발하게 추진되어 현재까지 고춧가루 가공시 문제시되는 가공기술 부분에 많은 개선과 발전이 있었으며 연구결과가 산업화되어 전국 고추 주산지에 대단위 고춧가루 가공공장이 7개소가 설립되어 양질의 고추 가공제품을 생산하고 있다. 주요 제조공정을 보면, 고추원료 외부에 부착된 먼지·흙 등의 이물질을 제거하기 위한 증기세척 공정, 고춧가루의 품질을 높이기 위한 고추 꼭지제거 및 과피 선별공정, 고추 분쇄율을 높이기 위한 과피종자 1차분리 및 2차 혼합 분쇄공정, 고춧가루 색상 및 입도조절 공정, 고춧가루의 저장성을 높이기 위하여 수분을 11%w.b.까지 낮추는 수분조절공정 등이 있다.
- 7) 현행 고춧가루 가공공장의 건고추 원료 투입장치는 2개의 상하 이송벨트 조합으로 되어있어 고추원료가 균일하고 연속적인 공급이 잘되지 않아 건고추 원료선별, 증기세척, 꼭지제거 과정의 작업성능을 크게 저하시키는 원인이 되고있다. 건고추 원료는 개당 무게가 2~3gr으로 매우 가볍고 꼭지가 서로 엉켜있어 원활한 원료공급에 큰 어려움이 있어 이러한 문제점을 해결하기 위한 연속식 자동공급 시스템의 개발이 매우 필요하다.
- 8) 현행 고추꼭지 제거 및 과피 선별장치의 최종 꼭지 제거율은 70~80% 수준이며 공급원료의 수분 및 품종에 따라 차이가 있다. 고춧가루 가공공장의 생산성을 저

하시키는 가장 큰 요인이며 미선별된 꼭지제거에 많은 노동력이 투입되며 작업환경이 열악하여 작업자의 기피현상이 심하며 특히 건고추 원료는 신미성분이 강하여 수작업으로 계속 선별작업을 하면 피부질환 등 신체적인 장애요소가 발생할 우려도 높다. 따라서 이들 장치의 완전한 자동화 시스템의 개발이 시급히 요구된다.

- 9) 국내산 고춧가루는 사용용도가 김치나 고추장 등 전통발효식품에 많이 이용되기 때문에 건고추 분쇄시 고추과피 수준을 13~15%w.b.을 유지하고 압축 및 절단 분쇄원리를 가진 롤밀을 이용하여 분쇄하여야 양질의 고춧가루가 가공된다. 분쇄과정에서 두개의 롤밀이 강한 압력으로 상호 접촉하고 있기 때문에 합금성 주물로 된 롤 재질의 마모가 심하며 원료공급 중단시 자동제어장치가 없어 롤이 계속 공회전하기 때문에 철분성분의 금속성 이물질 발생이 높아 고춧가루 품질을 저하시키며 또한 분쇄장치 내부에 누적되는 고추분말로 인하여 미생물 발생의 원인이 되고 있어 이들 장치의 개선 및 새로운 분쇄 시스템의 자동화 기술이 요구되고 있다.
- 10) 고춧가루 가공제품의 품질관리를 위하여 공정 중 제품품질의 연속적인 on-line 측정시스템이 반드시 필요하다. 현재 고춧가루의 수분, 온도, 무게 등의 배치식 연속 측정장치가 사용되고 있으나 가격이 고가이며 가장 중요한 품질요소인 색상, 종자 함량, 신미성분 등을 동시에 측정할 수 없다. 따라서 이들 품질요소를 모두 측정할 수 있는 고춧가루의 품질 자동측정 시스템을 개발하고자 한다.
- 11) 건고추 원료에 잔존하고 있는 해충의 알은 고춧가루 가공제품에도 일부 투입되고 있어 이를 제거할 수 있는 장치와 고춧가루에 많이 생존하는 대장균류, 곰팡이균류 등을 살균할 수 있는 장치는 고춧가루 가공제품의 안정성 및 위생성을 크게 제고시킨다.
- 12) 고춧가루 가공공장은 고추 원료의 신미성분과 고춧가루 가공시 발생하는 분진으

로 인하여 다른 식품가공공장과 비교하여 작업환경이 매우 나쁘다. 따라서 고춧가루 가공공장의 공정별 단위기계들은 가능한 자동화 시스템으로 개발되어야 하며 자동화 공정을 효율적으로 운영할 수 있는 공정통합 시스템을 구축된 첨단 고춧가루 가공공장의 개발이 요구되고 있다.

나. 경제·사회적 측면

1) 경제적 측면

(가) 건고추 생산 원가 중 건조비용은 전체의 약 20~25%를 차지하고 있으며 수확시 필요한 노동력과 건조처리량은 농가당 고추 생산가능량에 큰 영향을 미치고 있다. 현재 배치식 건조기의 연간 국내 규모는 공급 10,000~13,000대, 대당 가격은 300만원으로서 총 시장규모는 400억원에 이르고 있으며 이중 80% 이상이 고추 건조에 이용되고 있다. 따라서 연간 300억원 이상의 건조기 구입비용이 생산농가에 큰 부담이 되고 있다. 따라서 생고추 가공용 건고추 원료로 전환되면 집산지별 대형 가공용 건조 시스템이 설치되어 생산농가의 건조비용 및 노동력 절감에 크게 기여한다.

(나) 산지에서 생산된 건고추 원료는 대부분 산지 수집상이나 도시 도매상에서 수집하여 일반창고에 일부는 장기저장을 위하여 저온창고에 보관되나 대부분은 60~80kg 단위로 P.P.포대에 넣어 저장하고 있어 건고추 원료의 품질 저하의 원인이 되며 품종별 구별이 없어 가공용 원료로 사용하는데 큰 문제가 되고 있다. 저장기간중 건고추의 손실량은 약 3~5% 수준으로 추정되고 있다.

(다) 현재 국내의 고춧가루 시장규모는 9,000~10,000억원으로 추정되고 있으며 이중에서 40%인 4,000억원 규모는 생산자의 자급량이며 나머지 60%인 6,000억원 규

모가 도시 소비량으로 예측되고 있다.

(라) 국내의 고춧가루 소비형태를 보면 소비자가 직접 건고추 원료를 구매하여 재래식 방아간에서 가공하는 부분은 4,000억원 규모이며 고추장 공장용이나 고춧가루 가공제품으로 가공되어 판매되는 시장규모는 2,000억원 규모로 추정되고 있으나 도시소비자의 선호도 증가로 고춧가루 가공제품의 수요는 빠른 시간내에 급속히 증가될 전망이다.

(마) 고추과피 선별작업 인력을 현재 15명에서 최소한 5명 이내로 10명을 감소시키면 고춧가루 가공공장당 연간 50,000~60,000천원의 인건비를 절약할 수 있어 고춧가루 가공공장의 이윤증대에 크게 기여할 수 있다.

(바) 향후 고추 주산지에 일일 생산량 10톤 규모의 고춧가루 가공공장이 30여개 이상 설립되면 연간 가동일 300일 경우 90천 M/T의 고춧가루 가공이 가능하여 전체 연간 생산량의 약 50%을 가공할 수 있다.

2) 사회적 측면

(가) 고추는 대부분 조미 채소류로 사용되고 있고 시설재배용 생홍초를 제외하고는 대부분 분말상태인 고춧가루로 사용되기 때문에 위생적이며 품질이 규격화된 가공제품으로 유통하는 것이 바람직하다. 그러나 고춧가루에 대한 소비자들의 불신감이 매우 높아 아직도 고춧가루 가공제품의 생산 및 판매가 활성화되지 못하고 대부분의 소비자가 직접 소형 방아간에서 가공하고 사용하고 있는 실정이다.

(나) 고추의 주산지에 농민이 주체가 되는 생산자 단체가 청결 고춧가루 가공공장을 설립하여 운영함으로써 도시소비자가 신뢰할 수 있는 고춧가루 가공제품의 생산

공급이 가능해져 고추의 유통단계를 축소하고 고추의 생산량 증감에 따른 가격변동을 최소화할 수 있다.

(다) 고추원료가 가공제품으로 유통되어 생산지의 표기가 명확하므로 향후 수입량의 증가가 예상되는 중국산 고추원료와 차별화 정책이 가능해진다.

(라) 고춧가루 가공제품의 품질, 입도, 신미성분 등이 규격화되어 김치, 고추장 등의 전통식품의 규격화 및 세계일류상품화에 기여하게 된다.

(마) 고춧가루 가공의 안정된 생산기반을 위하여 고추 주산지별로 공동육묘재배, 품종 계약 재배, 공동재배 및 기계화 수확방법 등의 새로운 고추 재배 및 생산기술의 도입이 적극 추진되어 국내 고추산업의 국제 경쟁력을 크게 향상시킨다.

2. 연구개발의 목표

고품질 고춧가루 생산기반을 구축하기 위하여 국내 고추 주산지 중심으로 가공용 고추 원료의 건조 및 저장 시스템과 고춧가루 가공공장의 공정별 단위기계의 자동화 시스템을 개발하고 이를 이용한 첨단 고춧가루 가공의 시범공장 모델을 개발한다.

제 2 장. 국내외 고춧가루 가공기술 현황 조사

여 백

제 1 절 국내 고춧가루 가공기술 현황

1. 서론

고추가 우리 식생활에 조미료로 오랫동안 사용되어 왔지만 고춧가루 가공기술에 관한 체계적인 연구개발이 이루어지지 않았으며 이와 관련된 생산업체의 영세성이나 기술개발력의 부족은 고춧가루 제조공정이 소규모 떡방아간이나 고추방아간 수준에 머물게 하고 있다. 현재 국내에는 30여개 고춧가루 제조업체가 있으나 대부분이 제조공정이 확립되어 있지 않고 제조설비가 개선되지 않아 제품의 품질이 소비자의 구매동기를 충족시키지 못하고 있다. 더욱이 국민소득이 점차 증대하여 식품의 고품질 인스턴트화가 강조되고 있으며 특히 조미식품인 경우 이런 경향은 더욱 중요시되고 있다. 고춧가루가 가장 구매력이 높은 조미식품임에도 불구하고 제품화된 고춧가루가 현재까지 소비자에게 제품의 품질과 위생성에 신뢰감을 얻지 못하고 있는 것은 현행 고춧가루 제조공정의 불합리한 점과 제조설비의 낙후성에 있다고 본다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 최근 한국식품개발 연구원은 고품질의 고춧가루 생산을 위한 청결 고춧가루 제조방법(발명특허 제064936, 출원공고번호 제93-5200)을 개발하였으며 이를 사용한 대단위 고춧가루 가공공장이 시범공장인 미농식품(주)을 시작으로 생산자 단체(농협)를 중심으로 전국 주요 고추산지에 8개소 이상이 설립되어 운영되고 있다. 앞으로 이러한 가공공장 수요는 고추 주산지를 중심으로 30여개 이상 증가할 것으로 예측된다. 그러나 개발된 청결 고춧가루 가공공장도 초기단계이어서 고춧가루 제조공정 및 제조설비의 문제점이 도출되고 있으며 이를 시급히 개선하지 않으면 소비자의 고춧가루 가공제품 신뢰성이 떨어지며 공장운영에도 큰 어려움을 겪을 것이다. 본 연구에서는 영월, 안동, 음성, 영광 등 고추 주산지에 설립되어 있는 청결 고춧가루 가공공장 4개소를 현지 방문하여 고춧가루 가공공장의 제조공정 및 설비의 문제점을 조사하였다.

표 2-1. 전국 고추 주요산지의 생산자 단체(농협) 중심의 청결 고춧가루 가공공장 설립 현황

회사명	주 소	준공일시	일일생산량(ton/day)
미농식품(주)	충북 음성군 대소면 소석리 12-1	'91. 10. 10	5
영월농협	강원 영월군 북면 문곡리 361-2	'93. 2. 17	5
일직농협	경북 안동군 일직면 운산리 261-1	'93. 4. 30	5
신태인농협	전북 정읍군 신태인읍 신태인리 132-1	'93. 9. 30	3
영광농협	전남 영광군 영광읍 남천리 136-4	'93. 10. 30	3
창녕농협	경남 창녕군 창녕읍 술정리 72-5	'94. 7. 4	3
괴산농협	충북 괴산군 괴산읍 667-15	'95. 12. 30	5
음성농협	충북 음성군 음성읍 읍내리 553-16	'98. 12. 28	3

2. 국내 고춧가루 가공공장의 제조공정 및 제조설비

가. 고춧가루 제조공정

고춧가루 주산지에 설치되어 있는 청결 고춧가루 제조공정은 건고추를 자동공급하는 원료투입공정, 고추표면에 부착된 이물질을 완전제거하는 증기세척공정, 고추의 꼭지를 과피로부터 완전 분리제거하는 고추꼭지 제거공정, 분쇄에 적합한 함수율까지 건고추를 재건조하는 건조공정, 꼭지가 제거된 건고추를 파쇄하여 과피와 종자를 분리하는 파쇄 및 종자분리공정, 강도가 높은 종자만을 1차 분쇄하는 종자분쇄공정, 1차 분쇄된 종자와 조파쇄된 과피를 혼합하는 과피종자 혼합공정, 균일한 입도로 분쇄하는 분쇄공정, 분쇄된 고춧가루의 입도를 균일화하고 색상을 증진시키는 색상조절공정, 장기안전저장 함수율까지 고춧가루를 건조시키는 고춧가루 건조공정, 제조된 고춧가

루의 수분, 무게 및 온도를 측정하는 고춧가루 수분측정 공정, 자성을 갖는 미분의 금속성이물질을 제거하는 공정, 자외선으로 고춧가루를 살균하는 살균공정, 제품을 계량하고 포장하는 계량 및 포장공정으로 구성되어 있다. 이들의 제조공정도는 그림 2-1과 같으며 이를 단위 공정별로 구분하여 설명하고자 한다.

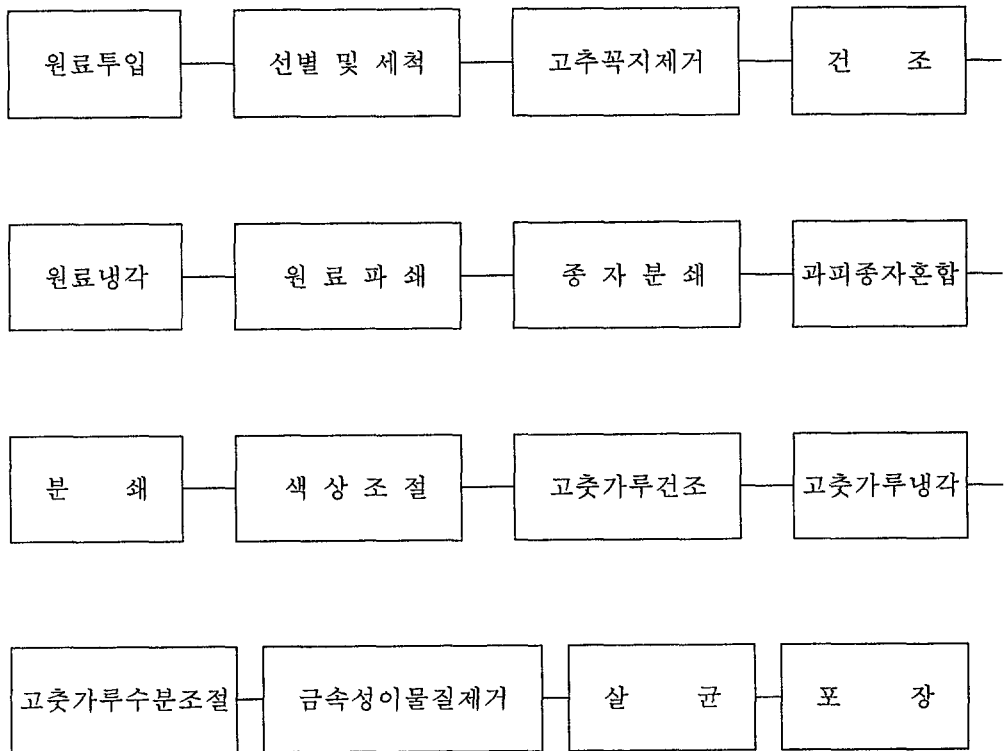


그림 2-1. 청결 고춧가루 가공공장의 제조공정도

1) 원료투입공정

고추의 품종별 신미도 및 색상을 분석한 자료에 의해 2가지 종류 이상의 고추를 일정한 비율로 혼합하여 원료 자동 공급기에 투입하면 일정한 양의 고추가 연속적으로 공급된다. 원료의 공급량은 원료 자동공급기의 원료 이송벨트의 속도를 제어함에 의해 조절된다.

2) 선별 및 세척

흙, 먼지 등과 같은 이물질이 혼입된 건고추 원료를 공기세척기와 증기세척기를 이용하여 깨끗이 세척하여 고추 표면과 원료 내에 포함되어 있는 이물질을 제거한다. 공기세척기에는 내마모성의 합성수지로 된 브러쉬가 있어 고추 표면에 부착된 굵은 입자의 흙, 먼지, 모래 등과 같은 이물질을 제거하여 사이클론으로 집진시킨다. 공기세척이 완료된 건고추는 증기세척기로 이송된다. 여기서 120℃의 과열증기를 고압 노즐을 통하여 5에서 10초간 건고추 표면에 분사시켜 고추 표면에서 수증기의 응축현상을 일으켜 공기로 세척되지 않은 표면부착 이물질을 고압의 공기로 불어낸 다음, 공기로 냉각한다. 여기서 과열증기의 온도와 분사시간을 제어하여 건고추의 신미성분 및 색상이 변하지 않도록 한다.

3) 고추 꼭지제거공정

세척공정을 거친 건고추는 고추꼭지 제거장치에서 고추꼭지 부분을 과피에서 완전 분리제거한다. 고추꼭지의 주성분은 섬유질로서 분위별 중량비도 8-10%로 매우 높기 때문에 양질의 고춧가루를 제조하기 위하여 이를 제거하여야 한다. 본 공정에서는 압축롤러와 인장롤러조합으로 구성된 고추꼭지제거기와 1차로 분리된 고추꼭지와 과피를 2차로 과피만을 선별할 수 있는 요동식 마찰선별기가 이용되고 있다. 고추의 꼭지

제거율은 고추의 품종과 과피의 수분에 따라 차이가 있으며 과피수분이 15-17%w.b. 내외 일때 고추 꼭지제거율은 약 85%에 달하여 현재의 가공기술로서는 나머지 15%을 인력에 인하여 선별제거 하여야 하는 문제점이 있다.

4) 건조공정

건고추의 분쇄시 적정 수분함수율은 13-14%w.b.이나 대기상태에서 건고추의 평형함수율은 16-18%w.b.로 유지되고 있다. 이러한 고함수율의 건고추를 품질의 변화없이 재건조하여 3-4%의 수분을 제거하는 건조공정은 매우 중요하다. 본 공정에서는 40-50℃의 열풍을 이용한 5단 벨트건조기가 사용되며 건조시 일부 제거되는 고추종자를 외부로 이동시키는 벨트콘베어가 하단부에 설치되어 있다.

5) 원료냉각

40-50℃로 가열된 건고추를 송풍장치로 상온상태까지 냉각시킨다.

6) 원료파쇄공정

재건조된 고추는 햄머밀과 종자분리기를 거쳐서 조파쇄된 과피와 종자로 분리된 다음, 과피 저장탱크와 종자 저장탱크로 이송된다.

7) 종자분쇄공정

고추의 종자는 과피보다 압축 및 전단강도가 높기 때문에 과피와 종자를 동시에 분쇄하면 분쇄효과가 저하되고 균일한 입도와 좋은 색상의 고추분말을 제조하기가 힘들다. 그러므로 강도가 높은 종자만을 1차로 핀크리셔를 이용하여 미분쇄한후 롤분쇄기

를 이용하여 2차 분쇄를 한다. 2대의 롤분쇄기를 이용하여 5에서 10mesh의 입도로 종자분말을 제조한다. 다음 이를 조과쇄된 과피와 혼합되는 곳으로 스크류 콘베어를 이용하여 이송시킨다.

8) 과피종자 혼합공정

조과쇄된 과피와 1차로 분쇄된 고추종자 분말이 스크류 콘베어로 이송되며 혼합되어진다.

9) 분쇄공정

고추의 분쇄 원리는 압축과 전단을 동시에 이용하는 분쇄방법으로 롤분쇄기가 가장 적합한 것으로 알려져 있으며 현재 국내의 고추 분쇄시설에는 거의 모두 이러한 롤분쇄기가 설치되어 있다. 롤분쇄기의 형태는 표면에 일정한 간격으로 홈이 나선형으로 가공되어 있는 홈롤러 방식과 표면이 평면인 평롤러 방식으로 되어 있다. 본 공정에서는 이러한 홈롤러 및 평롤러 분쇄기 조합이 4차에 걸쳐 연속적으로 설치되어 있다. 각각의 분쇄기에는 금속성 이물질을 제거하기 위해 자석 선별장치가 부착되어 있다. 또한 분쇄롤러의 압축력을 외부에서 측정할 수 있는 압축 조절 게이지가 분쇄롤러에 부착되어 있다. 분쇄 공정에서 입도의 조절은 진동체 눈의 크기로 조절되며 입도가 큰 고춧가루 입도는 분쇄공정 초기로 이송되어 재 분쇄되며 일정한 크기로 미분쇄된 고춧가루는 1차 고춧가루 저장탱크로 이송된다.

10) 색상조절공정

분쇄공정을 거친 고춧가루의 입자는 고추과피의 수분과 종자의 유지 성분때문에 미세한 분말이 서로 응결되어 물리적으로 굵은 입자형태로 보이며 분쇄시 롤러의 압축

력으로 미세한 과피입자가 여러겹으로 뭉쳐지는 현상도 발생한다. 이러한 경우 외관상의 고추의 품질이 저하되므로 이를 방지하기 위하여 40-50℃로 가열된 실린더 내에 압축스크류가 설치된 색상조절기를 이용하여 덩어리진 고춧가루의 입자를 풀어 입도를 균일화하고 색상도 증진하는 효과를 얻는다.

11) 고춧가루 건조공정

색조절기를 통과한 고춧가루의 함수율 13-14%w.b.이므로 이를 고춧가루의 안정저장 함수율인 11%w.b. 이하로 재건조 하지 않으면 고춧가루의 유통시 품질의 변화가 발생하여 제품품질유지의 큰 제약 요인이 된다. 따라서 본 공정에서는 로터리 건조기를 이용하여 건조온도 40-60℃, 건조시간 5-10분의 건조조건으로 대류건조를 하여 고춧가루를 안전저장 함수율인 11%w.b.까지 건조시킨다.

12) 고춧가루 냉각공정

고온의 고춧가루를 스크류컨베어로 이송하면서 상온상태로 냉각시킨다.

13) 고춧가루 수분측정공정

고춧가루 가공공장의 제조공정에서 고춧가루의 품질관리와 가장 밀접한 관계가 있는 공정이다. 대량으로 생산되는 고춧가루의 함수율, 무게, 온도 등을 전량 연속적으로 측정하여 제품의 생산량과 품질을 검사한다. 본 공정에서는 고춧가루 함수율 측정기가 사용되고 있는데 유전율식 벌크수분계로 측정 대상물의 함수율에 따른 정전용량의 변화를 이용하여 함수율을 측정한다. 또한 이 장치는 각종 측정 자료를 마이크로 컴퓨터에 저장 및 기록하며 고춧가루 건조장치인 로터리 건조리의 열풍온도를 자동제어 할 수 있게 설계되어 있다. 1회 측정용량은 10kg(고추분말의 평균입도 20mesh 기

준)이고 측정시간은 20초 이내이며 고춧가루의 함수율, 무게, 온도 등을 동시에 측정한다.

14) 금속성 이물질 제거공정

고춧가루의 제조공정 중 분쇄공정에서 고추 분쇄기의 롤러의 마모로 인하여 고춧가루에 미소량의 금속성 이물질이 혼입이 된다. 이것은 대부분 철분류 금속성 이물질로 자석선별기로 제거한다. 이 때 고춧가루의 함수율이 12%이하로 되지 않으면 고춧가루 입자의 수분흡착력 때문에 아무리 강력한 자석선별기로도 철분제거가 완전히 되지 않는다. 자석선별기의 종류는 전자식 자석선별기와 영구 자석형의 자석봉 조합 선별기가 있다. 고춧가루 가공시 철분류의 함량을 최소한 30ppm 이하로 낮추어야 청결한 고춧가루라 할 수 있다.

15) 살균공정

고춧가루 살균방법은 자외선 살균을 이용한다. 자외선은 고형물질을 직접 투과하지 못하기 때문에 진동장치를 사용하여 고춧가루를 1-0.5mm 두께로 유동층을 만들어 고춧가루를 비산시키면서 적절한 강도의 자외선을 조사하여 살균효과를 높이도록 되어 있다.

16) 포장공정

고춧가루는 완제품 저장탱크에 보관된 다음, 포장기로 이송되어 일정량으로 계량되어 제품용기에 포장되어 출하된다. 고춧가루의 제품용량은 10kg 이상의 대용량과 100-1,000g의 소용량으로 구분된다. 현재 고춧가루 포장기계는 대부분이 반자동 형태로 되어 있으나 일일 생산량이 3톤 이상이 되면 자동포장기계가 도입되어야 할 것이다.

나. 고춧가루 가공공장의 제조설비

앞서 설명된 청결 고춧가루 가공공장의 제조공정에 사용되는 주요 제조설비의 개략도를 나타내면 그림 2-2와 같다. 주요 제조설비를 보면 원료투입장치, 공기세척기, 증기세척기, 고추꼭지제거기, 열풍건조기, 과피종자분리기, 종자 및 원료분쇄기, 색상조절기, 로터리건조기, 고춧가루 수분측정기, 자외선살균기, 자석선별기, 포장기 등이 있다. 이들 제조설비의 작동원리와 사양에 관하여 설명하고자 한다.

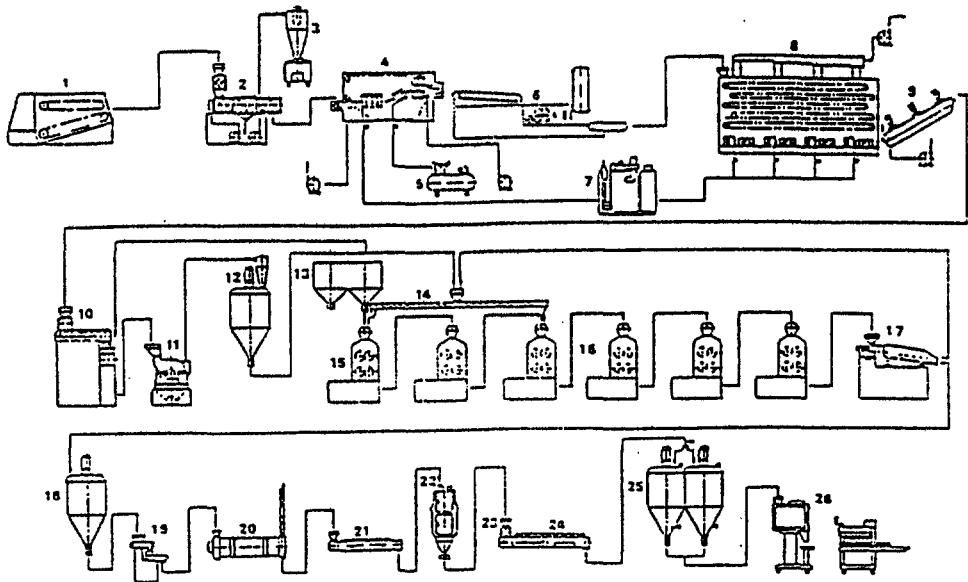


그림 2-2. 청결 고춧가루 가공공장의 제조설비 개략도

- | | | | |
|--------------|-------------|-----------|------------|
| 1. 원료투입기 | 2. 공기세척기 | 3. 싸이클론 | 4. 증기세척기 |
| 5. 콤팩트 | 6. 꼭지제거기 | 7. 보일러 | 8. 열풍건조기 |
| 9. 냉각기 | 10. 과피종자분리기 | 11. 햄머밀 | 12. 과피저장탱크 |
| 13. 종자탱크 | 14. 스크류콘베어 | 15. 종자분쇄기 | 16. 원료분쇄기 |
| 17. 진동체 | 18. 저장탱크 | 19. 색상조절기 | 20. 로터리건조기 |
| 21. 냉각스크류콘베어 | 22. 수분측정기 | 23. 자석선별기 | 24. 자외선살균기 |
| 25. 저장탱크 | 26. 포장기 | | |

1) 원료투입기

고추 원료 투입기 내부의 구조는 상부와 하부에 일정한 간격으로 스크레이퍼가 부착된 원료 이송벨트가 설치되어 있어 고추원료가 일정한 양으로 연속적으로 공급된다. 이 장치는 품종이 서로 다른 원료를 고춧가루의 신미성분을 조절하기 위하여 일정한 비율로 혼합하여 공급할 수 있도록 2대 설치하는 것이 좋으며 작업환경이 나쁘기 때문에 공장 내부와 분리하여야 한다. 그림 2-3은 원료투입기를 나타낸 것이다.

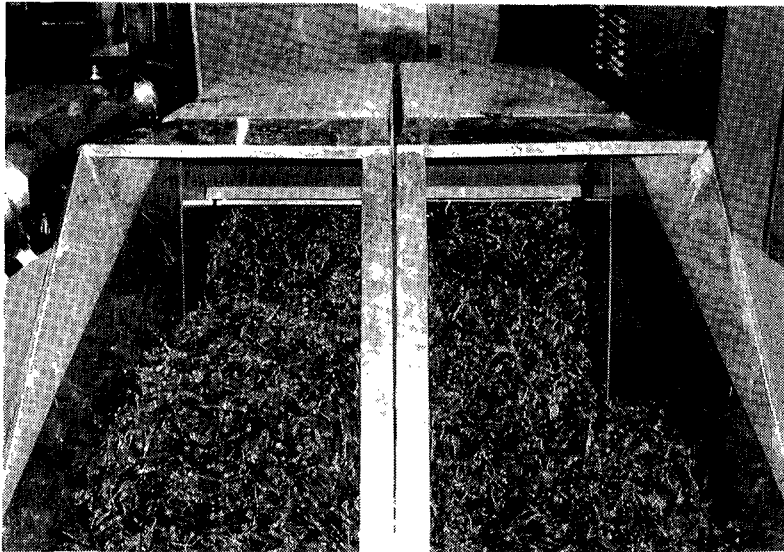


그림 2-3. 원료투입기

2) 공기세척기

그림 2-4는 공기세척기이다. 이것은 내마모성이 강한 합성수지로 된 2개의 브러시가 고속으로 회전하면서 그 사이를 통과하는 고추의 표면에 흙, 먼지 등의 불순물을 제거한 후 사이클론으로 집진하는 장치로서 고추원료를 1차로 정선한다.

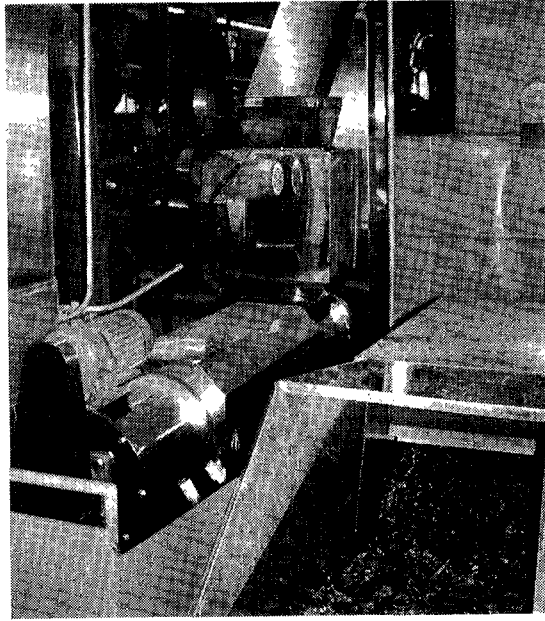


그림 2-4. 공기세척기

3) 증기세척기

그림 2-5는 증기세척기를 나타낸 것이며 고추 표면에 밀착된 이물질을 고온고압에 증기를 이용하여 제거하는 장치이다. 이 장치의 원리는 120°C이상의 증기를 노즐로 분사시키면 공기와 혼합되어 70°C의 혼합 증기로 변하면서 고추 표면에 응축현상을 일으키고 이를 송풍기를 이용한 고압공기로 제거하고 상온으로 냉각시키는 것이다. 고추원료의 공급량에 따라 증기분사 노즐의 수, 증기분사 시간, 고압공기 압력 및 공기 배출량 등을 조절하여야 한다. 균일하게 적재될 수 있도록 공급 방법에 주의하여야 한다.

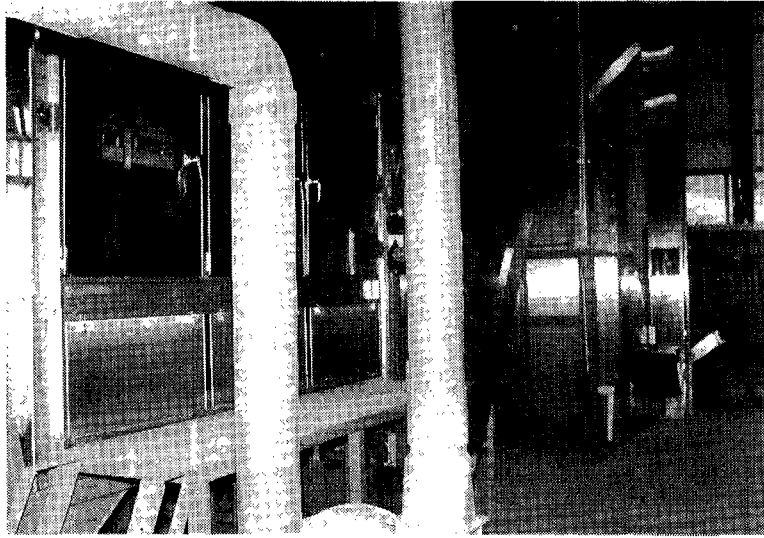


그림 2-5. 증기세척기

4) 고추꼭지 제거기

그림 2-6은 고추꼭지 제거기이다. 고추꼭지를 과피에서 완전히 분리하는 장치로 본 시범 공장의 제조설비 중 가장 중요한 부분이다. 이 장치의 원리를 보면 일정한 압축력을 가한 고추의 경우, 장방향의 인장력을 가하면 과피와 꼭지 사이의 접합부인 화대(그루터기)부분에서 균열이 가장 먼저 일어나 과피와 꼭지가 분리된다. 고추꼭지 제거기는 이러한 작동원리를 이용하여 압축롤러의 압축력, 인장롤러의 선속도 및 압축력 등을 조절할 수 있도록 설계된 압출롤러 및 인장롤러의 조합으로 구성되어 있다. 압축롤러의 압축력은 80에서 100kg의 범위가 고추과피의 손상없이 꼭지 접합부를 압축하여 균열을 일으키는 데 적합하며 인장롤러의 상대선속도는 20에서 30cm/sec일때 모든 고추 품종(대과종, 소과종)의 꼭지제거효율이 높다. 고추꼭지제거기에서 1차로 분리된 과피와 고추꼭지의 혼합물에서 고추꼭지를 선별하여 과피만을 건조 공정에 공

급하려면 과피선별기가 있어야 한다. 그림 2-7은 과피선별기를 나타낸 것이며 요동식 마찰 선별기 형태이다. 1cm 두께의 스텐레스 요철판을 경사지게 설치하여 일정한 진폭과 진동수를 가하면 고추꼭지와 과피의 표면 마찰력 차이로 고추꼭지와 과피가 자동으로 분리되며 미선별된 고추꼭지와 과피는 재순환되어 선별되어진다.

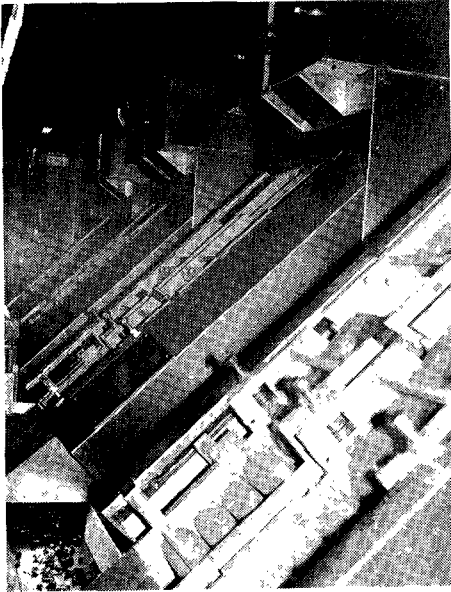


그림 2-6. 고추꼭지 제거기

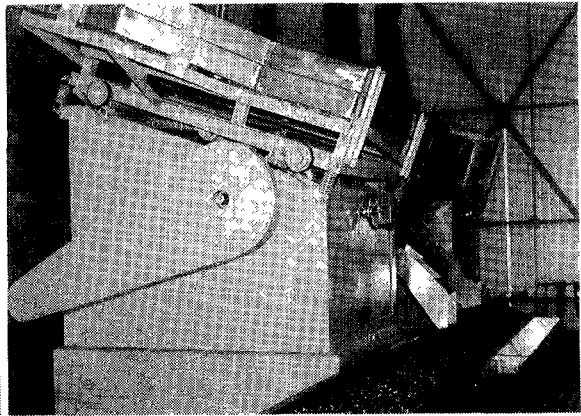


그림 2-7. 과피선별기

5) 열풍건조기

그림 2-8은 열풍건조기이다. 함수율이 18-20%w.b.되는 건고추 원료를 분쇄효율이 가장 좋은 함수율인 14-15%w.b.까지 건조하여야 한다. 건조기의 형태는 다단벨트식(5단) 열풍건조기이며, 이 건조온도는 40-50°C, 건조시간 40-50분, 건조용량은 건고추 원료 600kg/hr이다.

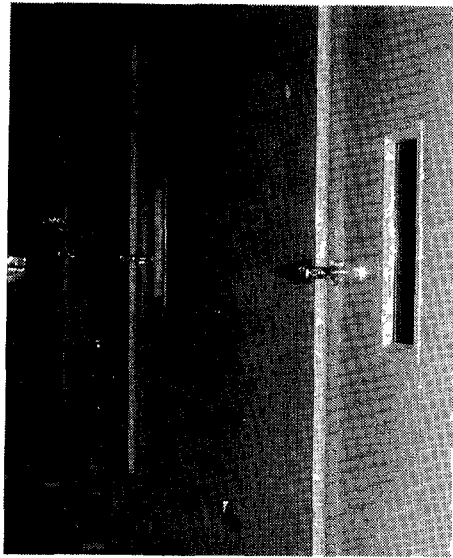


그림 2-8. 열풍건조기

6) 냉각기

그림 2-9는 고추냉각기이다. 열풍건조를 거쳐서 40-50°C로 온도가 상승된 고추원료를 냉각팬과 이송콘베어를 이용하여 상온까지 온도를 낮추게 한다.

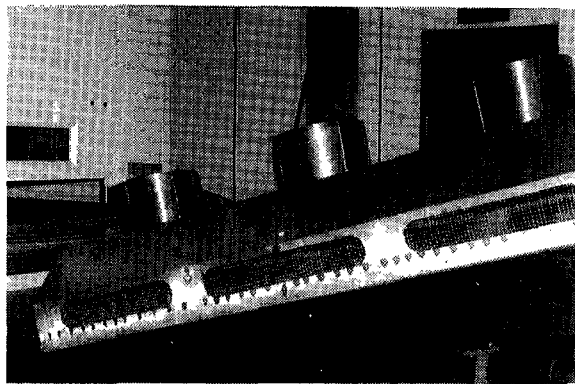


그림 2-9. 고추냉각기

7) 원료 조파쇄기

그림 2-10은 고추원료를 분쇄전에 조파쇄하여 과피와 종자를 분리하는 원료 조파쇄기이다. 긴축에 다수의 절단날이 부착되어 있고 실린더형의 다공철판으로 감싸져 있어 절단된 고추과피는 출구로 이송되고 고추종자는 하부로 낙하하게 된다. 절단된 고추과피는 햄머밀로 다시 파쇄되어 과피저장탱크로 이송되고 고추종자는 종자저장탱크로 이송된다.

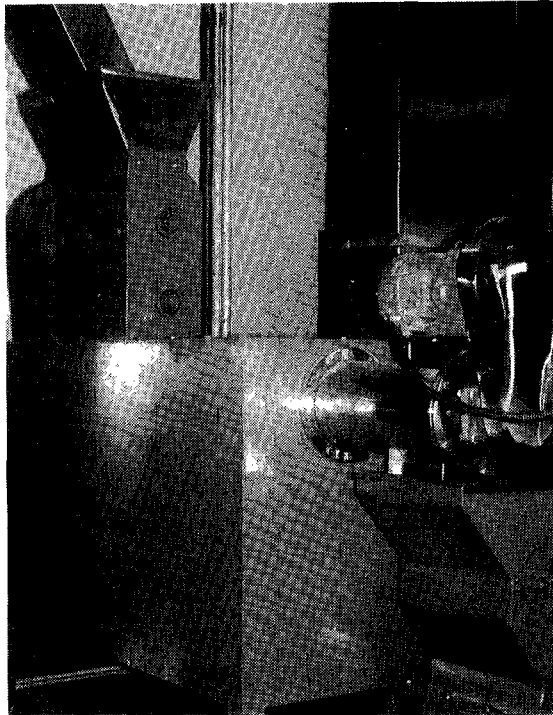


그림 2-10. 원료 조파쇄기

8) 종자저장탱크

그림 2-11은 고추종자저장탱크를 나타낸 것이다. 고추원료에서 분리된 고추종자는 저장탱크에 보관되어 약 50%정도는 고춧가루 제조공정에 사용되고 나머지는 고추종자기름의 원료로 이용된다. 고추종자는 과피와 혼합분쇄되기전 핀크리셔(충격식 분쇄기)로 1차 미분쇄된 다음 롤밀로 2차로 압축 분쇄한 후 과피와 혼합분쇄된다.

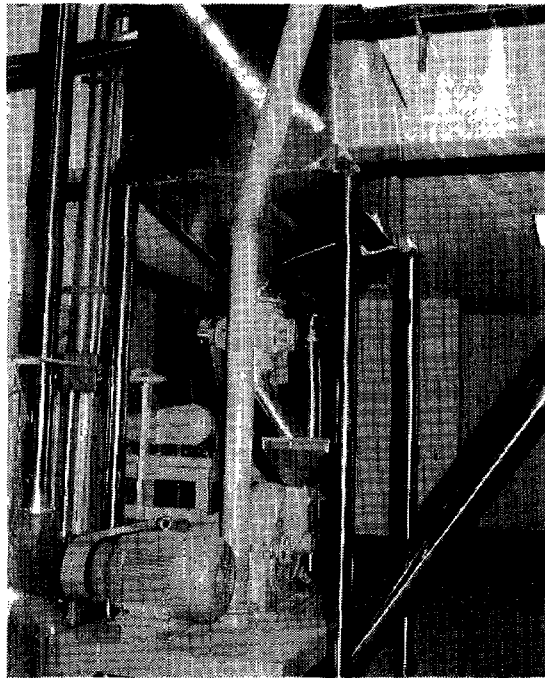


그림 2-11. 종자저장탱크

9) 종자 및 고추원료 분쇄기

그림 2-12는 종자 및 고추원료 분쇄기를 나타낸 것이다. 고추의 분쇄시 파쇄강도가 서로 다른 과피와 종자를 분리하여 일차로 종자를 5-10mesh 크기로 먼저 분쇄한 후

고춧가루의 품질정도를 고려하여 일정한 비율로 조파쇄된 과피와 혼합시켜 고추원료 분쇄기로 분쇄작업을 한다. 종자 및 고추원료 분쇄기의 구조는 2개의 직경 400mm의 롤러 표면에 일정한 간격으로 나선형 홈이 가공된 홈롤러와 표면이 가공되지 않은 평롤러로 되어 있다. 그리고 롤러의 압축력을 계량적으로 조절할 수 있는 핸들식 압축력 게이지가 롤러 조합에 부착되어 있어 작업조건을 용이하게 파악 할 수 있게 되어 있다. 그리고 분쇄시 미분의 고춧가루가 외부로 비산되지 않도록 분쇄기 케이스를 설치하여 내부를 완전히 밀폐하였다. 또한 분쇄기 상단에는 자석선별기를 설치하여 분쇄과정에서 발생하는 철분성분의 금속성이물질을 제거하도록 하였다.

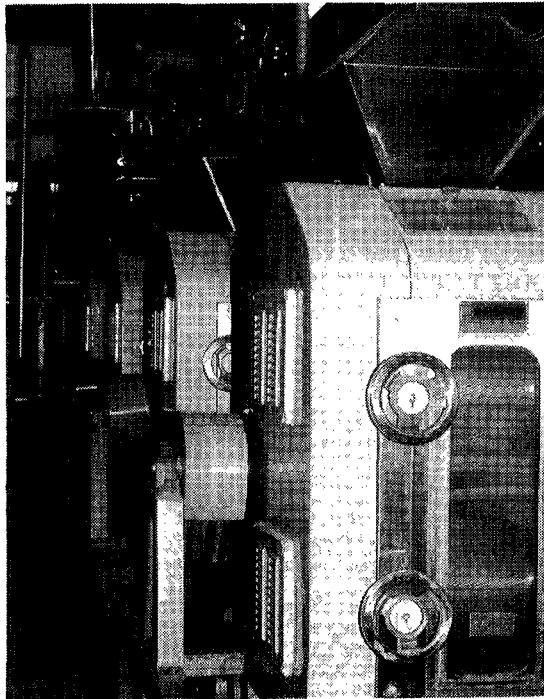


그림 2-12. 종자 및 고추원료분쇄기

10) 색상조절기

그림 2-13은 색상조절기이다. 이것은 분쇄시 덩어리진 고춧가루를 풀어주어 입도를 균일화시켜, 고춧가루의 색상을 증진시키는 장치이다. 40-50°C로 가열되는 2단계 실린더내에 가압스크류가 설치되어 있고 출구의 압력 조절장치로 내부 고춧가루의 압력과 마찰력을 조절한다.

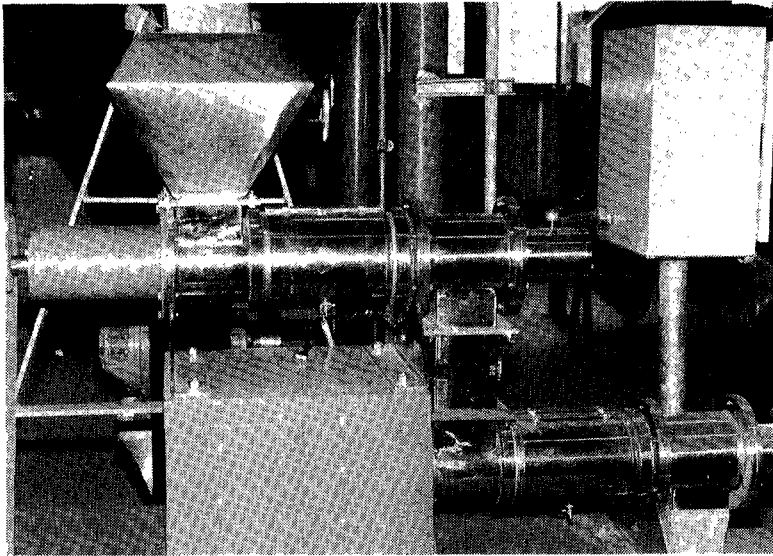


그림 2-13. 색상조절기

11) 고춧가루 건조기

그림 2-14는 고춧가루 건조기로서 분말건조에 많이 사용되는 로터리 건조기의 일종이다. 분쇄된 고춧가루의 함수율이 13-14%w.b.이므로 안전저장 함수율인 11%w.b.까지 분말 건조를 하여야 한다. 고춧가루 건조기의 구조는 로터리 건조기 형태로 되어 있으며 건조온도는 40-60°C, 건조시간 5-6분이다. 건조시 고춧가루 색상이나 신미성분이 변하지 않도록 건조온도의 무리한 상승이 없도록 주의해야 한다. 앞으로 건조장치의 비용과 처리용량을 고려하여 유동층 건조방식의 도입도 고려할 필요가 있다.

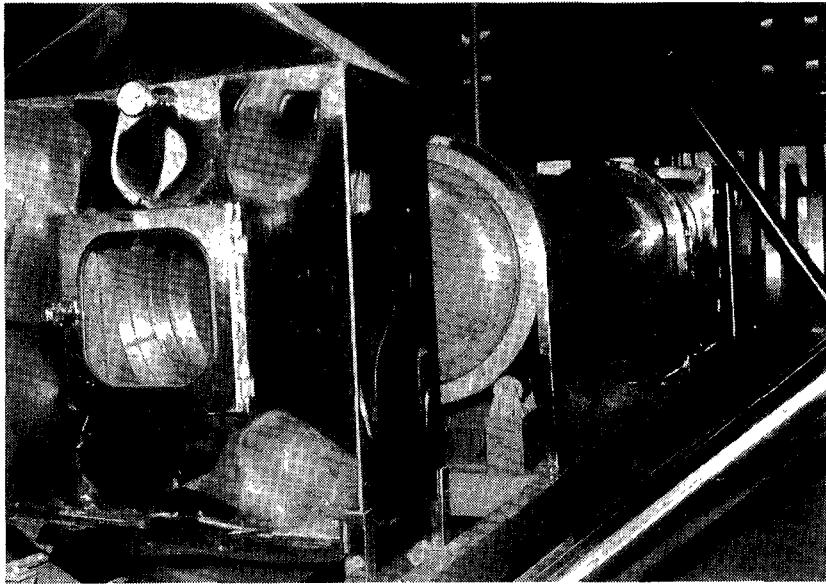


그림 2-14. 고춧가루 건조기

12) 고춧가루 수분측정기

그림 2-15는 고춧가루 수분측정기이다. 이 장치는 제조된 고춧가루의 수분을 정확히 연속적으로 전량 측정하도록 설계되어 있다. 이것의 구조는 원료저장탱크, 계량호퍼, 유전율 측정전극 등으로 구성되어 있다. 1회 측정용량은 10kg이며, 측정시간 10-30sec내외이다. 측정된 데이터는 마이크로 컴퓨터에 입력되어 모니터와 프린터로 출력되며 외부 제어장치를 통하여 제어할 수 있다.

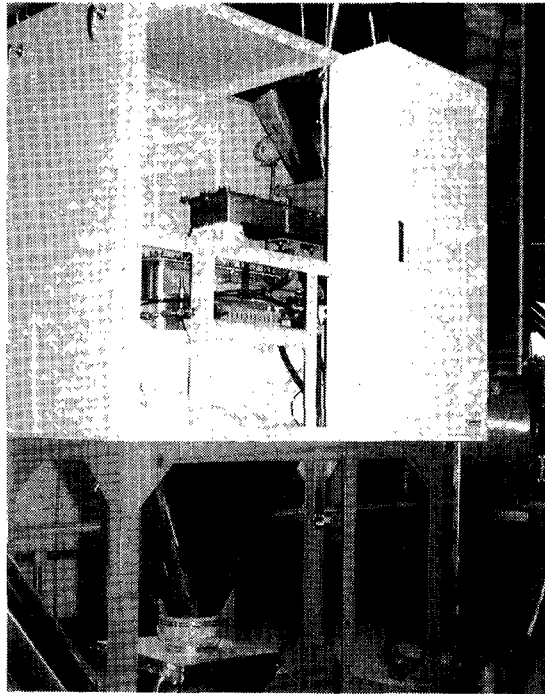


그림 2-15. 고춧가루 수분측정기

13) 자석 선별기

고추의 분쇄시 혼입되는 미세한 철분을 제거하기 위하여 사용되는 장치로 영구자석 형태인 격자식 자석선별기와 전원을 켤 때 자장이 형성되는 전자석 선별기가 있다. 그림 16은 전자석 선별기이다. 고춧가루의 입도, 함수율 등을 고려하여 이들 장치를 조합하여 설치하는 것이 좋다. 자석선별 효과를 높이기 위하여 고춧가루 함수율은 11.5%w.b.이하로 하는 것이 좋다. 만약 고춧가루의 수분이 높을 경우 미세한 입자의 철분이 고춧가루표면에 응착되어 수분과 친화력이 발생되어 강한 자장이 형성되는 자석선별기에서도 철분이 제거되지 않는다.

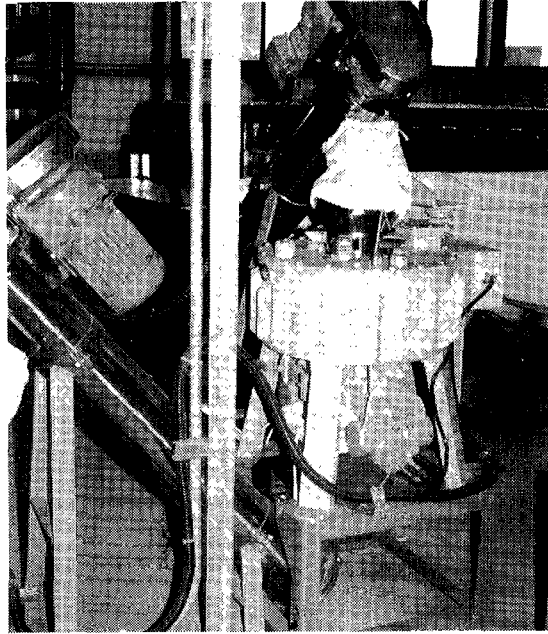


그림 2-16. 전자석 선별기

14) 자외선 살균기

고춧가루의 살균은 분체이기 때문에 자외선 살균방법이 매우 어려우나 현재 살균공정에 이용되고 있어 형식적인 단계에 있다. 그러나 고춧가루를 진동콘베어로 유동화 현상을 일으키고 살균효과가 좋은 파장범위와 강도를 갖은 자외선을 조사하여 고춧가루의 살균방법을 개선하는 연구가 시도되어 일본에서는 일부 실용화되고 있다. 자외선 살균시 고춧가루의 색상과 신미성분이 변하지 않도록 주의하여야 한다. 그림 2-17은 진동콘베어를 이용하여 고춧가루를 5-10mm 두께로 유동화 시킨 후 고강도의 자외선을 조사하여 고춧가루를 살균시키는 자외선 살균기이다.

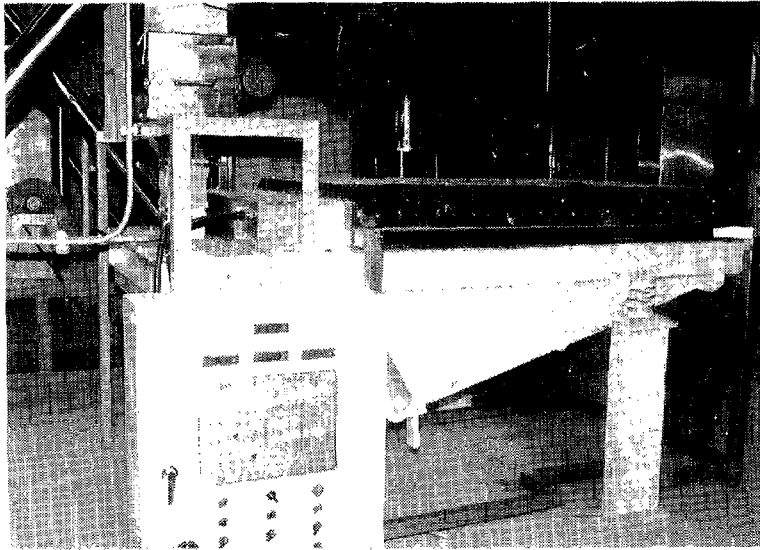


그림 2-17. 고춧가루 자외선 살균기

15) 포장기

고춧가루는 입도가 균일하지 않고 수분의 재흡수성이 매우 강하며 분말자체가 정전기 현상을 일으키는 특성이 있어서 아직까지 성능이 좋은 자동포장기가 개발되지 않고 있다. 현재 반자동식 포장기가 많이 이용되고 있어 앞으로 고춧가루의 자동포장 방법과 포장용기에 관하여 많은 연구가 필요하다고 생각한다. 그림 2-18은 고춧가루 반자동포장기이다. 포장용량은 100g-5kg 내외이다.

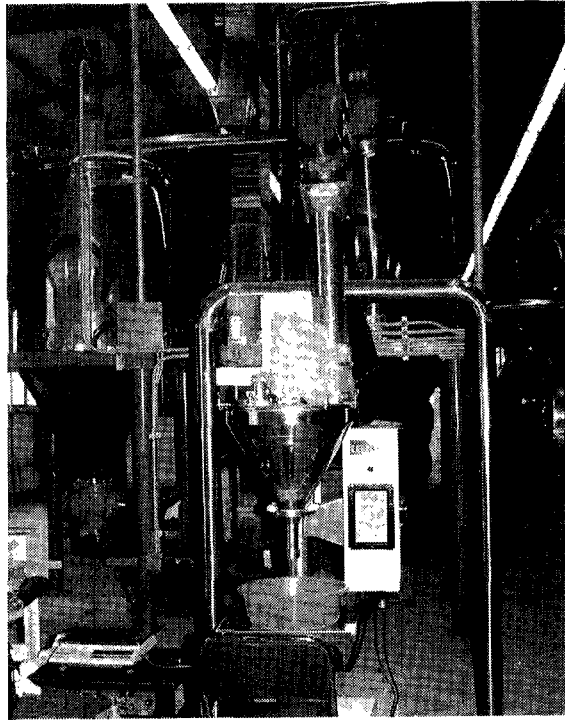


그림 2-18. 고춧가루 반자동포장기

다. 현행 고춧가루 가공공장의 제조공정 및 제조설비의 문제점

현재 고춧가루 가공공장의 제조공정 및 제조설비의 문제점과 개선사항을 요약해 보면 다음과 같다.

- 1) 건고추 원료의 최적 장기 보관 방법이 확립되어 있지 않아 원료의 수급조절에 어려움이 많다.
- 2) 고추 수확시기의 공장단위의 생고추 건조시설이 없어 양질의 건고추 원료 생산에

문제점이 있다.

- 3) 건고추 원료의 품종별 구매가 이루어지지 않으며 동일 품종 및 품질의 원료확보가 어렵다.
- 4) 건고추 꼭지제거 장치의 꼭지 제거율이 70~80% 수준이며 처리용량이 일일 평균 1 ton 정도여서 이 부분에서 전체 생산성의 병목현상이 가장 크게 나타나 시급한 개선방안이 필요하다.
- 5) 고추 분쇄기 및 고춧가루의 이송장치에 누적되는 고춧가루가 제품의 유해한 미생물 균류의 발생요인이 되고 있어 이를 해결할 수 있는 살균방법과 새로운 가공 시스템의 도입이 요구된다.
- 6) 고춧가루 제품의 적정 유통기간과 포장 방법에 관한 체계적인 실증실험이 이루어지지 않아 이에 관한 기초연구가 요구되고 있다.
- 7) 고추분쇄설비가 2단 압축롤 조합된 분쇄기가 5단 이상 연속으로 설치되어 있어 소요동력이 높고 설치면적이 크다.
- 8) 고춧가루 제조시 신미성분을 조절 및 측정하는 장치가 없어 신미성분에 따른 고품질의 규격화된 고춧가루 제품 생산이 어렵다.

제 2 절 국외 고춧가루 가공기술 현황

가. 세계의 고추 생산 현황

고추의 세계적인 주요 생산국은 인도, 멕시코, 스페인, 중국, 인도네시아, 한국, 중국, 미국 등이 있으나 이들 국가들의 연간 총 생산량에 관한 정확한 통계자료가 없다. 특히 유럽이나 미국에서는 'Bell pepper' 라고 불리는 생식용 고추가 많이 생산되고 있어 이들을 제외한 수확 후 건조하여 분말 상태의 조미료를 이용하는 chile pepper나 red pepper에 관한 정확한 생산 현황이 파악되지 않고 있다. 그러나 대부분의 고추 생산국가에서 전통적인 고유 음식에 고추 양념류가 사용되고 있기 때문에 연간 생산량이 거의 안정되어 있는 상태이다.

1988년에 대만의 Taipei에서 Asian Vegetable Research and Development Center가 개최한 토마토와 고추 생산에 관한 국제 학술 회의에서 발간된 연구 보고서에서 참가국들이 제출한 각국의 고추 생산 현황 자료가 매우 신빙성이 높은 것으로 판단되며 다음 표 2-2와 같다. 이 자료에서 스페인, 헝가리 등의 자료가 없지만 헝가리의 경우 3만 톤 수준으로 알려져 있다.

고추의 국제적인 소비 동향을 보면 현재까지 일정한 지역의 전통 음식에 주로 사용되어 왔지만 최근에 서독에서는 감자 스낵, 비스킷, 햄, 소세지 등의 향신료 첨가제로 많이 이용되며 소비량이 점차로 증가하고 있으며 미국에서도 햄버거, 육류 가공 제품, 음식물의 천연 조미료 등의 이용으로 매년 소비량이 20%씩 증가하고 있다고 보고되고 있다.

고추의 품종은 매우 다양하여 수십 여 종류에 이르며 외형, 색상, 과육 두께, 신미 성분 등에 따라 구분되고 있지만, 지역에 따라 다양한 분포를 보이고 있다. 미국, 멕시코 지역에서 재배되는 고추는 생식용으로 많이 사용되는 노란 색의 Bell pepper와 과육이 두껍고 외형이 큰 New Mexican 품종이 많이 생산되고 있다. 인도나 인도네시아 등에서 생산되는 고추는 외형이 적고 신미 성분이 매우 강한 품종이 재배되고 있다.

현재 국내에서 재배되고 있는 고추 품종과 가장 유사한 것은 중국에서 생산되는 중국산 고추라 할 수 있다. 근래 한국에서 종자를 수입하여 국내의 토양 및 기후가 매우 유사한 지역에서 대량 재배되어 국내 소비 및 해외로 수출되고 있으며 특히 수확 후 태양열로 수작업 건조하여 외관상 양질의 한국산 고추와 구분이 거의 불가능한 것

으로 나타나 장래 국내 고추 재배 및 생산 분야에 큰 영향을 줄 것으로 판단된다.

Table 2-2. International hot pepper production

Country	Year	Acreage(in Acres)	Yield(Dry Equiv. Tons)
India	1986	2,202,746	707,900
Mexico	1988	156,840	536,000
Indonesia	1986	498,940	387,000
China	1988	148,200	212,500
Korea	1986	326,331	202,841
Thailand	1985	143,652	116,501
U.S.A	1988	31,201	49,921
Taiwan	1986	7,047	21,218
Malaysia	1985	2,848	13,836
Japan	1984	351	400

나. 미국

미국의 주요 고추재배지역은 New Mexico 주를 중심으로 한 서부지역이며 캘리포니아, 아리조나 동부, 텍사스 서부 등에서도 고추가 많이 재배되고 있으며 재배면적은 약 14,175ha 정도이다. 주요 재배품종은 New Mexican, jalapeno 등이며 상업적으로는 풋고추(green chile), 적고추(red chile), 파프리카(paprika) 등으로 구분된다. 적고추와 파프리카는 대부분 건조시켜 과실형태나 고춧가루로 판매된다.

미국의 고추건조방법을 보면 포장에서 수작업으로 수확된 생고추 원료는 운반상자에 담겨 트럭이나 트랙터로 대형 고추건조공장에 입고된다. 여기서 생고추는 물로 세척되고 벨트 콘베어에서 1차 수작업으로 선별을 한다. 그리고 고추원료는 3cm 크기로 세절되어 건조 트레이에 5cm 두께로 자동 적재된다. 절단 고추시료가 적재된 다단의 건조트레이는 그림 배치형의 건조실로 운반되어 LPG 가스를 열원으로 건조온도 80~60℃에서 최종 시료수분이 5~6%w.b.되도록 7~8시간 건조를 시킨다. 건조실에서 건조 완료된 절단 고추원료는 공기이송을 이용한 원료배출장치를 통하여 P.P.

포대에 자동포장된다. 대형 고추건조공장에서 건조된 절단고추 원료는 창고에 보관되거나 고춧가루 가공공장에 운반된다. 미국의 고춧가루 분쇄방법은 시료의 수분이 6%w.b.로 매우 낮고 대부분이 분말 조미료로 사용되기 때문에 햄머밀을 주로 사용하고 있다. 분쇄후 고춧가루의 수분을 8~11%w.b.로 재흡수한 후 0~3℃에서 저온저장을 하고 있다.

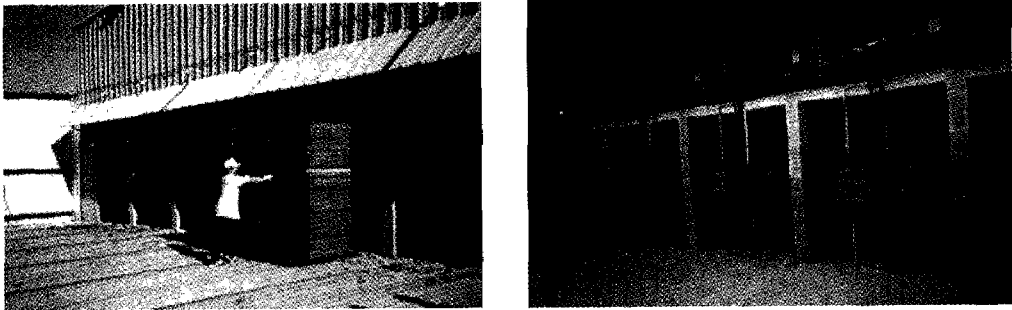


Fig. 2-19. LPG tunnel dryer for red pepper in United States

나. 헝가리

헝가리는 유럽지역에서 스페인과 함께 주요 고추 생산국의 하나이다. 연간 생산량은 분말기준으로 20천M/T 규모로 우리나라의 10% 수준이지만 고추분말가공 및 품질관리 기술이 발달되어 있다. 헝가리산 고추는 대부분 파프리카(paprika) 종류이며 색상 품질을 중요시 여긴다. 주요 생산 지역은 Kalocsa와 Szeged지역이다. 고추의 수확시기는 9월말에서 10월 사이며 포장에서 수확된 생고추는 가공공장에 입고되어 그림 2-20과 같이 세척 절단후 벨트식 열풍 건조기로 건조후 비닐 포대에 담아 창고에 저장하게 된다. 헝가리의 고추 수확시기는 매우 건조하여 수확 초기 함유수율이 80%w.b.인 생고추를 통풍이 되는 포대에 담아 상온에 두면 부패없이 수분이 25%w.b.까지 건조된다고 한다. 헝가리의 고춧가루 가공공장은 대형 공장으로 고추 주산지 2개소에 위치하고 있다. 생고추 원료가 가공공장에 직접 입고되어 세척 절단 열풍건조

처리된다. 고추분말 제조 공정은 그림 2-21과 같은 롤밀과 연삭밀을 이용하며, 고추꼭지의 무게 비율이 4~5%로 작기 때문에 이를 별도로 제거하지 않고 고추과피와 함께 분쇄한다. 분쇄입자는 평균 80mesh의 미세한 분말이다. 고추의 품질평가는 색도를 가장 중요시하고 있다.

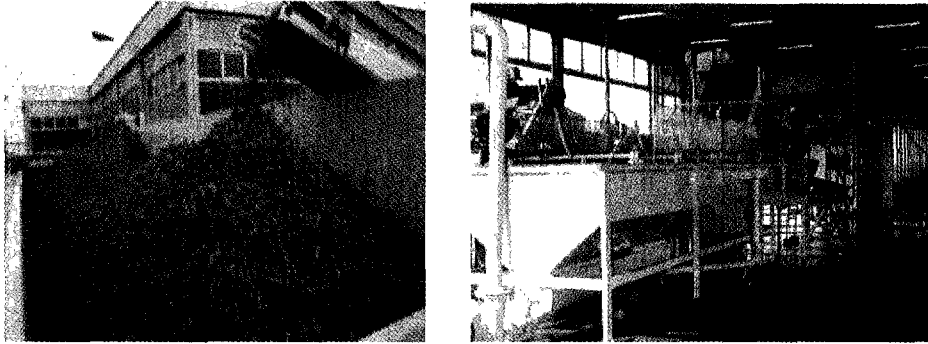


Fig. 2-20. Continuous belt dryer for red pepper in Hungary



(a) Roll mill

(b) Stone mill

Fig. 2-21 Roll mill and stone mill in red pepper milling factory in Hungary

다. 스페인

스페인은 유럽에서 고추 생산량이 가장 많은 나라이며 주요 재배지역은 남부 Murcia지역이다. 재배 품종은 bell형의 과육이 두꺼운 파프리카(paprika) 계통이며 관개배수가 되는 밭에서 대규모로 집단 재배되며 아직까지는 수확작업은 수작업으로 행하고 있다. 가공고추 원료는 농가단위로 수확된 후 고추건조 가공공장으로 집하되어 세척, 절단, 건조후 수분이 10%상태로 품종별로 비닐포대에 포장되어 일반 창고에 저장하고 있으며 건조후 대기의 습도가 50%이하로 낮은 경우가 많아 상온에서 장기보관이 가능하다고 한다.

고추건조 가공공장은 LPG 가스를 열원으로 한 대형 화력 건조기를 이용하여 생고추원료를 앞서와 같이 세척 절단후 대량으로 건조처리 하고 있다. 주요 고추 가공제품은 고추분말과 색소추출 액기인 oleoresin이며 생산량의 60%를 해외로 수출하고 있으며 현재 국내 일부 식품업계에서 oleoresin 원료를 구입하고 있다. 고추 분쇄방법은 그림 2-22와 같은 stone mill을 이용하여 80mesh 이하의 미세분말 형태의 고추분말을 생산하고 있다. 분쇄후 고추분말의 미생물 균류의 살균을 위하여 대형의 증기 살균장치를 사용하고 있으며 살균후 제품의 포장은 can포장을 하고 있다. 고추색소추출 가공공장의 oleoresin추출공정을 보면 건고추원료를 직경 1cm, 길이 2cm 크기의 펠렛으로 성형후 추출탱크에 넣고 solvent를 사용하여 oleoresin을 추출한다. 추출된 oleoresin은 색상검사를 거친 후 표준규격의 제품을 만들기 위하여 배합탱크로 이송되어 2종류 이상의 원료를 배합하여 표준규격의 oleoresin을 생산한다.

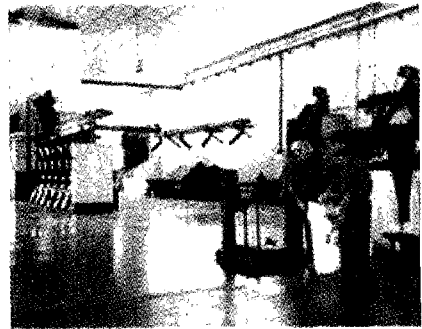


Fig. 2-22. Stone mill in red pepper milling factory in Spain

라. 요약

이상의 국외 고춧가루 가공기술을 요약해 보면 고추원료의 품종은 대부분 파프리카(paprika)계통의 과육이 두껍고 색상이 뛰어난 품종이며 신미성분은 낮은 것이다. 또한 이들 품종은 전체 과실 중 고추꼭지의 무게 비율이 4~5%로 매우 낮고 고춧가루 입도를 80mesh 이하로 미분쇄하기 때문에 가공공정에서 별도로 고추꼭지를 제거하지 않고 있다. 또한 대부분의 고추원료는 포장에서 수확 후 고추 건조공장으로 운반되어 세척, 절단 등의 전처리 작업을 거친 후, LPG 가스를 열원으로 하는 대형 열풍건조기로 7~8시간 이내로 건조하여 품종별로 저장창고에 보관된다. 고춧가루의 분쇄방법은 크게 햄머밀, 톨밀, 연삭밀 등으로 구분되며 대부분의 고춧가루 가공제품이 80mesh 이하의 미세분말 상태로 평균 입도가 20~30mesh 크기의 국내산 고춧가루와 큰 차이가 있다. 외국의 경우 고춧가루 가공제품의 수분은 7~10%w.b.로 국내의 12~15% 보다 매우 낮으며 건조고추 원료가 세척 절단 과정을 거쳐서 정선되어 있어 여러 유통단계를 거치는 국내의 것 보다 청결한 상태로 고춧가루 제품의 위생도가 높다. 특히 스페인의 경우 고춧가루 제조공정 중 분말의 증기 살균공정을 도입하여 유해 미생물 및 대장균의 살균효과를 높이고 있다.

국외의 고춧가루 가공기술을 검토해 볼때 고추의 수확후 대단위 건조처리 공정에 관한 기술 개발이 국내에서 조속히 추진되어야 하며, 고춧가루 분쇄공정에서는 살균 및 수분조절(재흡수) 등의 가공기술이 개발되어야 한다. 또한 고추 꼭지제거의 경우 외국산 품종은 꼭지의 전체 중량비가 4~5%이나 국내의 경우 8~12%인 것을 고려할 때 고품질의 고춧가루 생산을 위하여 이들의 성능개선에 관한 국내의 독창적인 연구가 지속되어야 한다. 국외의 고춧가루 가공제품은 원료의 품종이 대부분 파프리카 계통으로 국내 소비자의 기호도에 전혀 맞지 않으며 입도가 80mesh 이하여서 김치용 및 일반 양념용으로 사용이 어려워 국내의 수입이 거의 불가능한 것으로 보인다.

여 백

제 3 장 가공용 고추원료 건조시스템 개발

여 백

제 1 절 서론

고춧가루 유통과정의 증가 추세는 국민소득증대에 따른 여성취업인구증가, 도시 핵가족화, 식품 인스턴트화 경향으로 향후 10년 이내에 현행 건고추 유통구조를 고추원료에서 규격화된 고품질의 고춧가루 제품으로 급속한 변화를 예측할 수 있다. 이와 같은 고춧가루 가공제품 중심의 유통구조 변화는 고추의 생산 및 수확작업의 기계화를 촉진하고 특히 고추의 수확후 건조작업을 현행 원형 건고추생산에서 건조시간과 비용을 크게 단축하고 태양열 자연건조보다 우수한 품질의 가공용 건고추 생산의 기틀을 마련해 준다.

가공용 건고추는 고춧가루 가공공장의 원료로 사용되기 때문에 건조시 고추과실이 원형 상태를 유지할 필요가 없으므로 생고추를 포장에서 수확한 다음, 세척·선별하고 원료절단기로 고추과실을 3~4등분 절단한 상태로 70~80℃의 일정한 온도에서 7~8시간 열풍건조를 하면 색상과 품질이 뛰어난 가공용 절단 건고추 원료를 생산할 수 있다.

현재 미국, 스페인, 헝가리 등의 세계 주요 고추생산국에서 고추원료 건조는 대부분이 상기와 같은 가공용 고추원료 건조방법을 도입하여 건조시간과 건조비용을 절약하고 품질이 우수한 건고추 원료를 대량으로 생산하여 고추가공제품의 원료로 사용하고 있다. 이들 생산국에서는 건조열원으로 열효율이 높고 청정에너지인 LPG 직화방식을 많이 사용하고 있으며 생고추는 반드시 세척·선별·절단 등의 전처리 공정을 거친 후 열풍건조를 하고 있다.

본 연구의 목적은 현행 국내 고추의 건조방법을 살펴보고 향후 고추의 유통구조가 건고추 원형상태에서 고추가공제품으로 전환될 경우 고추주산지에서 고춧가루 가공공장의 원료가 되는 가공용 고추원료 건조 시스템을 개발하는 데 있다.

제 2 절 현행 국내 고추의 건조방법

1. 열풍 건조 방법

포장에서 수확된 생고추의 함수율은 80~90%로 매우 높아 품질이 좋은 건고추를 생산하기 위하여 신속하게 건조작업을 하여 함수율이 20%이하로 건조한 후 최종 함수율이 17~18%가 되도록 하여야 한다. 현재 국내 고추 주산지의 대부분 생산농가에서는 그림 3-1과 같은 소형 배치식 건조기를 이용하여 생고추를 열풍건조한다. 일회 투입량은 건조기의 크기에 따라 차이가 있으며 대략 200~500kg이다. 생고추는 수작업에 의해 다수의 채반에 담겨져 건조기 내부로 적재되고 건조온도 70~80℃에서 30~35시간 건조한다. 열풍장치는 석유버너를 사용하며 내부에 간단한 구조의 열교환기가 장치되어 있는 간접식 열교환 방식으로 되어 있다.

소형 벌크식 건조기를 이용한 열풍건조 방법은 국내의 생고추 건조방법으로 가장 많이 사용하고 있으나 고온에서 생고추가 장시간 건조되기 때문에 건고추의 색상과 품질이 떨어지며 1회 처리용량이 소규모여서 대량의 생고추 건조방식으로는 적합하지 않다. 특히 생고추 건조 초기에 건조온도가 80℃이상으로 될 경우 고추색상 변화에 큰 영향을 주므로 대부분의 소비자가 열풍건조 방법으로 건조한 고추의 품질을 낮게 평가하는 원인이 되고 있다. 따라서 건조시 열풍온도가 80℃이상이 되지 않도록 주의하여야 한다.

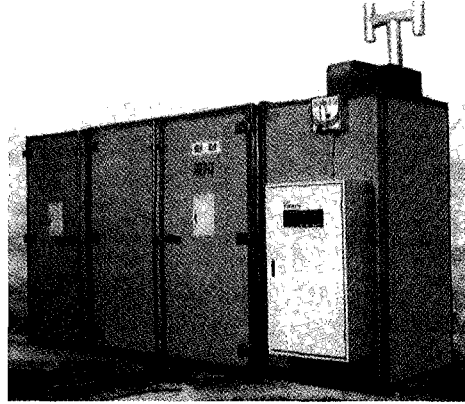


Fig. 3-1. Batch dryer

2. 복합식 건조방법

고온의 열풍건조로 인한 건고추 품질저하를 방지하고 태양열을 이용한 자연건조 방법과 거의 동일한 품질의 건고추를 생산하는 건조방법이다. 생고추의 건조초기에 80~90℃의 고온 열풍을 이용하여 생고추를 5~6시간 건조한 후 시료를 그림 3-2와 같은 대형 비닐하우스로 이동하여 태양열을 이용한 자연 건조방법으로 5~7일간 건조한다. 단순한 태양열 이용한 자연 건조방법과는 달리 건조초기에 고온 열풍을 이용하므로 생고추의 색소를 안정화시키고 자연건조도중 품질변화를 최소화할 수 있어 색상이 우수한 고품질의 건고추 생산이 가능하다.

현재 국내 고추시장에서 '태양초'로 불리우는 색상이 좋고 과실이 원형상태로 있어 상품적 가치가 높은 건고추는 대부분 이러한 복합식 건조방법으로 생산되고 있다. 이 방법은 열풍건조방법보다 건고추의 색상과 품질이 좋으나 건조시간이 일주일이상으로 길고 건조기간동안 비닐 하우스내에서 수작업으로 고추원료 펼치기, 모으기, 뒤집기 등을 함으로써 노동력이 많이 요구되며 건조물량이 많을 경우 건조용 비닐하우스 설치수요가 증대되는 문제점이 있다. 또한 건조작업과정에서 건고추가 흙, 먼지 등에 오염이 되기 쉽다.

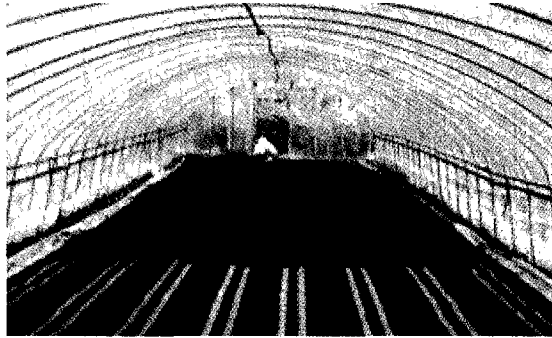


Fig. 3-2. Vinyl house drier for red pepper.

3. 자연 건조방법

태양열을 이용한 고추의 자연건조는 고추뿐만 아니라 다른 농산물 건조에도 널리 사용되어온 전통적인 건조방법이다(그림 3-3). 태양열을 이용한 고추건조는 고추수확 시기인 8월 중순부터 9월말까지 이루어지며 태양의 직접복사열이 고추표면에 흡수되고 낮동안 주위 건조온도가 최고 60℃까지 상승되어 자연건조가 가능할 것으로 인식되고 있지만 실제로 건조기간동안 우기가 자주 와 전체 일조량이 부족한 경우가 발생하며 일일 건조 가능시간이 오전 11시에서 오후 4시까지 5시간 밖에 되지 않아 국내의 경우 생고추 자연건조가 현실적으로 불가능하다. 또한 국내산 고추가 재래종과 비교하여 중·대과종이고 과피의 두께가 두껍고 과피표면이 수분이동이 어려운 왁스층으로 쌓여있어 때문에 건조 도중에 고추과피를 절단해주지 않으면 과피의 당성분이 높고 건조기간이 길어지므로 고추과피가 변질되어 좋은 품질의 건조고추 생산이 어렵다.



Fig. 3-3. Natural drying method for red pepper by solar energy

제 3 절 가공용 고추원료의 전처리 방법에 따른 건조특성

1. 가공용 고추원료의 전처리 방법

생고추 원료의 전처리 방법에 따른 건조특성을 구명하고자 원료의 전처리 조건을 원형, 천공(punching), 절단(cutting), 브렌칭(blanching) 등의 4가지로 구분하였다. 생고추 시료는 '96년도 음성에서 재배한 금탑품종으로 초기 함수량은 85~87%w.b. 이었다. 원형시료는 생고추를 상온의 물로 세척하였으며, 펀칭시료는 그림 3-4, 3-5와 같은 고추표면 천공장치를 제작하여 고추표면에 직경 2mm 크기의 구멍을 2cm 간격으로 천공하였다. 천공된 시료는 그림 3-6과 같다. 절단 시료는 생고추를 세척후 길이방향으로 3등분 절단하였다.

브렌칭 방법은 100℃의 증기, 100℃의 물 및 80℃의 50% 에탄올 용액에 생고추를 2분간 통과하는 3가지 방법을 사용하였다.

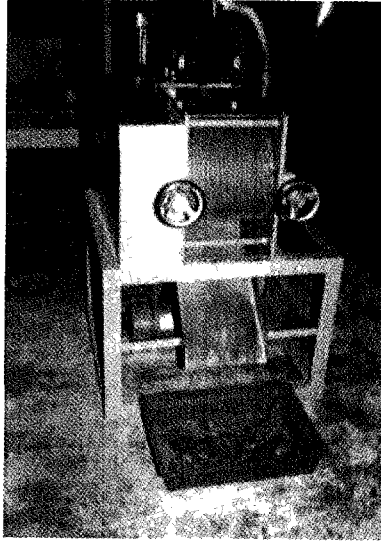


그림 3-4. 생고추표면 천공 실험장치

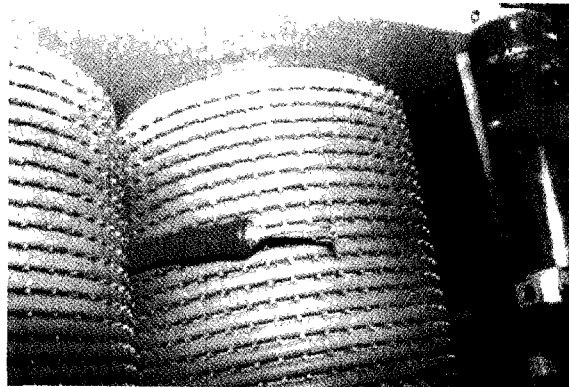


그림 3-5. 천공롤러 및 생고추 시료

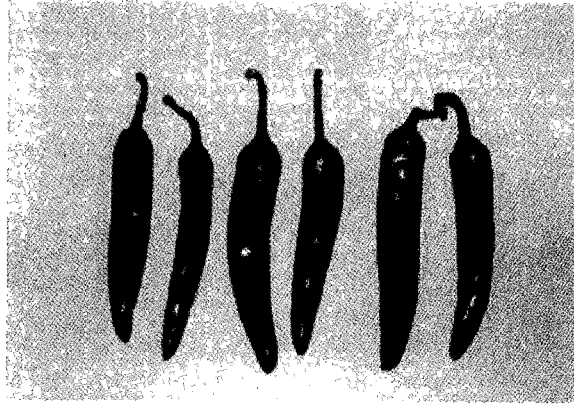


그림 3-6. 표면이 천공된 생고추시료

2. 건조실험 장치

고추의 전처리별 건조특성을 건조온도 및 건조시간에 따라 미세하게 분석하기 위하여 그림 3-7과 같은 건조실험 장치를 설계하였다. 이 장치는 자료수집장치(data acquisition unit : HP 3852A, R232 controller), 항온항습기, 건조실, 송풍팬 및 덕트, 로드셀 등으로 구성되어 있으며, 제작된 건조실험장치는 그림 3-8와 같다.

항온항습장치 내부크기는 $80 \times 90 \times 90 \text{cm}$ 이며 운전조건은 건조온도 $0 \sim 150^\circ\text{C}$ 와 상대습도 $30 \sim 95\%$ 이다. 송풍팬은 0.5HP의 DC모터로 구동되며 최대송풍량 $0.96 \text{m}^3/\text{min}$ 이다. 건조실내부는 그림 3-9와 같이 제작되었으며, 내부의 크기는 $50 \times 50 \times 50 \text{cm}$ 이고 내부에 $20 \times 20 \times 20 \text{cm}$ 크기의 사각형 트레이(tray)가 로드셀에 연결되어 시료의 무게변화를 정확하게 측정하도록 하였다. 건조실 및 송풍기와 항온항습실의 연결관은 5cm 두께의 유리섬유 재질의 단열재로 피복되어 있다.

본 고추 건조실험에서 1회 건조시료 용량은 1000gr이었으며, 송풍량은 $0.48 \text{m}^3/\text{min}$ 으로 이때 시료통과 풍속은 $1.0 \sim 1.2 \text{m}/\text{sec}$ 였다. 실험자료 수집장치의 운영프로그램은 HP-Basic으로 작성하였으며 건조온도, 시료 통과후 건구·습구온도, 시료중량 등을

일정한 시간간격으로 자동측정하도록 작성되었다. 특히 시료의 중량측정시 정확한 건조물의 중량변화를 측정하기 위하여 송풍기의 작동을 5초간 정지시킨후 데이터를 측정한후 다시 운전되도록 하였다. 그림 3-10은 본 장치를 이용하여 실험데이터를 측정 한 실례를 나타낸 것이다.

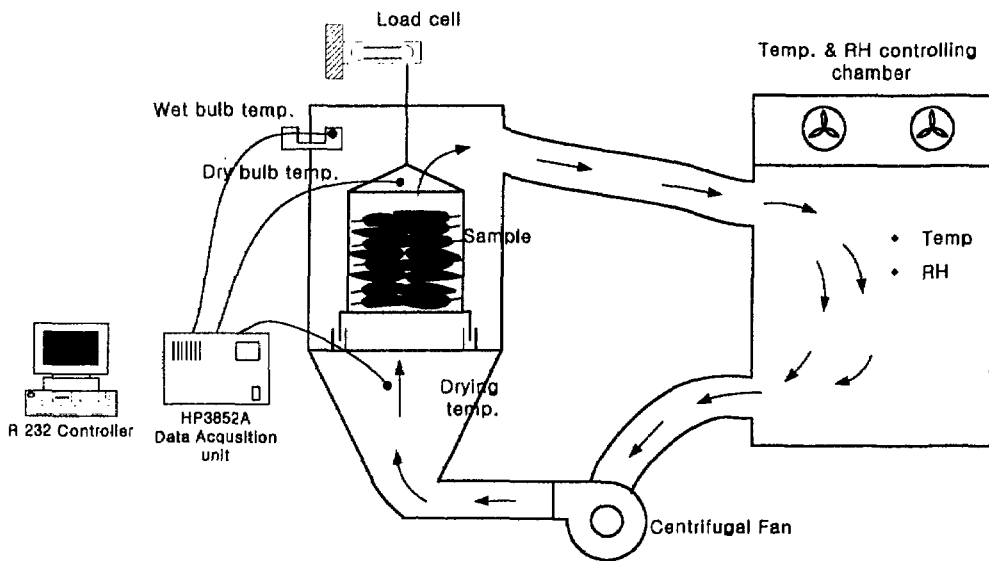


Fig. 3-7. Schematic diagram of experimental drying equipment for fresh red pepper

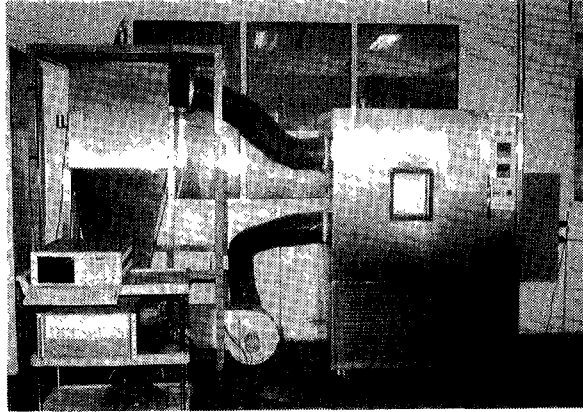


그림 3-8. 고추 건조 실험장치

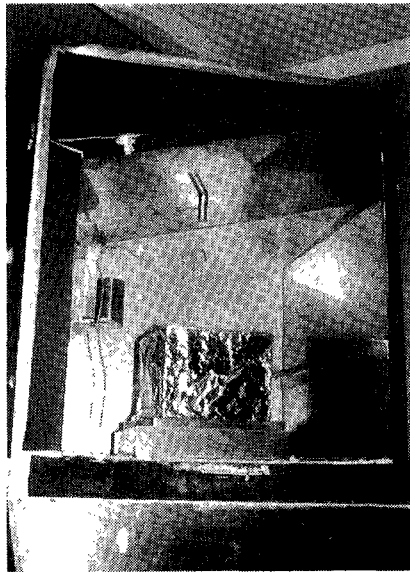


그림 3-9. 고추건조 실험장치의 건조실 내부

TEMP. DR_WT. & RH MEASUREMENT

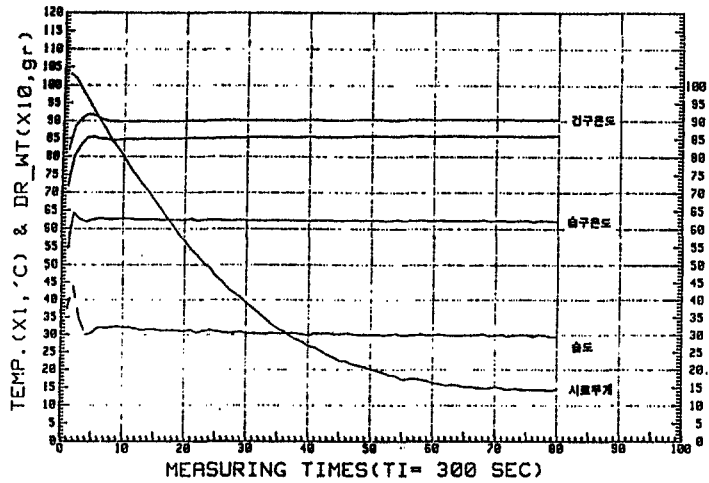


그림 3-10. 고추건조 실험장치의 건조과정 실측치

3. 전처리 방법에 따른 건조특성

원형 고추와 절단 및 편칭된 고추사이의 건조온도별 건조시간 및 최종 함수율, 건조율, 함수율 15%w.b. 까지의 건조시간 등을 분석하였으며, 건조된 시료의 품질평가를 위하여 색도, ASTA값, 신미성분(capsaicinoid)을 분석하였다. 건조특성은 고추시료의 함수율이 15%w.b.에 도달할 때까지 시간별 건조율 변화와 건조곡선을 4가지 전처리 방법에 따라 비교·분석하였다. 브랜칭 전처리의 경우에는 건조속도가 매우 늦어 함수율이 30%w.b.까지의 건조특성을 처리구별로 비교하였으며, 본 실험에서는 상대습도 30%에서 건조온도 90°C, 80°C, 70°C의 건조처리구를 사용하여 건조특성을 분석하였다.

건조 처리후 건조된 시료의 품질평가 방법으로는 시료의 표면색도와 시료를 종자가 10% 포함된 고춧가루로 제분하여 이들의 색도와 신미성분을 측정하였다. 색도분석은 색차계(colorimeter)의 L*, a*, b*값과 spectrophotometer를 이용한 ASTA값을 사용하

였다. 이때 시료의 수분은 항온항습기를 이용하여 12%w.b.로 조절하여 사용하였다. ASTA값은 고춧가루 입도가 30mesh을 기준으로 하였으며 측정방법은 다음과 같다.

- ① 공정별 고춧가루를 약 0.1g정도 정량한다.
- ② 100ml-volumetric flask에 넣고 aceton으로 채운다.
- ③ 적당히 흔들어 준 후 16시간 동안 암실에 방치한다.
- ④ 460nm에서 색소 추출액의 흡광도를 측정한다.

$$\text{ASTA color} = \frac{\text{추출액의 흡광도} \times 16.4 \times \text{IF}}{\text{sample(gr)}}$$

where, IF = Instrument Correction Factor

가. 전처리 및 건조온도에 따른 건조특성

표 3-1는 전처리(원형, 천공, 절단) 및 건조온도(70℃, 80℃, 90℃, RH30%)별 생고추 시료의 건조시간 및 최종 함수율을 나타낸 것이며 그림 3-11, 3-12, 3-13은 이들의 건조곡선이다. 그림 3-14, 3-15, 3-16은 조건별로 건조된 시료의 외형을 표시한 것이고, 그림 3-17는 시중에서 구입한 태양초 및 화력건조 고추시료이다.

건조실험결과 생고추를 3등분으로 절단한 건고추의 건조 속도가 모든 건조온도 조건에서 원형보다는 2.3~2.8배, 천공한 것보다는 1.7~1.6배 빠른 것으로 나타났다. 특히 건조온도 70℃, 80℃ RH30%에서 최종 함수율이 11~12%w.b.일 때 절단시료의 건조시간은 275~430min이고 천공한 시료의 건조시간은 345~500min 정도 소요되었으며, 건조후 고추의 표면 색도가 매우 양호한 것으로 평가되었다.

Table 3-1. Drying time and final moisture content for fresh red pepper with various treatments and drying conditions (Initial M.C of sample: 85.4%w.b, Variety : Keumtap)

Treatment	Drying condition		Drying time(min)	Final M.C. (%)
	Temp(°C)	RH(%)		
Whole	70	30	830	8.1
	80	30	650	10.2
	90	30	520	15.6
Punched	70	30	500	12.1
	80	30	430	11.4
	90	30	390	8.5
Cut	70	30	345	11.5
	80	30	275	11.8
	90	30	345	11.5

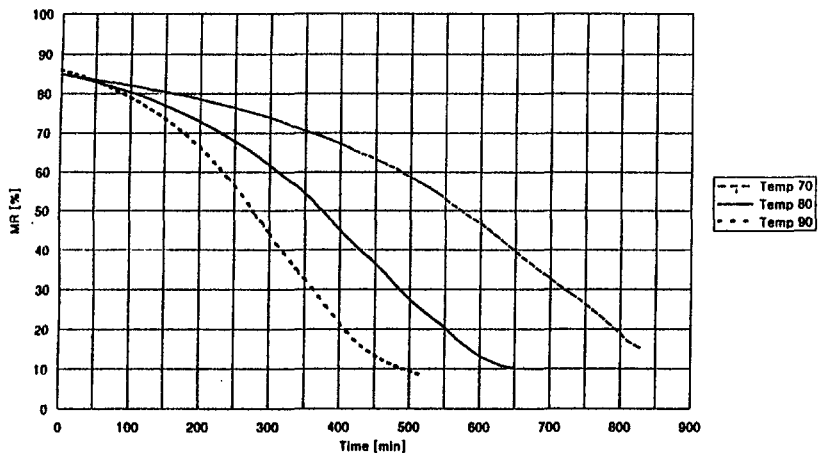


Fig. 3-11. Drying curves of whole red pepper

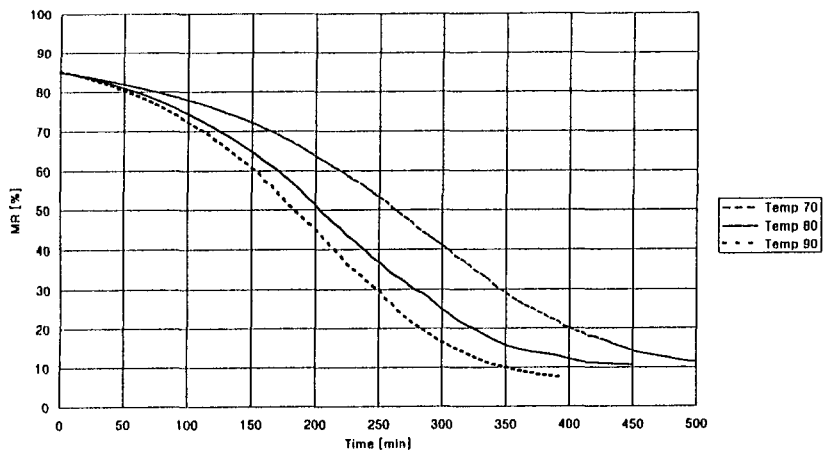


Fig. 3-12. Drying curves of punched red pepper

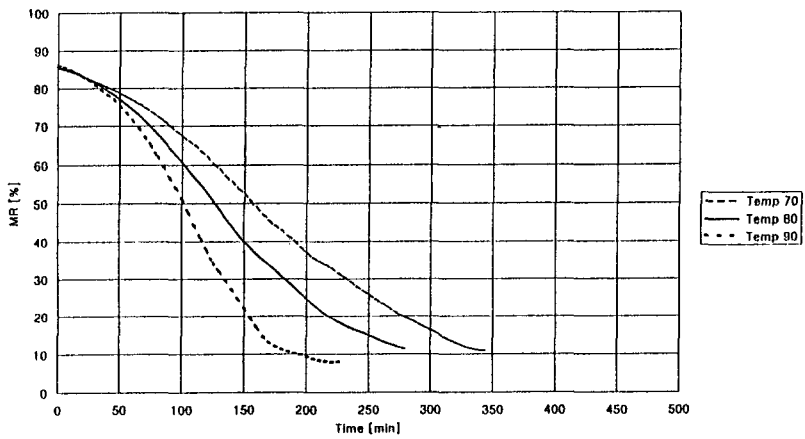
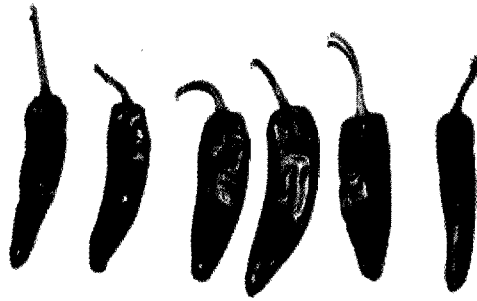
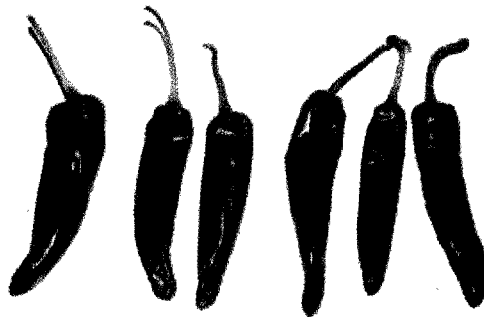


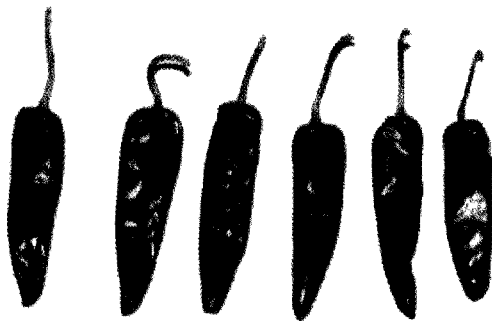
Fig. 3-13. Drying curves of cut red pepper



(a) Drying temp : 90°C RH : 30% Drytime : 520min Final M.C : 8.1%w.b

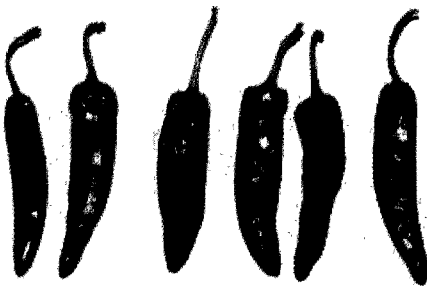


(b) Drying temp : 80°C RH : 30% Drytime : 650min Final M.C : 10.2%w.b



(c) Drying temp : 70°C RH : 30% Drytime : 830min Final M.C : 15.6%w.b

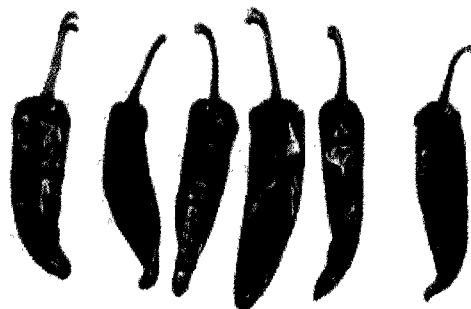
Fig. 3-14. Sample of whole red pepper with various drying conditions



(a) Drying temp : 90°C RH : 30% Drytime : 390min Final M.C : 8.5%w.b



(b) Drying temp : 80°C RH : 30% Drytime : 430min Final M.C : 11.4%w.b

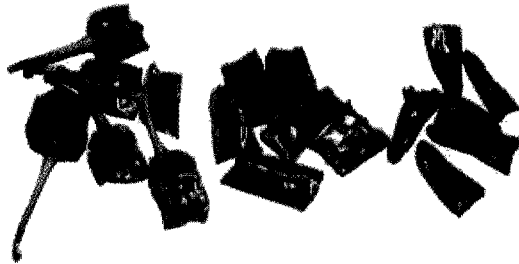


(c) Drying temp : 70°C RH : 30% Drytime : 500min Final M.C : 12.1%w.b

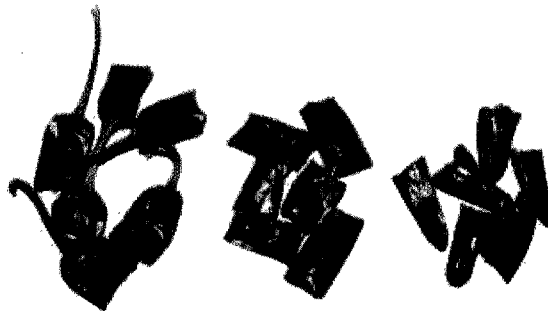
Fig. 3-15. Sample of punched red pepper with various drying conditions



(a) Drying temp : 90°C RH : 30% Drytime : 225min Final M.C : 8.2%w.b



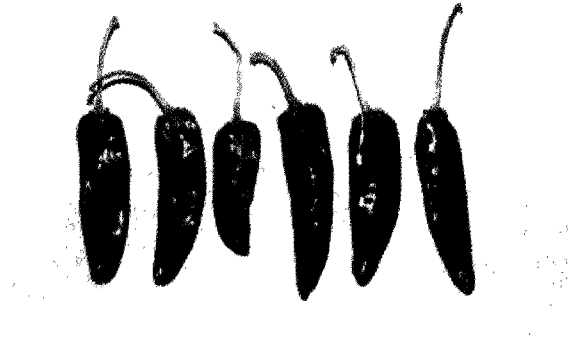
(b) Drying temp : 80°C RH : 30% Drytime : 275min Final M.C : 11.8%w.b



(c) Drying temp : 70°C RH : 30% Drytime : 345min Final M.C : 11.5%w.b

Fig. 3-16. Sample of cut red pepper with various drying conditions

(a) Sun drying



(b) Batch drying

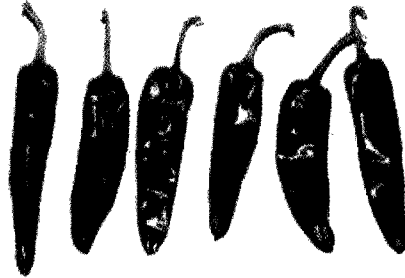


Fig. 3-17. Sample of dried red pepper with sun and batch drying

현재 시중에 유통되는 건고추의 평균 함수율을 15%w.b.로 기준할 때 전처리 및 건조온도별 건조시간을 분석하면 표 3-2와 같다. 여기서도 절단고추가 원형 및 천공보다 2.8, 1.6배 빠른 것으로 나타났다. 건조온도 80℃ RH30%인 경우, 절단고추와 천공고추의 건조시간은 각각 255, 360min 이었으며 건조온도 70℃, RH30%인 경우, 각

각 310, 445min으로 나타나 이를 가공용 건조시스템에 이용할 경우 건고추의 1회 건조시간을 5~6시간으로 원형의 경우 10~15시간 보다 2~3배 단축할 수 있을 것으로 판단되었다. 표 3-3과 그림 3-18, 3-19, 3-20는 건조시간별 시료의 건조율을 나타낸 것이다.

Table 3-2. Drying time for dried red pepper of final moisture content 15.0% with various treatments and drying conditions (Initial M.C of sample : 85.4%w.b, Variety : Keumtap)

Treatment	Drying condition		Drying time(min)
	Temp(°C)	RH(%)	
Whole	70	30	830
	80	30	590
	90	30	440
Punched	70	30	445
	80	30	360
	90	30	310
Cut	70	30	310
	80	30	255
	90	30	165

Table 3-3. Drying rates of red peppers with various pre-treatments and drying condition (variety : Keumtap)

Pre-treatment	Drying condition		Drying rate(%d.b/min)					
	Temp(°C)	RH(%)	Drying time(min)					
			50	100	150	200	250	300
Whole	70	30	1.1	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7
	80	30	1.6	1.4	1.4	1.3	1.1	0.9
	90	30	2.3	2.1	1.7	1.5	1.2	0.7
Punched	70	30	2.3	1.8	1.7	1.5	1.2	0.7
	80	30	2.8	2.4	1.7	1.5	0.7	0.5
	90	30	3.2	2.6	1.8	1.2	0.7	0.5
Cut	70	30	3.8	2.6	1.5	0.7	0.4	0.3
	80	30	4.8	2.5	1.0	0.5	0.2	-
	90	30	5.8	2.5	0.8	0.2	-	-

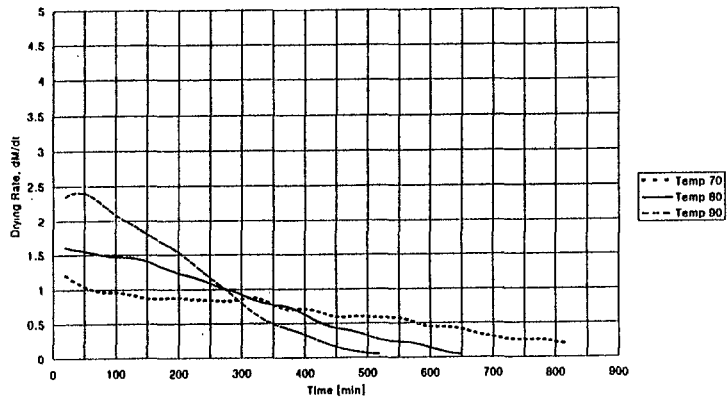


Fig. 3-18. Drying rates of whole red pepper

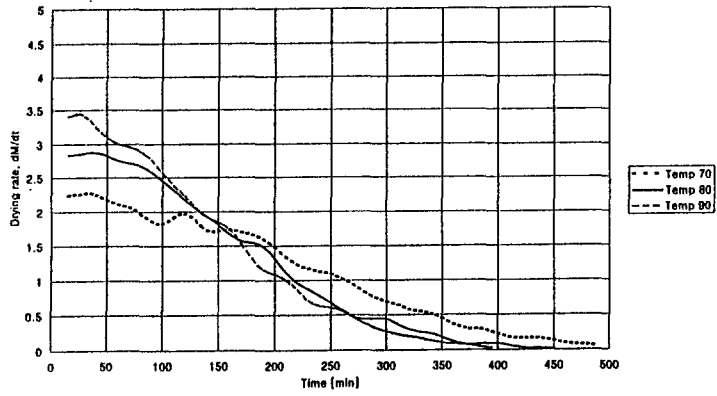


Fig. 3-19. Drying rates of punched red pepper

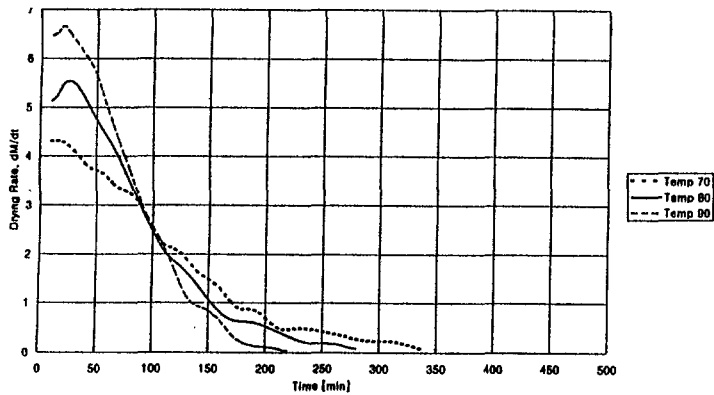


Fig. 3-20. Drying rates of cut red pepper

나. 전처리 및 건조온도에 따른 고추 품질분석

건조온도별 시료의 고추표면과 고춧가루의 색도 및 ASTA 값을 나타낸 것은 표 3-4, 3-5, 3-6, 3-7, 3-8과 같다. 고춧가루의 경우 입도별로 색도를 측정하였으며 ASTA 값은 입도 30mesh를 기준으로 분석하였다. 고춧가루 시료의 붉은 색을 나타내는 색도 a*의 값이 입도 30mesh를 기준으로 할 때 건조온도 70°C, 80°C, 90°C 원형고추의 경우 23.4, 21.9, 17.7이었고, 천공고추는 26.4, 24.5, 21.6이었으며 절단고추는 30.2, 27.7, 24.5로 나타나 건조시간이 짧은 절단고추 시료의 붉은 색도가 가장 높게 나타났다. 또한 시중에서 구입한 태양초 및 화력건조 시료의 경우에서 a*값이 각각 27.7, 24.6으로 나타나 편청고추시료와 비슷하나 절단고추 건조보다 색도가 떨어지는 것으로 나타났다.

표 3-9는 건조처리별 고춧가루의 신미성분을 분석한 것이다. 시료로 사용한 금탑 품종이 대과종으로 신미성분이 낮아 capsaicin 함량 범위가 11.4~21.3mg%로 나타났으며 건조온도별로는 큰 차이가 없으나 대체로 건조온도90°C의 경우 건조온도 70°C,

80℃보다 5~10mg% 낮아지는 현상을 보였다.

전처리 방법으로 실험한 브렌칭(blanching)방법은 생고추를 100℃ 증기, 100℃ 물, 80℃ 물과 에탄올 50% 혼합물에서 2분간 처리를 하여 각각의 방법에 따른 건조효율을 비교하고자 하였다. 그림 3-21은 건조온도 80℃, RH30%의 건조조건하에서 브렌칭 방법에 따른 시료의 건조곡선을 나타낸 것이다. 시료의 브렌칭 방법에 따른 건조 속도 및 건조율의 증가는 나타나지 않았다.

Table 3-4. Color values of dried red pepper surface with various drying conditions

Treatment	Drying condition		Color value		
	Temp(℃)	RH(%)	L*	a*	b*
Fresh			35.57	33.79	33.74
Whole	70	30	22.85	17.59	10.73
	80	30	10.99	7.21	4.03
	90	30	6.49	3.88	3.02
Punched	70	30	8.25	7.52	6.39
	80	30	15.87	12.29	9.87
	90	30	16.37	11.38	10.95
Cut	70	30	24.29	27.91	19.12
	80	30	25.20	23.41	15.12
	90	30	17.89	10.26	11.40

Table 3-5. Color value of powdered red pepper with particle size and drying condition (whole)

Drying condition		Particle size (mesh)	Color value			ASTA value
Temp(°C)	RH(%)		L*	a*	b*	
70	30	14	33.44	22.53	18.80	117.55
		18	33.07	21.90	18.96	
		30	33.80	23.35	19.09	
		40	34.92	26.03	21.86	
		50	36.27	28.00	24.82	
		pan	38.15	29.72	28.18	
80	30	14	33.46	21.61	15.98	127.25
		18	33.86	21.47	16.00	
		30	34.43	21.19	15.76	
		40	35.20	21.51	16.11	
		50	37.12	24.69	18.57	
		pan	40.04	28.08	24.06	
90	30	14	34.16	17.99	16.97	122.87
		18	33.69	17.61	16.85	
		30	33.26	17.68	16.02	
		40	35.08	20.84	19.22	
		50	35.97	21.56	19.80	
		pan	34.39	21.55	19.33	

Table 3-6. Color value of powdered red pepper with particle size and drying condition (punched)

Drying condition		Particle size (mesh)	Color value			ASTA value
Temp(°C)	RH(%)		L*	a*	b*	
70	30	14	37.77	23.97	21.20	119.04
		18	36.33	26.67	24.00	
		30	36.02	26.38	22.90	
		40	36.34	27.71	23.54	
		50	36.85	29.33	25.06	
		pan	39.61	31.32	30.09	
80	30	14	37.63	26.01	23.80	120.95
		18	37.66	25.70	23.58	
		30	37.27	24.47	22.59	
		40	37.14	24.99	22.24	
		50	40.05	27.64	26.78	
		pan	41.49	28.78	30.06	
90	30	14	37.37	21.33	20.78	132.11
		18	38.77	23.08	20.78	
		30	37.41	21.61	22.32	
		40	37.59	22.55	22.49	
		50	40.42	25.69	26.02	
		pan	39.98	26.36	27.19	

Table 3-7. Color value of powdered red pepper with particle size and drying condition (cut)

Drying condition		Particle size (mesh)	Color value			ASTA value
Temp(°C)	RH(%)		L*	a*	b*	
70	30	14	38.89	30.39	27.01	
		18	39.17	30.32	27.49	
		30	39.02	30.19	26.33	
		40	38.05	31.23	26.51	
		50	41.61	32.79	31.04	
		pan	43.33	33.26	35.01	
80	30	14	36.21	27.33	25.43	122.25
		18	37.13	38.51	26.05	
		30	36.10	27.70	25.19	
		40	37.39	29.69	25.05	
		50	39.68	32.38	29.80	
		pan	42.65	33.70	35.10	
90	30	14				102.61
		18	39.46	24.47	26.26	
		30	39.12	24.51	25.33	
		40	38.78	24.86	25.06	
		50	41.01	27.72	28.60	
		pan	44.23	30.24	34.66	

Table 3-8. Color value of powdered red pepper with particle size and drying condition (sun drying and batch drying)

Item	Particle size (mesh)	Color value			ASTA value
		L*	a*	b*	
Sun drying	14	35.51	27.82	21.82	163.61
	18	35.88	27.75	22.18	
	30	36.16	27.74	22.53	
	40	36.69	30.04	23.97	
	50	39.15	33.36	28.88	
	pan	40.27	34.51	31.85	
Batch drying	14	35.71	22.72	19.89	137.89
	18	35.79	23.95	19.35	
	30	35.56	24.60	19.24	
	40	36.50	27.20	21.48	
	50	37.38	28.44	23.14	
	pan	39.66	30.62	27.38	

Table 3-9. Capsaicin contents to dried red peppers with various pretreatments and drying conditions

Item	Drying condition		Capsaicin(mg%)
	Temp.(°C)	PH(%)	
Sun drying			16.32
Batch drying	-	-	12.84
Whole	70	30	12.64
	80	30	21.28
	90	30	11.44
Cut	70	30	14.40
	80	30	16.72
	90	30	8.16
Punched	70	30	12.4
	80	30	18.2
	90	30	8.08

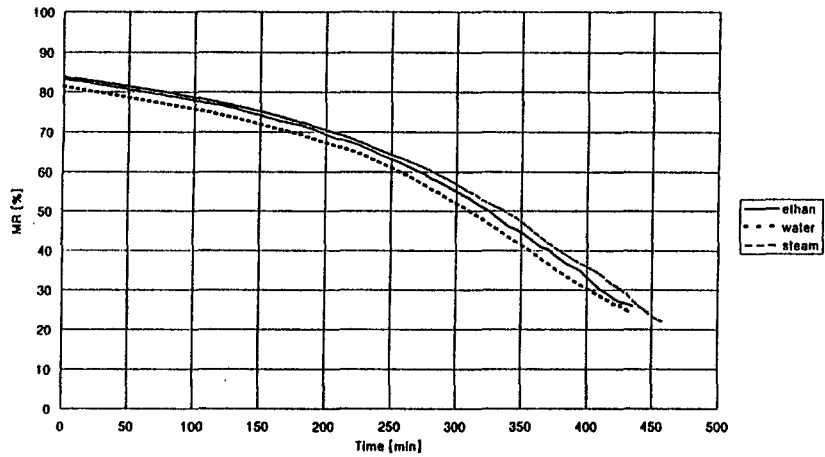


Fig. 3-21. Drying curves of red pepper with various blanching methods

4. 가공용 고추원료 건조 시스템 개발

가. 서론

가공용 고추원료 건조시스템은 기본적으로 개별 농가단위에서 생고추를 건조처리하는 것이 아니라 고추 주산지의 생산자 단체나 영농조합이 주체가 되어 규모가 비교적 크고 세척, 선별, 절단, 천공 등의 전처리 시설이 포함된 종합적인 고추 가공시설에 필요한 건조장치를 구상하고자 한다. 현재 미국, 스페인, 헝가리 등에서 가공용 고추 건조는 대부분이 원료를 세척 절단 후 열풍으로 신속히 대량 건조하게 되어 있다. 또한 열원은 LPG 가스를 직접 사용하여 열교환율을 높이고 있다. 고추의 건조시간은 5~8시간으로 비교적 다른 농산물에서 비하여 건조시간이 길어지므로 건조트레이를 이용한 batch식 건조방법이 이용되고 있다. 앞서 실험한 기초 건조실험 결과를 토대로 가공용 고추원료 건조시스템은 건조온도가 70~80℃ 범위에서 절단이나 천공된 생고추를 다단 트레이에 적재하여 6~8시간 이내에 건조시킬수 있는 건조장치를 개발하

고자 한다. 트레이의 시료 적재 및 건조기 입출고가 반자동화되고 단위 건조장치를 건조용량에 따라 쉽게 조합하여 사용할 수 있는 방법도 필요할 것으로 보인다. 본 연구는 가공용 고추원료 건조시스템 시작품을 2회에 걸쳐 제작하고 절단 및 천공 등의 전처리된 생고추원료를 사용하여 건조실험을 수행하였다.

나. 가공용 고추원료의 1차 건조시스템 개발

1) 실험 방법 및 장치

가) 가공용 고추원료의 전처리 방법

생고추 원료의 전처리 방법에 따른 건조특성을 구명하기 위하여 원료의 전처리 조건을 원형(whole), 천공(punching), 절단(cutting)의 3가지로 구분하였다. 생고추 시료는 1997년도에 피산에서 재배한 영웅품종으로 하였으며, 초기함수율은 83~85%(w.b.)였다. 원형시료는 산지에서 운반하여 온 생고추를 그대로 이용하였고, 천공시료는 고추표면 천공장치를 제작하여 고추 표면에 직경 2mm 크기의 구멍을 2cm 간격으로 편칭하였다. 보통 고추 1개당 15개소부분이 천공되었다. 절단시료는 원형의 생고추를 가위를 이용하여 길이방향으로 3등분 절단하였다.

나) 건조 시스템 시작품 제작

건조 시스템의 모델로는 산지에서 생산된 고추를 대량으로 건조처리하고 또한 자동화하기에도 적합한 열풍식 터널건조기로 설정하였다. 고추의 전처리 방법 및 건조온도에 따른 열풍식 터널건조기의 건조특성을 분석하기 위하여 그림 3-22, 3-23과 같은 건조 시스템을 설계 제작하였으며, 이 실험장치는 가스 버너, 송풍팬, 덕트, 건조실, 트레이(tray), 그리고 트레이를 실어 운반하는 트럭(truck), 온도센서 및 자료수집장치(data logger) 등으로 구성되어 있다. 그림 3-24, 3-25는 제작된 건조 시스템의 외부 및 내부 모습이다.

가스 버너는 연료로 LPG를 사용하고 용량이 100,000 kcal/hr (최소 34,500~137,500 kcal/HR)이며, 설정온도에 따라 ON/OFF 제어되는 방식을 취하였다. 송풍팬은 1.5kW의 VS모터로 구동되며 최대 송풍량은 60m³/min이다. 건조실 내부의 크기는 90×90×240cm이고 내부에 90×90×120cm의 트럭이 2개 들어갈 수 있게 하였다. 그리고 각

트럭은 6층으로 하여 12개의 트레이가 들어가도록 구성되어있고, 트레이의 크기는 900×600×40mm이고 트레이 사이의 간격은 4cm과 6cm의 두 종류를 제작하였는데 실험에 사용한 것은 간격이 6cm인 것을 사용했다. 그리고 한 트레이에 3kg의 고추시료를 박층으로 담았다.

또한, 온도센서는 써미스터(thermister)를 사용하여 건습구 온도를 동시에 측정하였고, 자료수집장치에서 5초마다 읽어들이어 평균한 값을 30초마다 저장하였다.

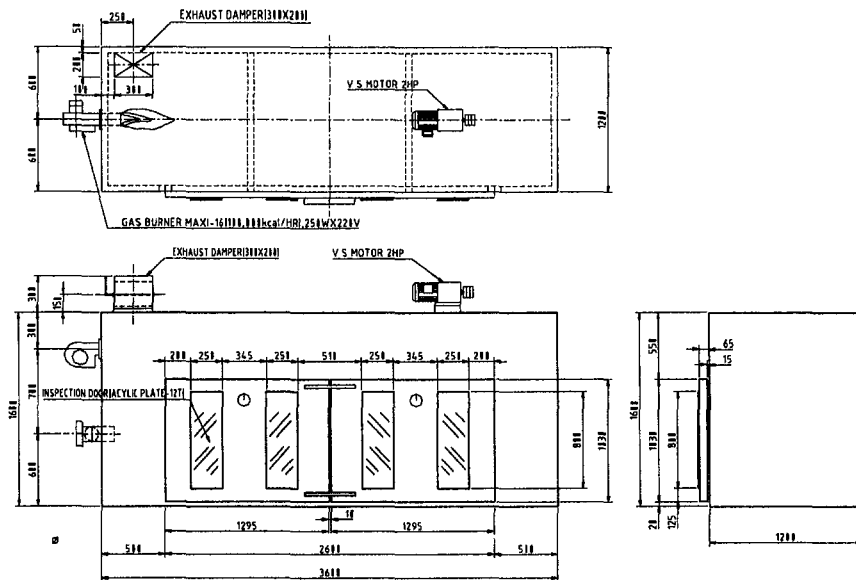


Fig. 3-22. The design of tunnel dryer

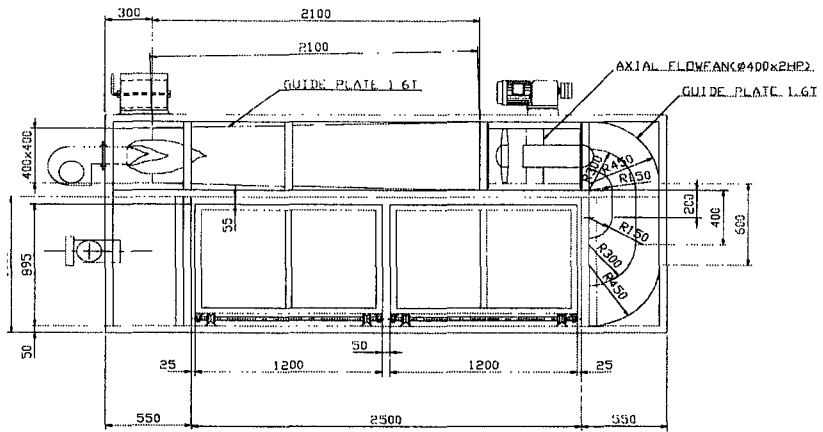


Fig. 3-23. The inner design of tunnel dryer

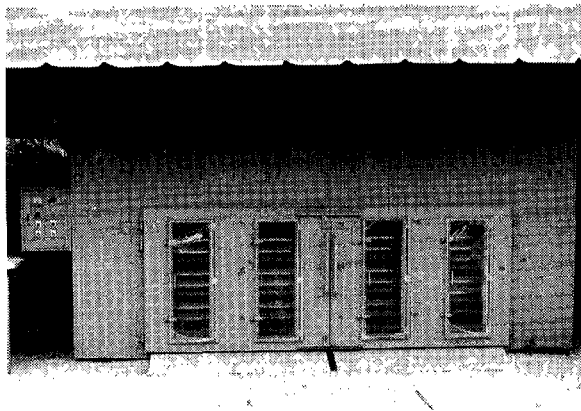


Fig. 3-24. The figure of tunnel dryer

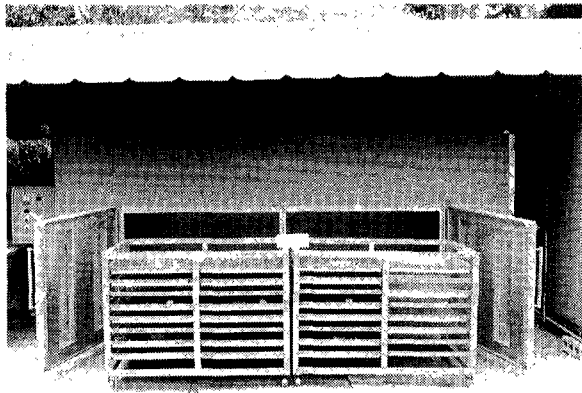


Fig. 3-25. The inner figure of tunnel dryer.

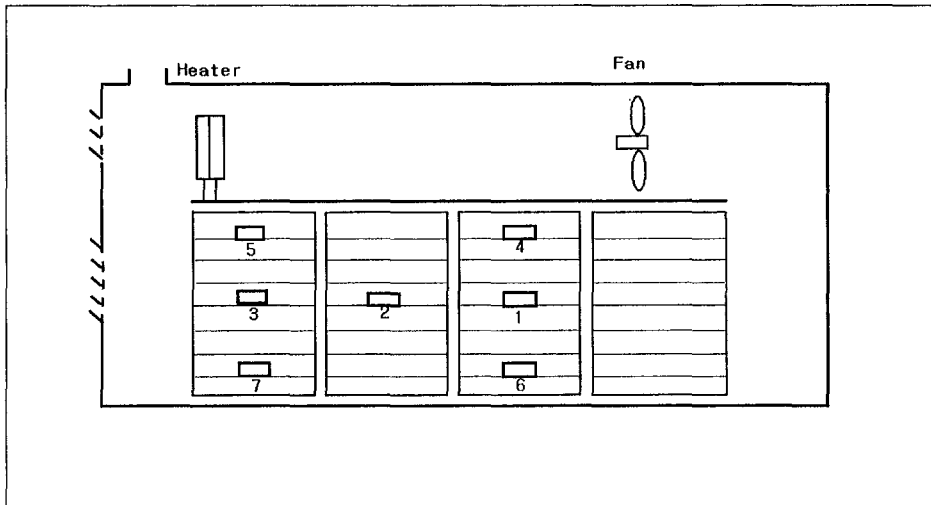


Fig. 3-26 The position of sample and temperature sensor.

다) 고추의 물성

실험에 사용한 고추는 충북 괴산에서 생산된 영웅 품종의 고추로 산지에서 수확된 후 다음날 도착한 고추를 대상으로 물성실험을 실시하였다. 수확 직후 생고추의 함수율을 알아보기 위하여 원형의 고추 30개를 표본으로 취하여 10개 씩 나누어 오븐(oven)에 넣어 90℃ 온도에서 24시간 동안 건조시켰다. 건조실험 결과와 특성들은 표 3-10과 같으며 평균 함수율은 84.05%w.b.로 나타났다.

Table 3-10. The moisture content of red pepper

	Weight of fresh (g)	Weight of dried (g)	Moisture content (%, w.b)
Sample 1	197.14	32.70	83.42
Sample 2	218.53	34.88	84.04
Sample 3	205.75	31.50	84.69
Mean	20.7 (1EA)	3.3 (1EA)	84.05

또한, 고추의 꼭지, 과피, 씨의 세 부분에 대한 부위별 무게를 알아보기 위하여 10개의 표본을 취하여 조사하였다. 건조 전후의 각 부위별 무게와 그 비율은 표 3-11과 같다.

Table 3-11. The weight ratio of each part to the whole red pepper

Variety	Total	Stem	Pericarp	Seed
Fresh	197.14 g (100 %)	8.98 g (4.56 %)	172.02 g (87.26 %)	16.14 g (8.19 %)
Dried	32.70 g (100 %)	1.78 g (5.44 %)	21.72 g (66.42 %)	9.2 g (28.13 %)

라) 건조 실험방법

건조실험은 고추시료를 그림 3-25와 같이 처음 6개의 트레이를 제외한 나머지 18개의 트레이에 한 트레이당 3kg의 고추를 담아 함수율이 15% w.b. (17% d.b)에 도달할 때까지 건조하였다. 처음의 6개 트레이가 있는 부분에서는 높이에 따른 풍속의 편차가 심하고 다른 부분들과의 차이도 커서 제외하였다. 또한 시간에 따른 함수율의 변화를 알아보기 위하여 7개의 위치에 18×20×3cm 크기의 시료상자를 두고 30분마다 무게를 측정하였다. 이 무게 변화량을 이용하여 함수율 변화를 계산하였으며 또한 무게변화를 측정하기 위한 그림 3-26과 같은 7개의 시료와 동일한 위치에 온도센서를 설치하여 건습구 온도를 측정하였고 5초 간격으로 읽어들이며 6회 평균한 값을 30초마다 저장하였다.

본 실험에서는 절단한 고추와 천공한 고추에 대해 건조실 내부로 들어가는 공기의 건조온도를 70℃, 80℃, 90℃로 보정하여 건조실험을 실시하였고, 원형고추에 대해서는 80℃의 건조온도에 대해서만 건조실험을 하였다. 풍속은 위치에 따라서 차이가 있었는데 가운데 높이의 트레이 사이에서 바람의 진행방향에 따라 1.5m/s, 1.2m/s, 0.8m/s로 차이가 났다. 이는 트레이 사이의 공간에 비해 벽면이나 천정, 바닥 부분과 트레이 사이의 공간이 상대적으로 넓어 바람이 진행하면서 송풍저항이 적은 쪽으로 집중되는 현상 때문에 나타난 결과라고 사료된다. 이로 인하여 바람의 진행방향에 따라 고추의 건조속도가 차이를 보였다. 고추를 건조하는 동안 배기구는 완전히 열어 놓아 30% 정도의 공기는 빠져나가고 70% 정도의 공기는 재순환되게 하였다.

건조실험 후 각 전처리 방법과 건조온도에 대해서 건조 소요시간과 에너지 소모를 분석하였다. 건조 소요시간은 최종함수율이 15% w.b.(17% d.b)이하로 떨어질때까지의 시간으로 하였고 에너지 소모는 LPG의 소모량을 가지고 계산하였다. 건조된 고추의 품질평가 방법으로는 건조 후 고추의 표면색도와 고춧가루(30 mesh)로 제분하여 색도를 분석하였다. 색도분석은 색차계(colorimeter)의 L*, a*, b* 값을 이용하였다.

2) 실험 결과 및 고찰

가) 전처리 방법 및 건조온도에 따른 건조특성 분석

원형고추와 천공 및 절단된 고추에 대해 건조온도에 따른 건조시간과 에너지 소요량 및 최종함수율을 분석하였다. 건조 소요시간은 최종 함수율이 15% w.b.에 도달할 때까지의 시간으로 하였으며 에너지 소요량은 건조에 사용된 LPG의 소모량으로 하였고 최종함수율은 가운데 높이에 있는 3위치에서의 평균값으로 하였다.

표 3-12는 전처리 방법들(원형, 천공, 절단)과 건조온도(70℃, 80℃, 90℃)에 따른 건조시간과 에너지 소요량 및 최종 함수율을 나타낸 것이며 그림 3-27에서 그림 3-39는 이들에 대한 건조곡선을 나타낸 것이다. 그림 3-27은 절단고추를 80℃ 건조온도에서 건조했을 때의 건조곡선이고 그림 3-28은 이때의 건습구 온도의 분포를 나타낸 것이다. 건조공기의 진행 방향에 따라 건조 속도의 차이가 나타나는데 그 원인은 주로 트레이 사이를 지나는 공기의 이동 속도가 느려지기 때문인 것으로 생각된다. 물론 열풍이 트레이 사이를 이동하면서 고추의 증발 잠열로 인하여 열을 빼앗기기도 하지만 온도분포를 살펴볼 때 위치에 따른 온도차는 2~3℃에 불과하다.

이 문제를 해결하기 위해서는 건조 공기를 다른 곳으로 새어 나가지 않게 하고 트레이 사이로만 균일하게 빠져나가게 한 다음 풍량을 충분히 가한다면 전체적으로 균일한 건조 속도를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 이 실험에서는 건조기의 구조자체를 변경하기가 힘들어 건조 중에 트레이의 위치를 한번 바꾸어 주었다. 첫 번째 열의 트레이에 있는 시료의 함수율이 150~200%d.b.가 되었을때 첫 번째 열에 있는 트레이와 세 번째 열에 있는 트레이의 위치를 서로 바꾸어 전체적으로 균일하게 건조되도록 하였다.

그림 3-29와 3-30은 절단고추를 80℃에서 건조할 때 상하 높이에 따른 함수율 변화를 나타낸 것이다. 송풍팬에서 가까운 쪽에서는 원심력으로 인하여 아래쪽의 풍속이 커지는 현상 때문에 하층의 건조속도가 빠르게 나타나고 있으며 출구 쪽에서는 하

층의 건조속도가 다소 느리게 나타나고 있다. 그림 3-30과 3-31은 절단고추를 70℃와 90℃에서 건조할 때 열풍의 진행위치에 따른 함수율변화를 나타내었다.

그림 3-33는 절단고추에 대해 건조온도(70℃, 80℃, 90℃)에 따른 건조곡선을 비교하여 나타내었고 그림 3-34에서 그림 3-36은 천공고추에 대한 건조곡선을 건조온도별로 나타내었고 그림 3-37에서는 천공고추에 대해 건조온도(70℃, 80℃, 90℃)에 따른 건조곡선을 비교하여 나타내었다. 그림 3-38에서는 원형고추에 대한 건조 곡선을 나타내었고 그림 3-39에서는 80℃ 건조온도에서 전처리 방법(절단, 천공, 원형)에 따른 건조곡선을 나타내었다.

건조실험 결과 생고추를 3등분으로 절단하여 건조했을 때에 원형의 고추를 건조한 것보다 3~3.5배 건조시간이 빠르며, 천공한 고추는 원형고추보다 2~2.5배 빠른 것으로 나타났다.

Table 3-12. Drying time, energy consumption and final moisture content for fresh red pepper with various pre-treatments and drying temperatures

pre-treatment	drying temp. (°C)	drying time (min)	energy consump. (kg)	final MC (% db)
whole	80	720	12.3	20.90
punched	70	540	7.8	20.60
	80	480	7.9	14.97
	90	360	8.2	18.91
cut	70	480	6.5	19.00
	80	360	7.5	12.60
	90	300	7.2	10.88

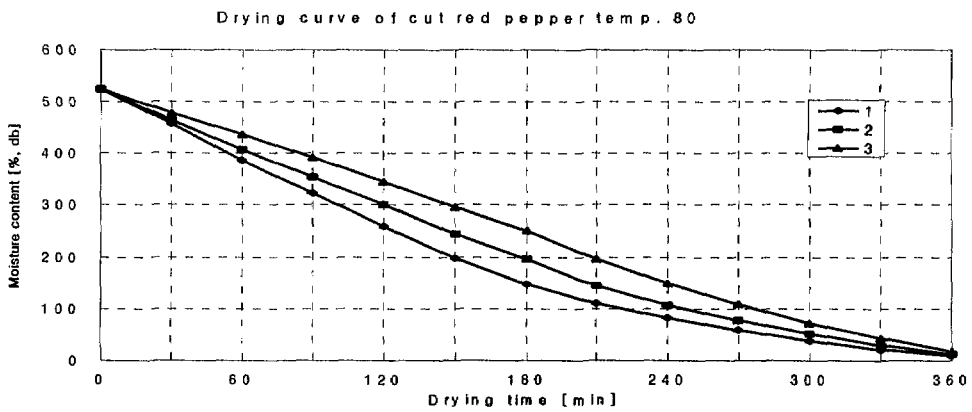


Fig. 3-27. Drying curves of cut red pepper at temperature of 80°C.

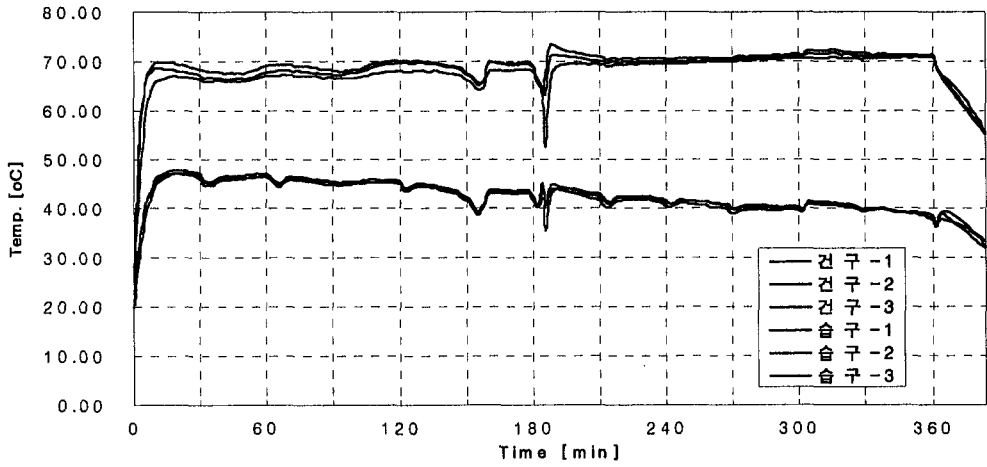


Fig. 3-28. Temperature distribution of cut pepper with various positions at temp. of 80°C.

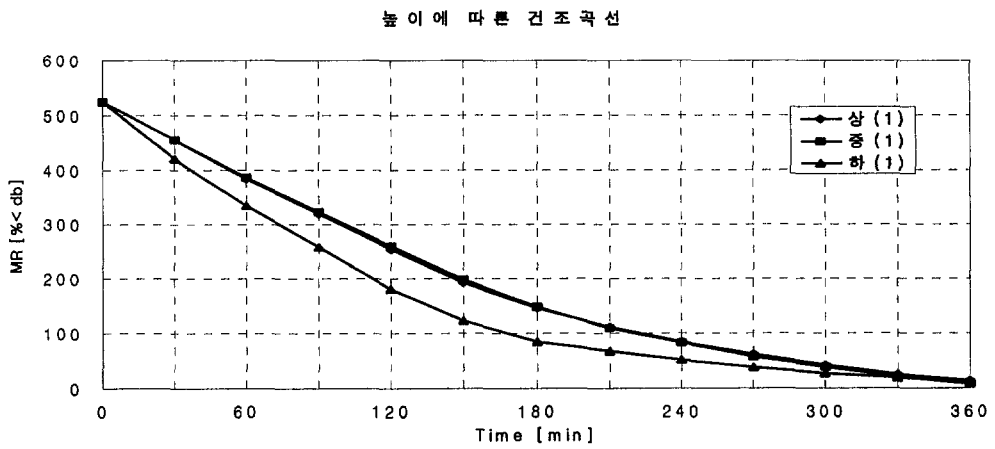


Fig. 3-29. Drying curves of cut red pepper with various heights at temperature of 80°C.

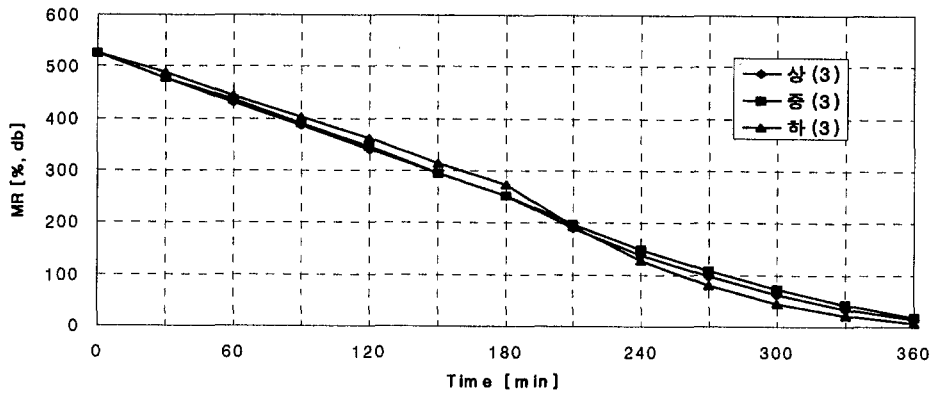


Fig. 3-30 Drying curves of cut red pepper with various heights at temperature of 80°C.

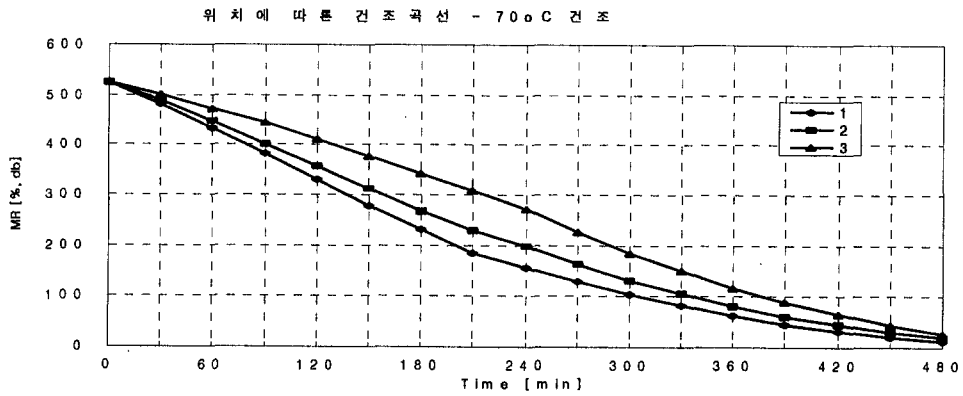


Fig. 3-31. Drying curves of cut red pepper with various positions at temperature of 70°C.

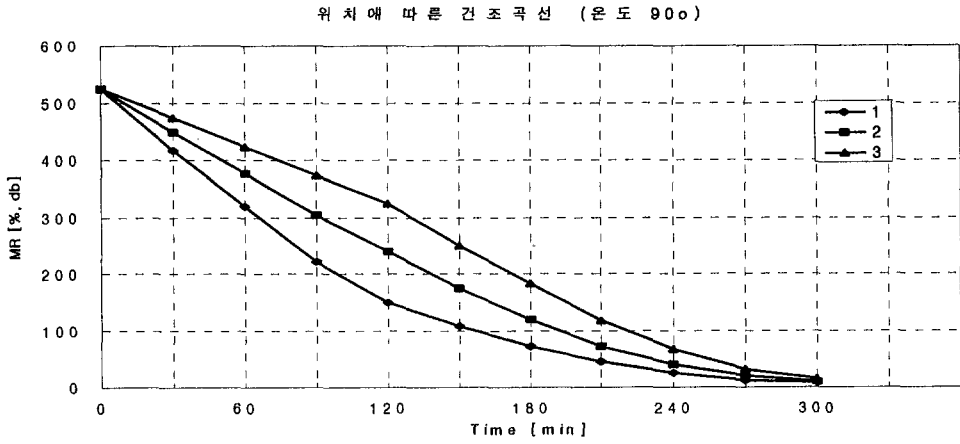


Fig. 3-32. Drying curves of cut red pepper with various positions at temperature of 90°C

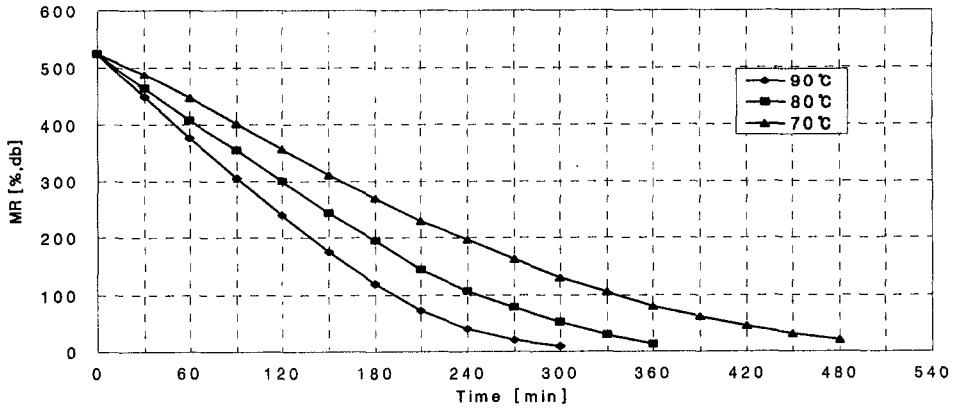


Fig. 3-33. Drying curves of cut red pepper with various drying temperatures

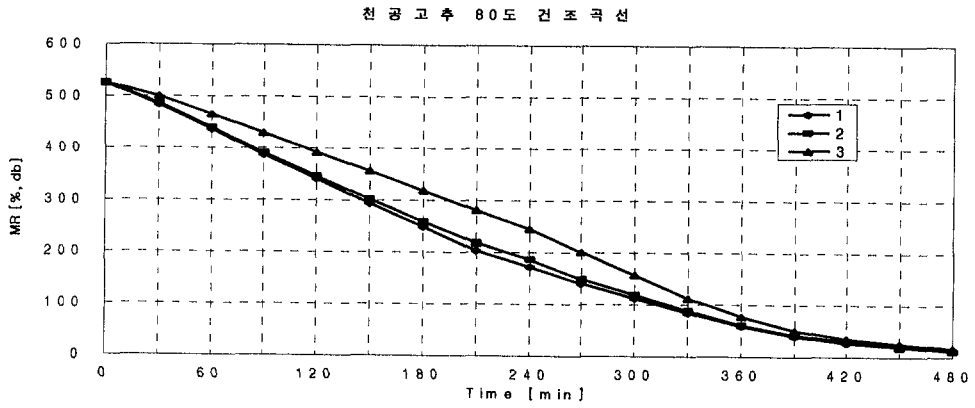


Fig. 3-34. Drying curves of punched red pepper with various positions at temp of 80°C

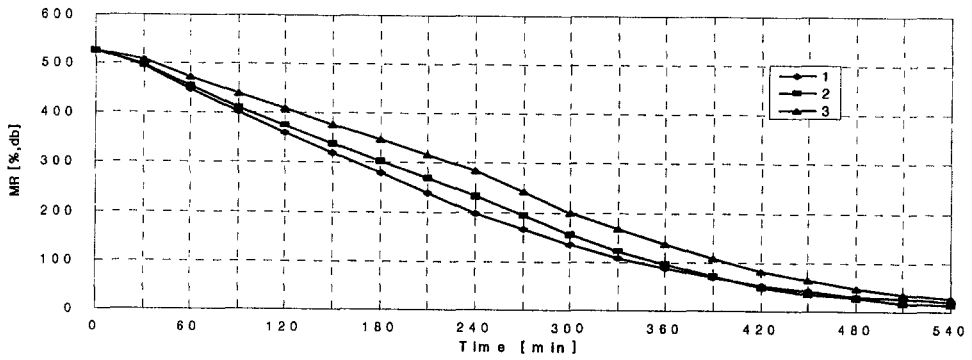


Fig. 3-35. Drying curves of punched red pepper with various positions at temp. of 70°C

천공고추 90도 건조곡선

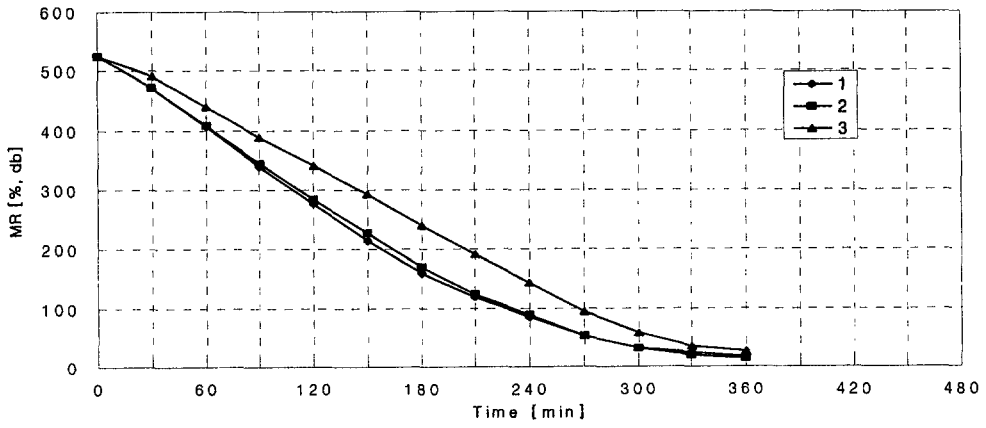


Fig. 3-36. Drying curves of punched red pepper with various positions at temp of 90°C

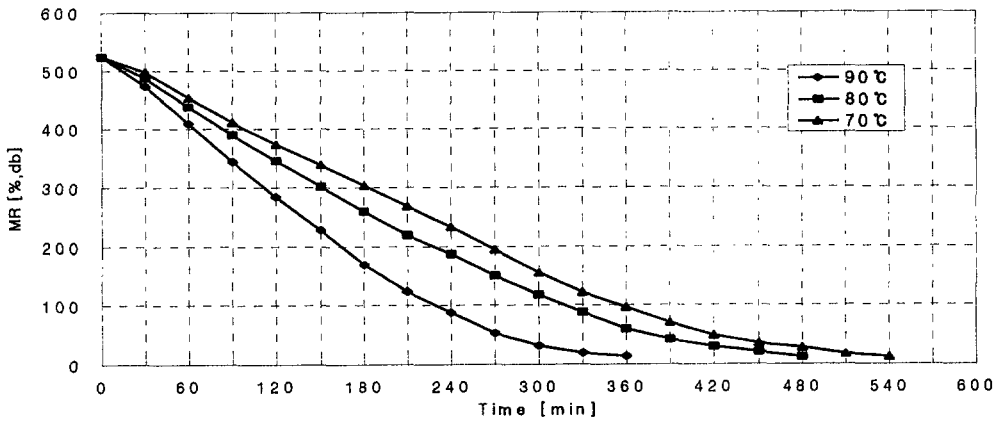


Fig. 3-37. Drying curves of punched red pepper with various temperatures

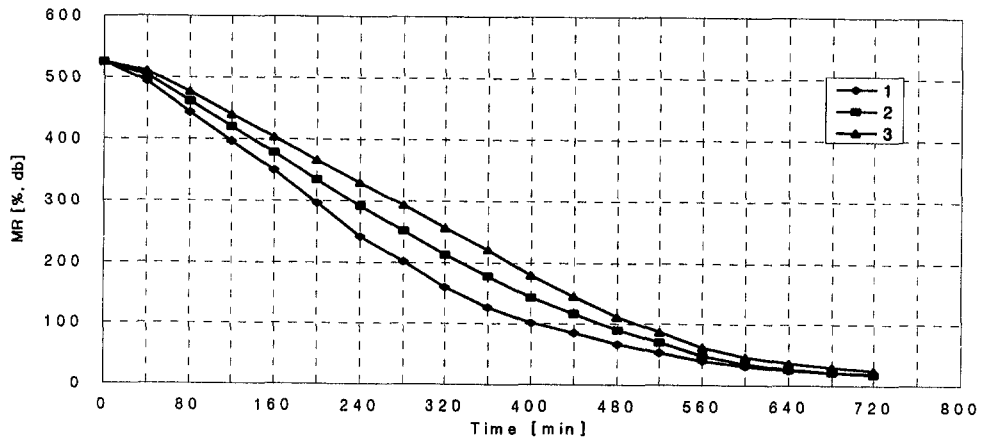


Fig. 3-38. Drying curves of whole red pepper with various positions at temp. of 80°C

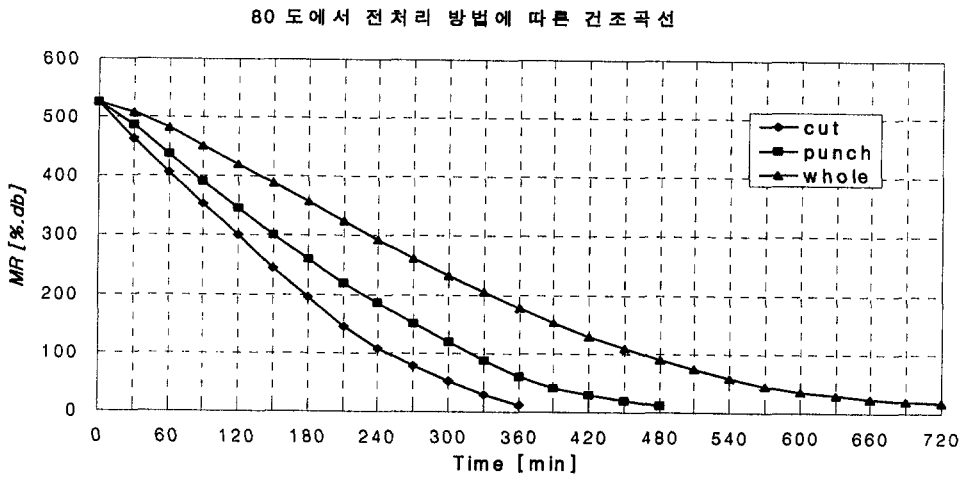


Fig. 3-39. Drying curves of red pepper with various pre-treatments at temp. of 80°C

나) 전처리 방법 및 건조온도에 따른 품질 분석

건조 후 고추의 품질은 크게 색상과 맛 두 가지에 의해 나타날 수 있다. 색상은 매운 맛을 내는 capsaicin의 함량에 따라 결정되고 색상은 붉은 정도를 가지고 판별할 수 있다. 지난해에 수행했던 예비실험 결과 같은 품종에 대해 신미 성분은 전처리 방법이나 건조 온도에 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타나 본 실험에서는 색상만을 가지고 품질을 분석하였다. 고추는 고온에서 건조할수록 그리고 건조시간이 길어질수록 색상이 검어지는데 건조시간을 단축시키고 좋은 색상을 얻기 위하여 여러 전처리 방법들을 비교하여 분석하였다.

건고추의 색도는 색차계를 이용하여 L^* , a^* , b^* 값을 측정하여 나타내었다. L^* 값은 밝기를 나타내고 a^* 값은 붉은 색의 정도를, b^* 값은 노란색의 정도를 나타낸다. 표 3-13에서부터 표 3-16까지는 전처리 방법 및 건조온도에 따른 색도를 건조 후 건고추 시료의 표면을 대상으로 측정한 값과 30 mesh의 입자 크기로 제분하여 측정된 값을 나타내었다. 건고추를 제분하여 색도를 측정할 때 꼭지와 씨는 제외하고 과피만 제분하여 색도를 측정하였다.

표 3-14에서는 절단한 고추에 대하여 건조된 고추의 표면 색도와 고춧가루의 색도를 각각 3개의 표본에 대해서 나타내었고, 표 3-15에서는 천공고추에 대해 같은 방법으로 색도를 나타내었으며, 표 3-16에서는 원형고추에 대해 태양건조와 터널건조기 및 배치식 건조기로 건조했을 때의 색도를 비교하여 나타내었다. 표 3-13의 결과들은 전처리 방법 및 온도에 따라 각각 3개의 표본을 채취하여 그 결과들을 평균하여 나타낸 것이다.

표 3-13의 결과들을 살펴볼 때 건조된 고추시료의 표면색도에 비해 고춧가루로 제분하여 측정된 색도가 더 높게 나타나고 있지만 전처리 방법이나 온도에 대한 경향은 일치하고 있다. 이 결과들은 작년에 했던 기초 실험과도 일치하고 있는데 절단한 고추의 색도 L^* 값과 a^* 값은 태양열로 건조한 값과 근사하게 나타나고 있다. 특히 절단 고추를 70℃에서 건조했을 때 고춧가루의 색도 a^* 값은 태양열로 건조한 값보다 높게 나타나고 있다. 또한 건조된 고추의 표면도와 고춧가루로 제분한 색도를 비교해 보면

고온일수록 색도차가 크게 나타나는데 이는 고온일 경우 건조시간이 짧기 때문에 고온에 직접 노출되어 색깔변화가 쉬운 표면에 비해 고추 내부는 색깔의 변화가 적다고 판단된다. 이에 반해 저온일 경우는 건조시간이 길기 때문에 고추의 표면과 내부의 색깔 변화가 비슷하게 이루어진다는 사실을 알 수 있다.

Table 3-13. Color values of the surface of dried red pepper and powdered red pepper

Pre-treatment	Drying temp. (°C)	Color value of dried pepper			Color of powdered red pepper (30 mesh)		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
Whole	Sun drying 80 (Tunnel) batch dryer	30.30	14.45	6.79	36.94	26.74	25.09
		27.36	8.45	3.88	34.55	22.02	21.50
			-		33.84	21.84	19.94
Punched	70	29.41	19.11	8.12	34.21	24.80	20.61
	80	29.62	15.89	7.87	34.74	23.87	22.07
	90	27.58	9.64	5.26	33.88	21.70	19.68
Cut	70	34.81	24.32	11.25	35.96	26.93	23.22
	80	33.53	20.32	9.10	36.76	25.99	23.95
	90	31.72	15.74	6.17	36.08	25.55	24.16
Fresh	-	19.43	14.84	12.87		-	

Table 3-14. Color value of cut red pepper

Drying temp. (°C)	Sample No.	Color value of dried pepper			Color of powdered red pepper (30 mesh)		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
70	Sample 1	34.46	24.59	11.59	36.36	26.22	23.10
	Sample 2	36.74	27.69	14.03	35.96	26.93	23.22
	Sample 3	33.24	20.68	8.13	39.39	29.85	26.28
	Mean	34.81	24.32	11.25	37.24	27.67	24.20
80	Sample 1	33.11	20.48	8.74	36.64	25.19	22.86
	Sample 2	33.59	17.66	7.96	36.76	25.99	23.95
	Sample 3	33.89	22.83	10.60	37.56	26.40	24.89
	Mean	33.53	20.32	9.10	36.99	25.86	23.90
90	Sample 1	31.61	18.27	7.50	36.77	25.82	23.59
	Sample 2	31.93	12.41	4.66	36.08	25.55	24.16
	Sample 3	31.63	16.55	6.34	34.66	22.65	21.49
	Mean	31.72	15.74	6.17	35.84	24.67	23.08

Table 3-15. Color value of punched red pepper

Drying temp. (°C)	Sample No.	Color value of dried pepper			Color of powdered red pepper (30 mesh)		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
70	Sample 1	30.37	22.02	9.17	34.35	24.22	19.42
	Sample 2	27.73	17.20	7.48	33.46	24.62	19.03
	Sample 3	30.13	18.12	7.71	34.82	25.55	23.39
	Mean	29.41	19.11	8.12	34.21	24.80	20.61
80	Sample 1	26.67	14.45	6.39	35.18	24.73	23.95
	Sample 2	30.73	16.80	9.44	35.23	23.14	19.98
	Sample 3	28.47	16.41	7.77	33.80	23.75	22.27
	Mean	29.62	15.89	7.87	34.74	23.87	22.07
90	Sample 1	25.78	6.97	3.03	33.67	21.13	18.76
	Sample 2	27.40	12.53	6.13	34.12	22.14	20.35
	Sample 3	29.56	9.43	6.63	33.84	21.84	19.94
	Mean	27.58	9.64	5.26	33.88	21.70	19.68

Table 3-16. Color value of whole red pepper

Drying temp. (°C)	Sample No.	Color value of dried pepper			Color of powdered red pepper (30 mesh)		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
Tunnel dryer	Sample 1	26.90	10.87	4.38	34.78	22.04	21.67
	Sample 2	25.63	5.05	1.59	34.28	22.20	21.54
	Sample 3	29.54	9.43	5.67	34.58	21.81	21.29
	Mean	27.36	8.45	3.88	34.55	22.02	21.50
Sun drying	Sample 1	30.02	14.87	6.58	37.56	26.40	24.89
	Sample 2	30.64	13.72	7.29	36.74	26.99	25.62
	Sample 3	30.25	14.76	6.49	36.51	26.83	24.76
	Mean	30.30	14.45	6.79	36.94	26.74	25.09
Batch dryer			-	33.84	21.84	19.94	
Fresh		19.43	14.84	12.87		-	

다) 전처리 방법 및 건조온도에 따른 에너지 소요량 및 비용 분석

기존의 농가에서 사용하는 배치식 건조기는 대부분이 경유를 사용하여 열을 얻고 열교환기를 통해 더워진 공기를 송풍시키는 방식을 취하고 있다. 그러나 본 실험에서는 LPG를 원료로 하여 공기를 가열하여 직접 송풍시키는 방식을 취하여 열효율을 높이고자 하였다.

표 3-17에서는 기존 농가에서 사용하고 있는 배치식 건조기와 본 실험에서 사용한 터널식 건조기를 대상으로 하여 에너지 소요량과 비용을 비교해 보았다. 배치식 건조기에 대한 자료는 신흥기업에서 고추건조용으로 제작된 1평과 2평의 배치건조기에 대해 농촌진흥청 농기계 시험 검사 자료를 이용하였다. 터널건조기의 경우 각 전처리

방법에 대해 80℃의 건조온도를 기준으로 하였다. 에너지의 건조효율은 경유의 경우에는 1l 당 수분 증발량으로 계산하였고 LPG의 경우에는 1kg 당 수분 증발량으로 계산하였다. 에너지의 건조비용은 수분 10kg을 증발시키기 위한 비용으로 계산하였다. LPG와 경유의 가격은 현재 유통되고 있는 가격으로 하였다. 경제적인 측면에서 볼 때 절단 및 천공의 전처리를 한다면 LPG를 사용하는 것이 경유를 사용하는 기존의 방법보다 더 효율적이라는 결과가 나왔다.

기존의 경유를 사용하는 배치식 건조기는 수분 10kg을 증발시키기 위해 1,402~1,559원이 소요되지만 LPG를 사용하여 고추를 절단처리하여 건조하면 1,277원이, 천공처리하여 건조하면 1,364원이 소요된다. LPG를 이용한 터널건조기의 건조비용을 배치식 건조기의 건조비용과 비교해 볼 때 터널건조기에서 절단고추를 건조할때는 배치식건조기에 비해 82~91%의 비용이 소요되고, 천공고추를 건조할때는 87~94%의 비용이 소요되며 원형의 고추를 건조할때는 113~126%의 건조비용이 소요된다.

Table 3-17. Energy efficiency and energy cost

		Capacity (kg)	Drying time	Fuel consumption	Drying efficiency	Drying cost (won/10kg-H ₂ O)
Batch dryer	min	440	30 hr	4.7 l/hr	2.18 kg-H ₂ O/l	1559
	max	570	35 hr	4.7 l/hr	2.43 kg-H ₂ O/l	1402
Tunnel dryer	cut	55	6 hr	1.25 kg/hr	4.7 kg-H ₂ O/kg	1277
	punch	55	8 hr	1.0 kg/hr	4.4 kg-H ₂ O/kg	1364
	whole	55	12 hr	1.0 kg/hr	3.4 kg-H ₂ O/kg	1765

(LPG 1 kg = 600원, 경유 1 l = 340원)

다. 가공용 고추원료 2차 건조 시스템 개발

1) 서론

고추 주산지의 대형 고춧가루 가공공장에서 사용되는 건고추 원료는 아직도 농가단 위 소형 고추 열풍건조기와 태양열을 이용한 비닐하우스 건조장을 이용하여 생산되고 있어 건조시간이 길고 건조비용과 많은 노동력이 요구되고 있다. 그리고 복잡한 건고추의 유통단계는 원료비용을 증대시키며 유통과정에서 흙, 먼지 등의 이물질에 오염되거나 품질변화가 일어나기 쉬워 고춧가루 공장에서 양질의 원료수급이 어려워진다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 고춧가루 가공공장이나 산지 고추 집하장 등에서 가공용 고추원료를 효율적으로 대량 건조할 수 있는 새로운 가공용 고추원료 건조 시스템의 개발이 요구되고 있다. 본 연구에서는 앞서 생고추의 전처리에 따른 건조특성에 관한 기초연구와 1차 건조시스템인 소형 LPG 터널 건조기 시작품의 설계 및 건조

실험 결과를 토대로 생고추의 건조효율과 품질을 높이며 건조물량을 대량으로 처리할 수 있는 LPG 터널 건조기를 이용한 대형 가공용 고추원료 건조시스템의 시작품을 설계제작하고 건조실험을 통하여 새로운 가공용 고추원료 건조방법과 건조 시스템을 제시하고자 하였다.

2) 실험재료 및 장치

가) 실험재료

본 실험에 사용된 재료는 98년 충북 괴산산 생고추로 영웅, 풍촌, 부광 품종의 고추를 사용하였다. 시료는 수확된 다음 날 골판지로 제작된 20kg 들이 포장용 박스상태로 구입하여 -2℃의 저온 저장고에 보관하여 품질의 변화를 최소화하였다. 생고추 시료의 함수율은 원형상태의 고추를 105℃ dry oven에서 24시간 동안 건조하여 측정하였으며 평균 함수율은 83%w.b. 였다. 실험에 사용된 고추시료는 건조속도와 품질을 향상시키기 위해서 전처리를 하였으며, 전처리 방법으로는 건조 온도에 대한 품질 변화와 대차교환에 대한 건조특성과 품질을 알아보기 위한 실험에서는 꼭지를 제거한 후 수작업으로 3등분하였고, 연료 소비율을 측정하는 실험에서는 꼭지를 제거하지 않고 생고추 시료절단기를 사용하여 절단하였다. 실험에 사용된 시료 총 중량은 1,700 kg이었다.

나) 실험장치

(1) 가공용 고추원료 건조 시스템 2차 시작품 설계

건조시스템을 설계하는 데 있어 1차 시작품의 문제점을 보완하며 건조효율은 높이는 방안으로 시스템을 구성하였으며, 실제 공장에서 사용하는 크기로 설계하였다. 가공용 고추건조기 시작품의 문제점으로는 버너에서 가열된 공기가 180° 회전하여 건조

물에 도달하므로 열손실이 많고 위치에 따른 유속의 편차가 심하며 송풍팬의 용량 부족에 따른 위치별 건조 속도차가 발생하며 건조기 내벽과 건조대차의 간격이 크므로 열풍의 손실과 건조시간의 증가가 예상되어 이들의 문제점들을 보완하여 충분한 송풍량의 확보 및 건조기 내벽과 건조대차의 틈새의 최소화 등이 고려되었다.

- 설계 착안사항

- 충분한 송풍량 확보
- 건조기와 건조대차와의 공기손실 최소화
- 실제 공장용 건조기 크기로 제작

- 터널건조기 설계

- 공급에너지

터널건조기 내에서 에너지 평형을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{공급 열에너지} = \text{고추의 온도상승} + \text{수분의 증발잠열} \\ + \text{배출공기의 열에너지} + \text{열손실}$$

여기서 고추의 온도 상승과 수분의 증발 잠열만 고려한다면 다음 식과 같다.

$$\dot{Q} = mC_m \frac{dT_m}{dt} + m_b L \frac{dM_m}{dt}$$

여기서, \dot{Q} : 공급 열에너지(kJ/s)

T_m : 고추의 평균온도 (°C)

M_m : 고추의 평균함수율 (dec. db)

m : 고추의 질량 (g)

m_b : 고추의 건물중량 (g)

C_m : 고추의 비열 (kJ/kg °C)

L : 고추 수분의 증발잠열 (kJ/kg)

(2) 건조시스템의 제작 및 장치의 구성

(가) 건조기

그림 3-40은 건조시스템 시작품의 개략도를 나타낸 것이다. 건조기는 1차 시작기와 같이 LPG를 열원으로 사용하는 버너를 장착하고 있으며, 팬에서 나오는 열풍이 180° 회전하여 건조기에 도달하는 형식으로 설계되었다. 건조기의 크기는 1600W×7600L×3500Hmm의 실제 고춧가루 가공공장에서 사용이 가능한 크기로 제작되었다. 건조실에는 1500W×1700L×1760Hmm의 건조대차가 모두 5개 들어갈 수 있는 크기로 제작되었으며 건조실 바닥에 레일을 장착하여 건조대차가 쉽게 이동할 수 있도록 하였다. 건조기 전체의 골조는 65mm×2mm의 앵글로 제작하고 벽체는 열손실을 최대한 억제하기 위하여 50mm 두께의 단열재가 내장된 샌드위치 패널로 제작하였다. 1차 시작품에서 문제점으로 지적된 건조실 내벽과 건조대차의 틈새를 상·하·좌·우 모두 50mm 이하로 하여 틈새로 빠져나가는 열과 공기의 손실을 최소화하였다. 건조실의 실험시 함수율의 변화를 파악하기 위한 중량의 측정을 위해서 좌·우 각 5개씩 건조대차의 가운데 부분에 시료 채취구를 제작하였다. 버너와 송풍팬 사이의 공간은 버너의 화염이 고온인 점을 고려하여 세라믹올 단열재를 부착하여 단열, 방화처리 하였다. 건조에 사용된 공기를 재순환하기 위해 버너로 들어가는 공기 유입 부위에 사각판 형태의 개폐장치를 부착하여 공기의 일부가 재순환이 가능하도록 하였다.

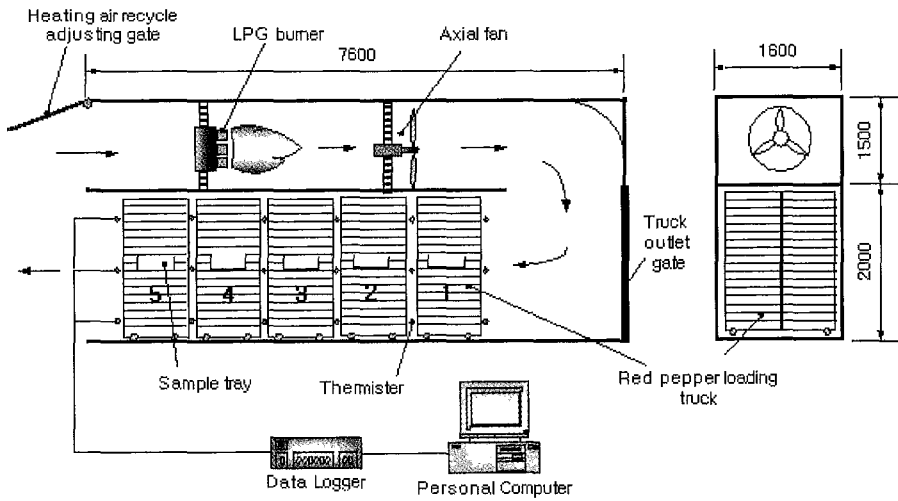


Fig. 3-40. Schematic diagram of the prototype of LPG tunnel dryer

그림 3-41와 3-42는 건조기 시작품 외부 및 내부 모습을 나타낸 것이다.

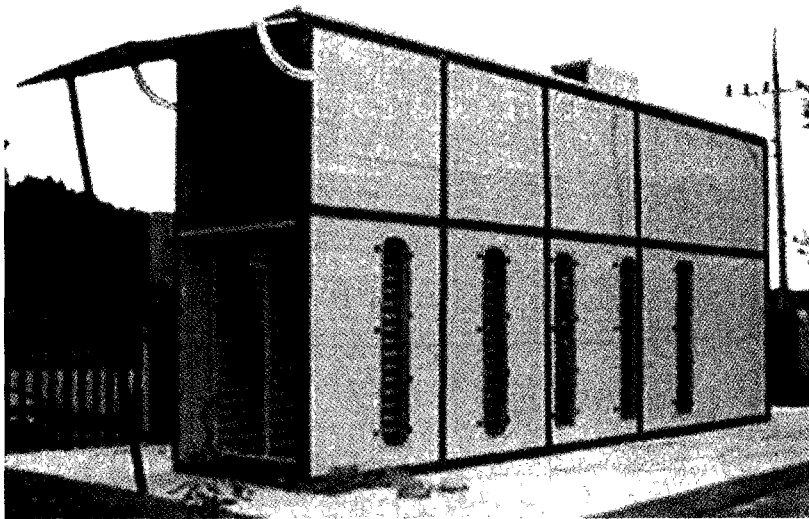


그림 3-41. 가공용 고추 원료 건조 시스템의 외부 모습

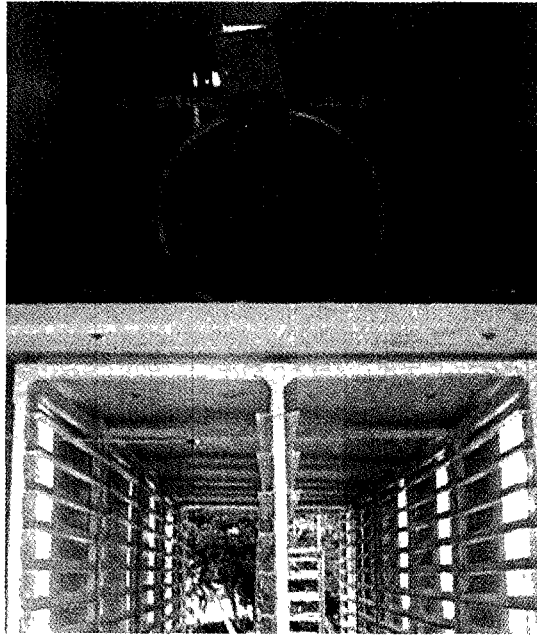


그림 3-42. 건조 시스템의 외부 모습

(나) 건조대차(Drying truck)

건조대차는 $1500W \times 1700L \times 1760H$ mm의 크기로 모두 5개 제작되었으며, 건조대차의 아래에 바퀴를 달아 건조대차의 이동을 쉽게 하였다. 건조대차는 16층으로 구성되며 1층에 2개씩 건조채반을 수용할 수 있으며 모두 32개의 건조채반을 탑재할 수 있다. 그림 3-43은 건조대차와 건조채반을 나타낸 것이다.

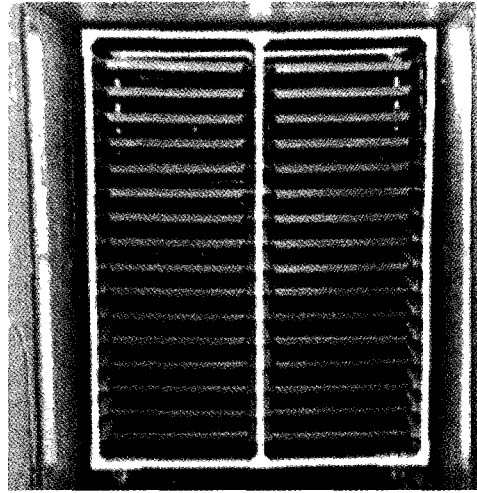


그림 3-43. 건조대차 및 건조채반

(다) 건조채반(Drying tray)

건조채반은 591W×960L×45Hmm의 크기로 스테인레스 다공판으로 구성되며 모두 160개를 제작하여 실험에 사용하였다.

(라) LPG 버너

LPG를 열원으로 사용하여 1개의 버너는 9개의 각각 분리 점화가 가능한 노즐로 구성되어 화력을 조절할 수 있도록 하였다. 9개의 노즐을 모두 점화할 경우 약 300,000 kcal/hr의 열량을 나타낸다. 그림 3-44는 LPG 버너와 송풍팬이며 그림 3-45은 LPG 연료공급장치를 나타낸 것이다. 그림 3-46은 LPG 공급시설 계통도이다.

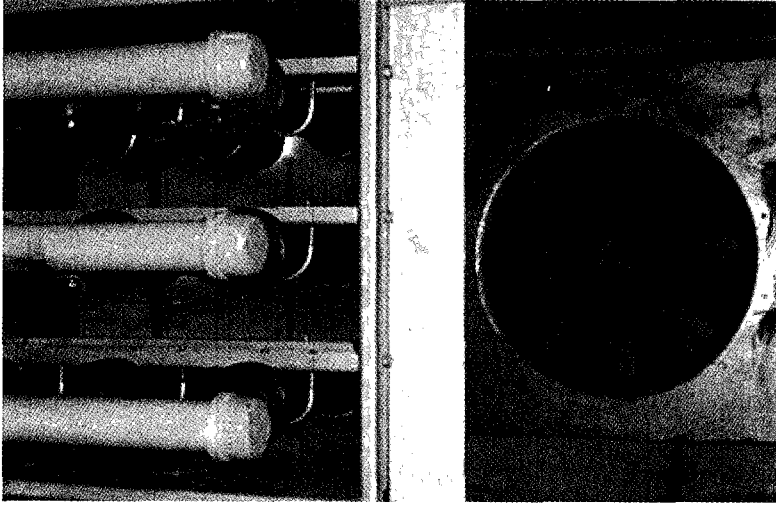


그림 3-44 LPG 버너 및 송풍팬



그림 3-45 LPG 연료 공급 장치

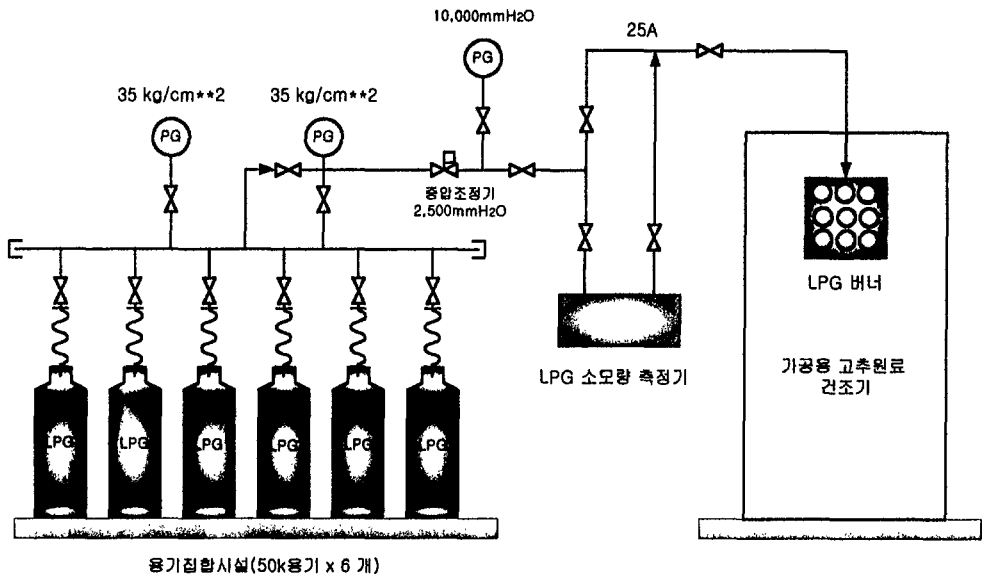


그림 3-46 가공용 고추 원료 건조기 LPG 공급 시설 계통도

(마) 송풍팬

1차 시작품의 문제점으로 지적된 송풍량의 부족을 보완하기 위해서 많은 송풍량을 가지고 있는 축류형(axial type)의 송풍팬을 제작하였고 블레이드는 8개의 날개를 가지고 있다(표 3-18). 팬을 구동시키기 위한 동력으로 3.7kw(5hp)의 3상 380V 전동기를 사용하였고 송풍팬에 도달하는 공기의 온도가 고온인 점을 고려하여 전동기는 건조기 외부에 부착하여 V벨트로 연결하여 송풍팬을 구동하였다. 송풍팬은 정압 15mmAq, 송풍량 300m³/min의 송풍능력을 가지고 있다. 건조실험에 필요한 풍속의 조절을 위해서 건조기 외부에 모터 인버터(모델명 SV037iG-4)를 장착하여 전동기의 회전수를 조절하여 풍속을 조절하였다(표 3-19).

(바) 건조실의 온도측정센서

건조실의 온도를 알아보기 위해서 건조실 내부 6곳에 온도센서를 장착하였다. 장착된 온도센서에서 수집된 온도는 자료수집장치(data logger)를 통하여 컴퓨터에 저장되며 On-line real time으로 온도를 계측할 수 있다.

(사) 풍속의 측정

풍속의 측정은 열성식 풍속계를 이용하여 상온에서 건조대차에 건조채반을 모두 끼운 채로 측정하였다. 측정된 각 위치에서의 공기의 속도와 회전수와의 관계는 표 4-2와 같다.

Table 3-18. Specification of axial fan and inverter.

Fan	Type	Axial
	Flow Rate	300 m ³ /min
	Pressure	15 mmAq
Motor	Type	TEFC
	Capacity	3.7kW
	Voltage	380 V
	No. of Poles	4
Inverter	Model	LG SV037IG-4
	Voltage	380 V

표 3-19. 송풍기 구동 모터 조절에 따른 인버터의 출력 주파수 변화

인버터의 출력 주파수	열풍의 유입구 부근	건조실 중간부	열풍 유출부
60Hz	1.5m/s	1.3m/s	1.0m/s
50Hz	1.3m/s	1.0m/s	0.7m/s
40Hz	1.0m/s	0.7m/s	0.3m/s

(아) 가공용 시료 고추 원료 절단장치 설계 및 제작

가공용 고추 원료의 건조속도를 높이기 위하여 고추 원료를 세척 후 그림 3-47과 같이 고추 절단장치를 이용하여 고추시료를 절단하였다. 그림 3-48은 생고추 절단장치 시작품 개략도이다. 처리용량은 생고추 기준으로 200 kg/hr이며 소요동력은 2 hp이다. 고추원료가 이송 콘베어로 흡퍼에 공급되면 500 rpm 이상으로 고속 회전하는 회전칼날 조합에 의하여 고추가 20~30 mm 크기로 세절된다.

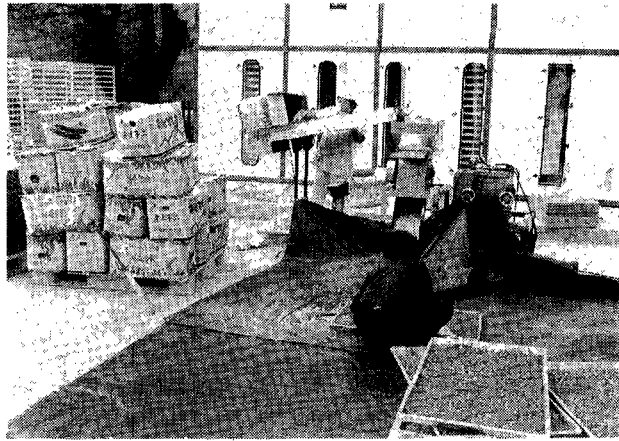


그림 3-47 가공용 생고추 원료 절단 장치를 이용한 시료 절단 작업

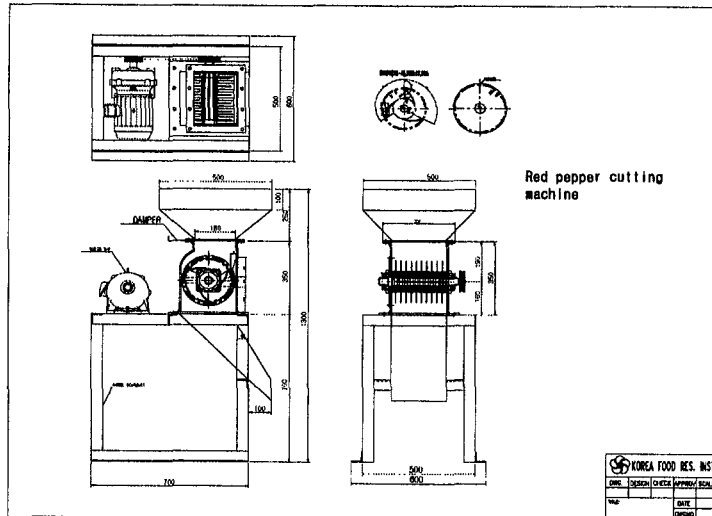


그림 3-48 가공용 생고추원료 절단장치 시제품 개략도

3) 실험방법

본 실험의 주요 목적은 포장에서 수확된 생고추 원료를 고춧가루 가공공장으로 운반하여 세척·절단한 후 LPG사용 열풍식 터널 건조기에서의 건조방식이 기존의 경유를 사용하는 농가형 배치식 건조기와 비교하여 건고추의 품질 및 연료소모율 등이 공장의 원료로서 적합한 것인지를 분석하는데 있다. LPG를 사용하는 직화식 터널 건조기가 가공용 생고추원료 건조장치로서 적합한지 평가하기 위하여 건조온도의 변화와 건조중 일정시간 템퍼링을 하였다. 그리고 건조 대차간의 함수율 편차를 최소화하고자, 건조 중 대차를 교환하는 실험을 하였다. LPG 연료 소비량을 측정하여 건조비용 비교 분석함으로써 고품질의 가공용 건고추 원료의 대량 생산의 가능성을 알아보았다.

(1) 건조온도와 건조대차의 교환에 따른 건조고추의 품질분석

건조 온도에 따른 고추의 품질 변화를 알아보려고 건조된 고추시료의 함수율, 색도, 신미성분 등을 분석하였다. 그리고 현재 농가에서 사용하는 기존의 배치 건조기에서 건조된 건조고추와 품질 차이를 비교하였다. 건조공기의 흐름이 열풍유입구에서 멀어질수록 상대습도는 증가하고 건조공기의 온도와 유속은 떨어지게 된다. 이는 전체 건조물 함수율의 불균일성을 초래하므로 일정시간이 지난후 건조대차를 앞뒤로 교환하여 비교적 전 영역에서 고른 함수율 감소를 나타내도록 하였다.

시료를 채취하는 위치는 각각의 건조대차의 가운데에서 채취하였으며, 중량의 측정에는 1시간 간격으로 하였다. 건조실험 1에서 6까지는 생고추의 건조 특성을 분석하기 위하여 1개의 건조채반에 시료 4kg 씩 모두 15개의 채반에 담아 건조대차의 가운데 부분에 3단으로 배치하였고 이중 가운데 단에서 시료를 채취하였다. 건조는 8시간 동안 진행시켰으며 건조대차를 교환한 경우 4시간 간격으로 교환하였다. 건조대차를 교환후 일정시간 동안 LPG 버너를 점화하지 않으며 상온 공기를 송풍하여 템퍼링을 1시간 하였다. 건조가 끝난 시점에서 각 건조대차별로 함수율은 시료를 105℃ 오븐에 3시간 건조시켜서 측정하였다. 또한 건조실험 7과 8은 시작품 건조기의 건조 처리량과 LPG 소모량을 측정하기 위하여 모든 건조대차와 건조 채반에 고추시료를 600 kg 적재하여 건조실험을 수행하였다.

(2) 시작품 건조장치의 LPG 연료 소모율 측정

현행 경유사용 농가형 배치식 건조기와 LPG 사용 터널 건조기와의 건조소요비용을 비교하기 위한 실험으로 건조실험 7과 8은 건조온도와 건조시간의 변화에 따른 시작품 건조기의 LPG 연료소모량, 건조시료의 함수율, 색도 및 신미성분 등을 측정하였다. LPG의 소모량의 측정은 LPG 유량 측정기를 장착하여 LPG의 소모량을 부피(m³)로 측정한 후 이를 kg으로 환산하였다.

(3) 고춧가루의 품질분석

건조된 고추시료는 분쇄하여 고춧가루로 만든 후 30mesh의 일정한 입도의 고춧가루를 취하여 색도를 측정하였고 신미성분(capsaicinoid)의 함량을 분석하였다. 색도 측정에 사용한 spectrophotometer는 미국 macbeth사의 Color - Eye 310으로 CIE색도 기준의 L*, a*, b*의 값을 측정하였다. 이때 L*는 고춧가루 색의 밝기를, a*는 붉은 색의 정도를 b*는 노란색의 정도를 나타낸다.

4) 실험결과 및 고찰

(1) 건조 온도에 따른 고추의 함수율과 품질 분석

절단된 고추를 건조온도, 70℃, 75℃, 85℃와 건조방법, 2단 건조, 대차 교환, 대차 무교환 등으로 하였을 때의 시료의 함수율과 각각의 품질을 분석하였다. 표 3-20는 가공용 건조 시스템 시작품의 건조 실험별 건조시간 및 건조대차별 최종 함수율을 나타낸 것이다. 그림 3-49에서 그림 3-51까지는 각 건조 실험별 함수율 변화이며 그림 3-52는 건조기 내부의 온도분포를 나타낸 것이다.

표 3-20. 가공용 고추건조 시스템(LPG 열원 터널 건조기)의 건조실험별 건조시간 및 최종 함수율

Drying experiment	Drying temp. (°C)	Drying time (hr)	Energy consump. (LPGm ³)	Final MC(% , wb)				
				1*	2*	3*	4*	5*
Exp 1	75	8	-	6.42	10.69	39.08	41.48	40.87
Exp 2	85+75	9	-	8.84	25.26	45.48	28.10	24.35
Exp 3	85+75	9	-	10.69	20.46	38.55	33.33	22.90
Exp 4	75	9	-	8.39	12.05	27.79	23.51	19.08
Exp 5	75	9	-	18.92	27.58	32.50	31.72	33.67
Exp 6	75	9	-	7.81	11.93	12.29	13.94	13.35
Exp 7	75	11	39.178	6.33	8.65	12.33	13.10	10.88
Exp 8	85+75	9	36.139	8.76	31.62	37.33	30.20	12.96

- * N : No. of drying truck, N : 1~5
- * Exp 1은 drying truck의 교환 없이 50Hz의 조건에서 건조
- * Exp 2 ~ Exp 6, Exp 8은 4시간 건조 후 drying truck을 교환하고 1시간 tempering. drying time에 tempering time 포함
- * Exp 7은 5시간 건조 후 drying truck을 교환하고 1시간 tempering. drying time에 tempering time 포함
- * Exp 2는 85°C, 50Hz의 조건에서 2시간 건조 후 75°C, 50Hz의 조건으로 건조
- * Exp 3은 85°C, 50Hz의 조건으로 1시간 건조 후 75°C, 50Hz의 조건으로 3시간 건조 후 drying truck을 교환하고 85°C, 50Hz의 조건으로 1시간 건조 후 75°C, 50Hz의 조건으로 3 시간 건조
- * Exp 4는 75°C, 50Hz의 조건으로 4시간 건조 후 75°C, 40Hz의 조건으로 건조
- * Exp 5, Exp 6은 75°C, 40Hz의 조건으로 4시간 건조 후 75°C, 40Hz의 조건으로 건조
- * Exp 7은 Exp 4와 같은 실험 조건
- * Exp 8은 Exp 3과 같은 실험 조건
- * Exp 7, Exp 8은 energy consumption을 알아보기 위한 실험
- * 각 실험에서 Hz는 송풍팬 구동 모터 풍량 조절을 위한 모터 인버터 주파수 표시임

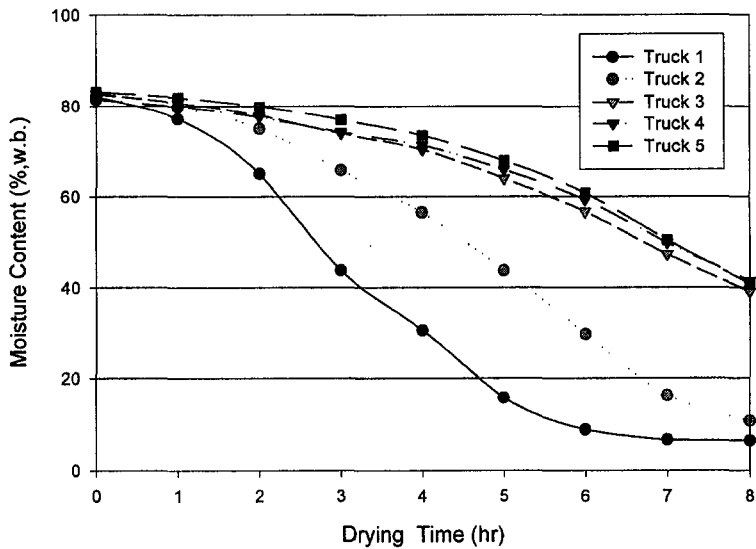


Fig. 3-49. Drying curves of cut red pepper (Exp. 1, drying temperature 75°C, drying truck not exchanged)

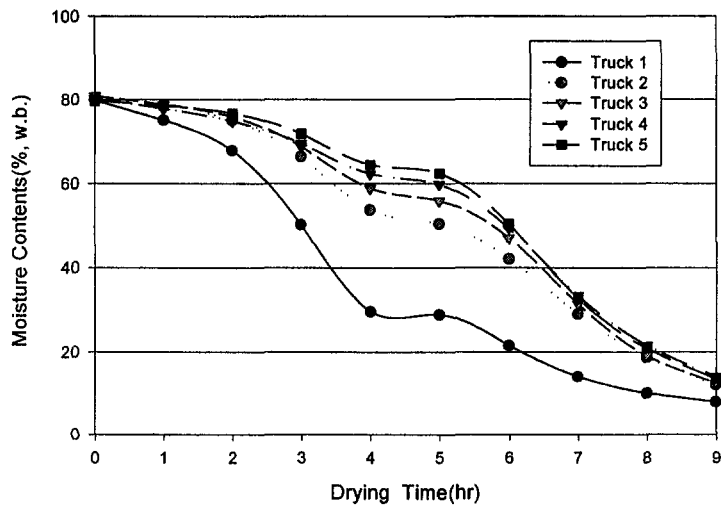


Fig. 3-50. Drying curves of cut red pepper (Exp. 6. drying temperature 75°C tempering time 1hr, drying truck exchanged)

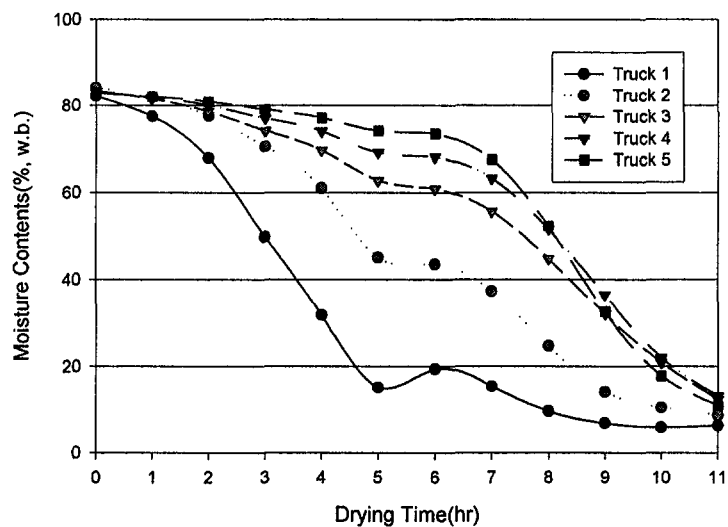
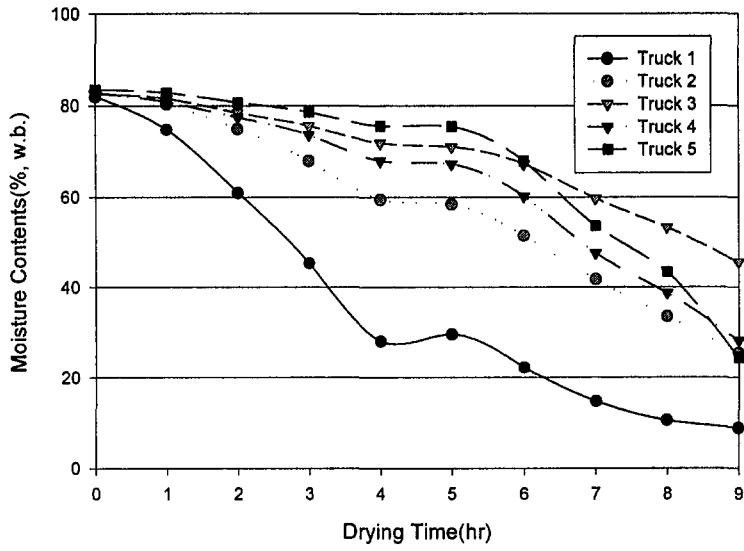
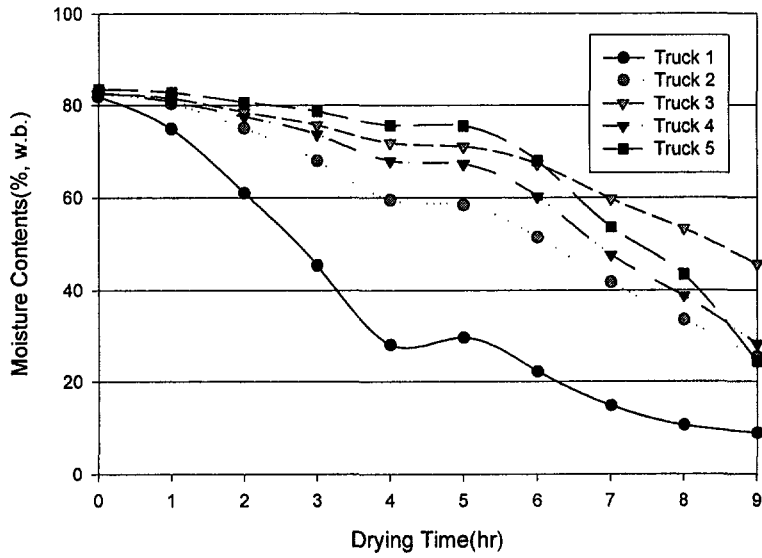


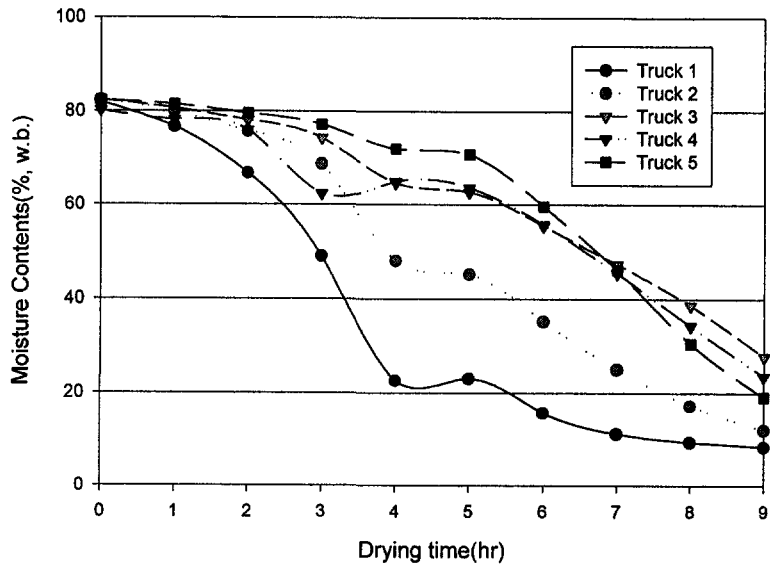
Fig. 3-51. Drying curves of cut red pepper (Exp. 7. drying temperature 75°C tempering time 1hr, drying truck exchanged)



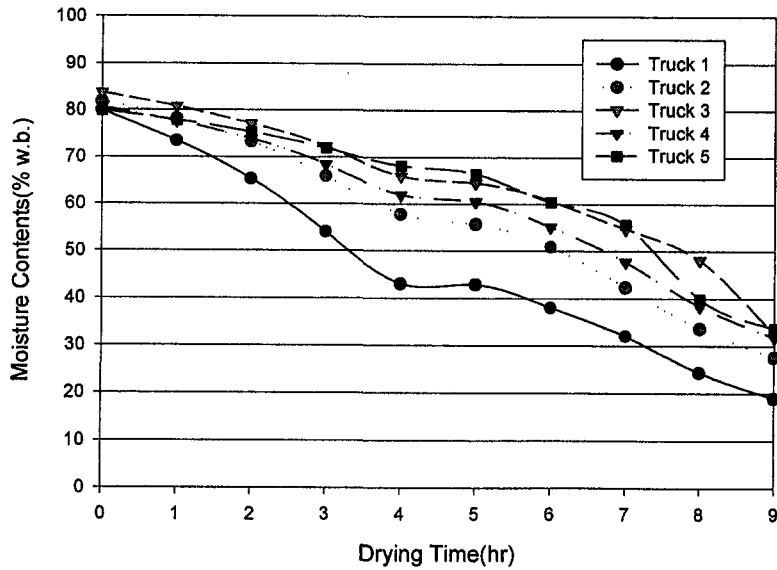
(a) Exp. 2



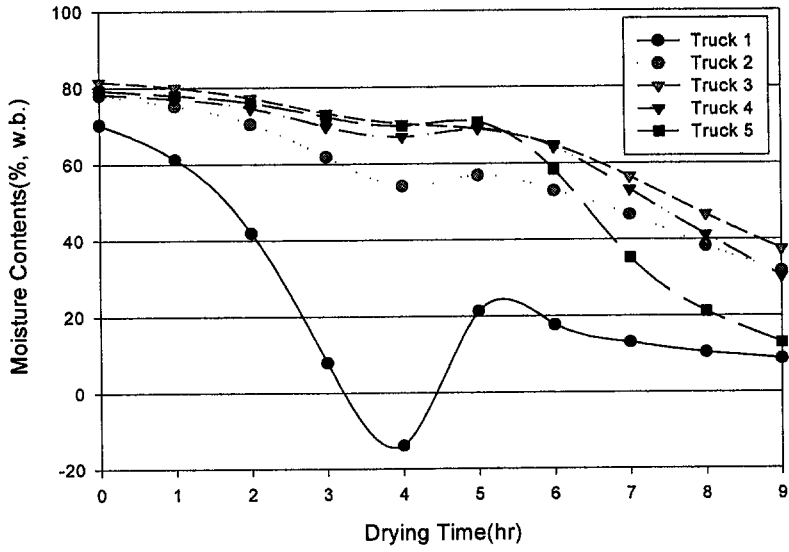
(b) Exp. 3



(c) Exp. 4



(d) Exp. 5



(e) Exp. 8

Fig. 3-51. Drying curves of cut red pepper for other drying experiments (Exp. 2, 3, 4, 5, 8)

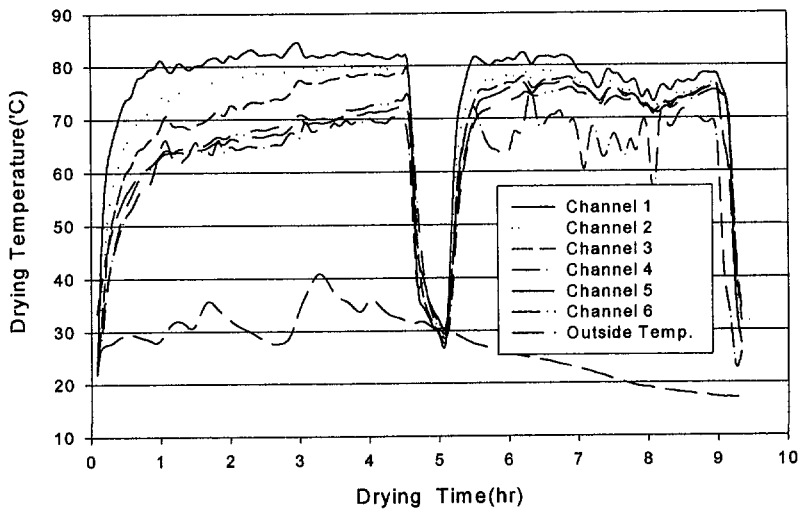


Fig. 3-52. Drying temperature variations with various positions of LPG tunnel dryer

(가) 고추 함수율 분석

건조대차를 교환하지 않고 건조온도 75℃ 실험의 시료의 함수율 변화율 보면 건조대차 ①, ②의 고추는 건조시간 7시간 만에 거의 15%w.b.의 함수율에 도달하였으나 건조대차 ③, ④, ⑤의 고추는 건조 8시간 후에도 40%w.b.의 높은 함수율을 나타내었다. ②번 건조대차의 함수율 곡선에서 ①의 함수율이 평형상태에 도달한 6시간째의 건조에서 2시간 후에 15%w.b.에 도달함을 알 수 있다. 건조실험 4, 5의 경우 건조대차를 교환한 실험조건에서 최종 함수율의 편차는 많이 감소되었으나 ①, ②번의 함수율을 제외한 나머지 함수율이 건조후의 적정 함수율인 15%w.b.보다 높아 건고추 함수율의 편차를 줄이기 위해서는 적절한 건조 상자 교환과 충분한 송풍량이 공급된다면 마지막 ⑤번 건조 상자에까지 건조중 건조대차의 교환이 없이 15%w.b.이하의 균일한 함수율로 건조가 가능할 것이다. 건조실험 6의 경우 건조온도 75℃, 건조 4시간 후, 템퍼링 1시간, 건조중 건조대차 1회 교환을 한 결과 건조 9시간 만에 모든 시료의 함수율이 14%w.b. 이하에 도달한 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 특히 건조대차에 고추 시료를 600kg 이상 모두 적재한 후 건조온도 75℃에서 6번 실험과 동일한 조건인 건조실험 7의 경우 건조시간 10~11시간 이내에 모든 건조대차의 시료 함수율이 13.1%w.b. 이하로 되어 절단 건고추 원료의 장기 보관에 적합한 함수율에 도달하였다. 이 실험에서 송풍기 용량이 커서 건조에 필요한 충분한 송풍량을 공급할 수 있었다면 8시간 이내에 건조를 완료할 수 있을 것으로 판단된다.

(나) 건고추의 품질 분석

본 실험에서 건조된 고추를 일정한 입도로 분쇄하여 spectrophotometer를 이용하여 고춧가루의 색도와 신미성분인 capsaicin의 함량을 분석하였다. 고춧가루 색도측정의 오차를 줄이기 위하여 원료와 30mesh 입도의 고춧가루시료를 기준으로 L*, a*, b*의 값을 측정하였다. 그림 3-53은 실험에서 건조된 고추 시료를 현행 열풍건조와 비교한 것으로 건조온도 75℃, 건조 8시간의 시료의 절단고추 시료의 품질이 가장 우수한 것으로 나타났다. 표 3-21은 건조실험 고추시료를 분쇄하여 고춧가루를 제조한 후 원료

및 30mesh 입도의 시료 색도를 측정하고 신미성분을 분석한 것이다.



그림 3-53 건조실험별 건조고추 원료 색도 비교

표 3-21. 건조 실험별 고춧가루 색도 및 신미성분 분석+

건조실험		원료(d=0.75 mm)			30mesh (d=0.54 mm)			Capsicin(mg%)
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	
LPG 터널 건조기	#1	43.67	37.424	40.316	39.20	33.77	33.61	8.92
	#2	38.31	36.34	33.58	36.53	34.41	30.44	13.30
	#3	38.62	35.86	33.55	36.9	33.29	31.48	14.07
	#4	41.94	37.09	36.08	38.14	35.45	34.09	13.11
	#5	33.84	29.71	25.07	32.96	30.36	27.09	19.52
	#6	39.21	39.34	41.08	38.98	36.65	35.29	25.25
	#7	39.17	34.45	34.50	38.14	30.96	29.98	13.48
	#8	33.08	33.86	33.65	34.81	30.80	27.63	18.11
농가형 배치 건조기		30.98	23.67	26.34	33.19	23.53	24.39	-

건조 실험별 L*값은 33.08~43.67, a*값은 29.71~37.42, b*값은 25.07~41.08였다. 실험결과, 현행 농가형 배치 건조기의 경우보다 터널식 건조기의 L*, a*, b* 값이 L*은 평균 20%이상, a*는 30%이상, b*는 50%이상 높다는 것을 알 수 있다. 또한 시료의 신미성분은 13.11~25.25 mg%로 국내산 고추 품종 중 순한 맛에 속하는 것으로 건조 중 변화가 없는 것으로 평가되었다. 그림 3-54와 그림 3-55는 고춧가루시료의 색도를 비교한 것으로 현행 화력건조 고추시료의 고춧가루보다 본 실험의 시료 품질이 크게 향상되었음을 알 수 있다. 가공용 고추 건조기로 건조된 고추시료를 이용한 고춧가루의 품질이 향상된 것은 절단 고추로 인한 건조 시간의 단축과 75℃ 정도의 비교적 낮은 건조 온도 등이 주요한 원인으로 판단된다. 또한 표 5-2에서 같이 동일한 건조 온도에서도 건조 시간이 짧을수록 건조고추의 품질이 우수한 것으로 나타났다.



(a) 건조실험 7 (건조온도 75℃)



(b) 건조실험 8. (건조온도 85+75℃)

그림 3-54. LPG 터널건조기로 건조된 절단고추시료(건조실험 7, 8)

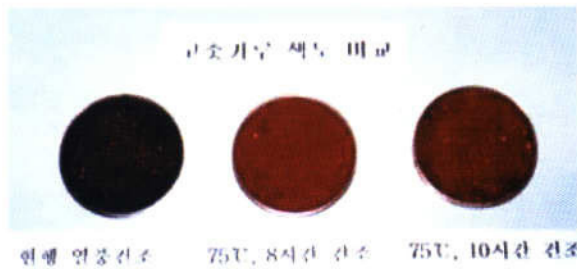


그림 3-55. 건조실험별 고춧가루 색도 비교

(2) LPG 연료 소비율 기준에 따른 건조 비용 산출

건조비용은 수분 1kg을 증발시키기 위한 LPG 연료 소비율을 기준으로 건조 비용을 계산하였다. LPG소모량은 계산을 통하여 부피를 kg으로 환산하였으며, LPG 1kg은 현행 도매가격인 650원으로 가정하였다. LPG 1m³은 상온(20℃)에서 1.967kg이다. 표 3-22은 현행 농가형 배치 건조기와 본 연구에서 사용한 LPG 사용 터널 건조기의 연료 소비율 기준으로 건조비용을 계산한 것이다.



(b) 건조실험 8. (건조온도 85+75℃)

그림 3-54. LPG 터널건조기로 건조된 절단고추시료(건조실험 7, 8)

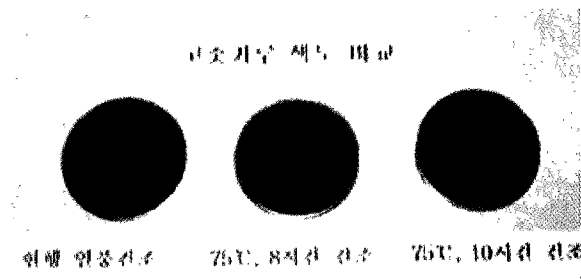


그림 3-55. 건조실험별 고춧가루 색도 비교

(2) LPG 연료 소비율 기준에 따른 건조 비용 산출

건조비용은 수분 1kg을 증발시키기 위한 LPG 연료 소비율을 기준으로 건조 비용을 계산하였다. LPG소모량은 계산을 통하여 부피를 kg으로 환산하였으며, LPG 1kg은 현행 도매가격인 650원으로 가정하였다. LPG 1m³은 상온(20℃)에서 1.967kg이다. 표 3-22은 현행 농가형 배치 건조기와 본 연구에서 사용한 LPG 사용 터널 건조기의 연료 소비율 기준으로 건조비용을 계산한 것이다.

표 3-22. 건조방법별 연료소비율 기준 건조비용

		Capacity (kg)	Drying time	Fuel consump- tion	Drying efficiency	Drying cost (won/10kg-H ₂ O)
Batch dryer	min	440	30 hr	4.7 l/hr	2.18 kg-H ₂ O/l	1,559
	max	570	35 hr	4.7 l/hr	2.43 kg-H ₂ O/l	1,402
Tunnel dryer	cut	DT 1	11 hr	7.71 kg/hr	6.3 kg-H ₂ O/kg	1,031
		DT 2	9 hr	8.89 kg/hr	5.3 kg-H ₂ O/kg	1,232

(LPG 1 kg = 650 원, 경유 1l = 340 원)

* Tunnel dryer의 건조시간은 1 hr의 tempering time이 포함

* DT : Drying temperature, DT 1 : 75°C, DT 2 : 75+85°C

기존 배치 건조기의 연료비는 농가형 고추 건조용으로 제작된 1평과 2평형의 배치 건조기의 농촌진흥청 농기계 검사 자료를 이용하였다. 기존의 배치건조기는 수분 1kg을 증발시키기 위해서 140.2~155.9원의 건조비용이 소요되는 것으로 보고되고 있다. 본 실험에서 LPG를 이용한 가공용 고추건조기의 경우 103.1~123.2원의 경비가 소요되는 것으로 분석되었다. 따라서 현행 농가형 배치건조기 보다 연료 소비율 건조비용이 21~26% 정도 절감되는 것으로 나타났다. 이러한 주요 원인은 LPG 열교환 방식은 청정에너지인 LPG의 직화열 교환방식으로 기존의 경유 사용시 필요한 열교환기를 이용하지 않아 열효율이 높으며 생고추 시료가 절단고추 상태이므로 건조효율이 높은 것 등으로 판단된다.

라. 가공용 고추 원료 최적 건조시스템 모델 설계

고추 주산지에 설립되어 운영되고 있는 대규모 청결 고춧가루 가공공장에 원료로 사용되는 절단 건조고추 건조 시스템의 기본 설계 개략도는 그림 3-56 및 3-57과 같다. 건조 시스템은 기본적으로 원료 전·후처리 시설과 대형 건조 설비로 2단계 구분된다. 이러한 생고추 건조방법은 미국, 스페인 등의 고추재배지역에서 현재 실용화되고

있는 시스템이다. 포장에서 수확된 생고추 원료는 대형 고춧가루 가공공장 내에 설치되어 있는 건조시설로 운반된다. 여기서 원료 전처리시설에 입고가 되어 선별, 세척, 절단 과정을 거쳐서 건조 트레이에 자동으로 적재한다. 그리고 별도로 설치되어 있는 LPG열원 직화방식의 터널건조기로 다단 건조트레이가 적재된 건조대차를 이용하여 운반된다. 건조 트레이 재질은 단일 효과가 좋은 목재를 사용한다. LPG 열원 터널건조기형태는 건조온도가 70℃ 이하에서 대량의 절단 생고추를 품질의 변화없이 8시간 이내에 건조할 수 있어 다수의 건조기를 설치하면 고추용량을 쉽게 증대할 수 있다. 건조가 완료된 절단 건조고추 시료는 터널 건조기 후문 쪽으로 이동하여 다시 원료 전처리 시설로 이송되어 건조트레이 배출기에서 건조고추 시료를 자동으로 제거되어 공기 이송장치에 의하여 원료 포장기로 이송된다. 건조고추 시료는 PE, PVC 계통의 포장재에 넣어져 원료의 장기보관을 위한 저온 저장고로 이송된다. 1일 생고추 60톤을 처리할수 있는 LPG터널 건조시설의 개략도는 앞서 그림 3-40과 같다. 일일 건조회수 3회를 기준으로 가공용 고추원료 최적 건조시스템의 모델 설계방안은 다음과 같다.

<가공용 고추 원료 건조 시스템 설계 방안>

- 생고추 건조처리 용량 : 60톤/일(건조회수 3회)
- 연간 가동일수 및 생고추 처리량 : 50일, 3000톤/년
- 연간 절단 건조고추 생산량 : 350톤/년
- 건조 전·후처리 설비 : 원료 공급기, 원료 선별기, 원료 세척기, 원료 절단기, 트레이 적재기, 트레이 운반기, 트레이 배출기, 공기이송장치, 싸이클론, 원료포장기
- 건조설비:
 - 건조기 규모 : LPG터널건조기 20대
 - 대당 1회 생고추 건조량 및 건조시간 : 1톤, 8시간
 - 건조방법 : 간헐적 건조, 8시간/1회건조
(건조온도 80℃ 2시간, 템퍼링 1시간, 건조온도 70℃ 5시간)

LPG버너 용량 및 대수 : 300,000kcal/h(25kg/h), 20대

송풍기 : 축류형, 5hp 이상 20대

건조시료 : 절단고추시료(3등분 절단)

건조시스템 설치면적 :

원료 전·후처리 공장규모: 450m²(15W×30Lm)

LPG 터널 건조기 : 800m²(20W×40Lm)

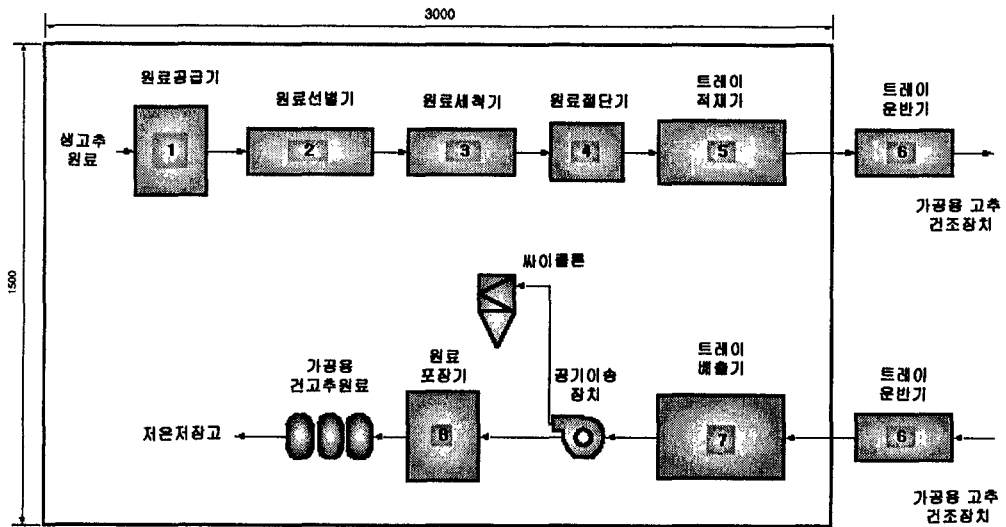


그림 3-56. 가공용 고추 원료 건조 전·후처리 시설 개략도

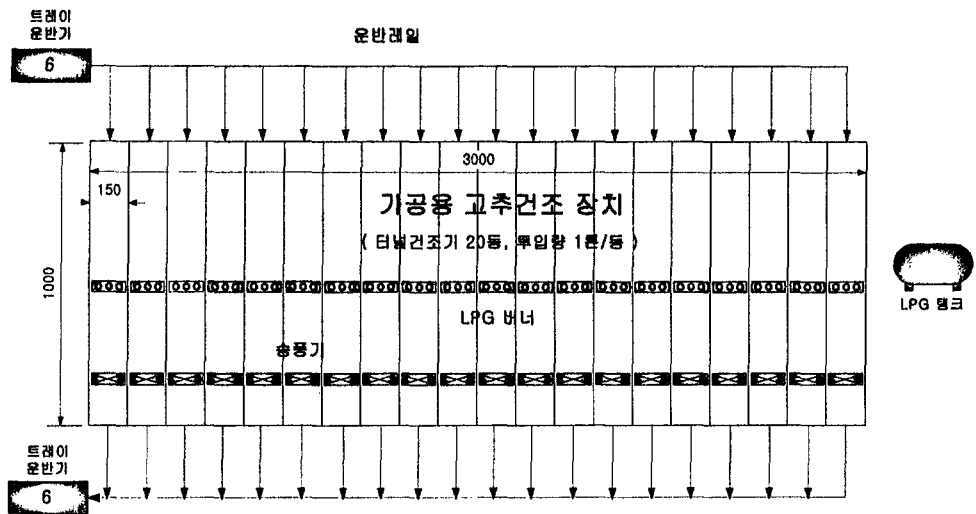


그림 3-57. 가공용 고추원료 건조 시스템 개략도

여 백

제 4 장 가공용 고추원료의 저장 시스템 개발

여 백

제 1 절 서론

현행 건고추 원료의 저장방법은 건조 후 비닐이나 P.P.필름 포대에 20~60kg 단위로 원형상태로 넣은 후 저온창고나 일반형 창고에 보관하고 있으며 일부분 장기저장 원료를 제외하고는 대부분이 상온의 일반형 창고에 보관되고 있다. 따라서 저장기간 중 외기 온습도가 상승하는 4월~8월 사이에 고추원료의 품질변질이 쉽게 발생하여 많은 원료를 저장하는 농협 및 유통업체와 생산농가에 많은 손실을 주고 있다. 특히 고추원료 저장시 수분의 증가현상은 대부분 고추과피 부분에서 발생하여 고추과피 내부에 곰팡이류 등이 생성되거나 고추색상이 검게 변질되는 현상이 발생되어 이를 원료로 사용하는 산지 고춧가루 가공공장에서는 이 시기에 가공제품의 품질관리가 매우 어려운 형편이다. 가공용 건고추 원료저장은 건고추원료를 원형상태로 보관하지 않고 고추꼭지를 제거후 과피를 절단하여 종자를 분리한 후 과피와 종자를 분리하고 절단된 과피는 압축하여 원료부피를 축소하여 저장하는 것이다. 이러한 방법은 저온저장고 이용시 창고 이용율을 크게 증대시키며 양질의 건고추 원료를 장기간 효율적으로 보관하므로 고춧가루 제품의 품질을 향상시키는 데 큰 도움을 줄 수 있다. 본 연구에서는 가공용 건고추 저장시 고추원료의 절단, 압축 등의 전처리 방법과 포장재 사용 및 저장온도에 따른 고추원료의 품질변화를 분석하여 가공용 고추원료 저장 시스템을 개발하고자 하였다..

제 2 절 가공용 고추 원료 저장 실험

1. 가공용 고추원료 1 차 저장 실험

가공용 고추원료의 저장중 저장에 소요되는 공간을 줄여 저장량을 증가시키고 아울러 품질변화를 억제할 목적으로 유압식 건고추 압축장치를 제작하고 이를 사

용하여 가공용 고추원료를 압축 처리후 저온저장하면서 저장기간에 따른 품질의 변화를 분석하였다.

가. 실험재료 및 장치

가공용 고추원료 저장 실험에 사용된 고추시료의 품종은 96년산 다복이며 고추의 꼭지를 제거하여 종자를 포함한 시료와 종자를 제거한 시료를 제조하였다. 고추원료 압축장치는 유압식 실린더형이며 압축실 용적은 $\phi 300 \times 600$ mm이다. 고추시료를 압축하기 위하여 먼저 포장재를 압축실 내부에 넣고 고추를 상단까지 채운 후 상부 유압압축판으로 일정한 깊이까지 압축한 후 하부의 유압상승판을 위로 이동시켜 고추를 압축한 상태로 포장하게 하였다. 유압식 고추 압축장치의 최대 압축력은 20ton 규모이다. 그림 4-1은 고추원료 압축장치 개략도이며 그림 4-2는 건고추원료를 PE 필름으로 포장 후 압축하는 과정을 나타낸 것이다.

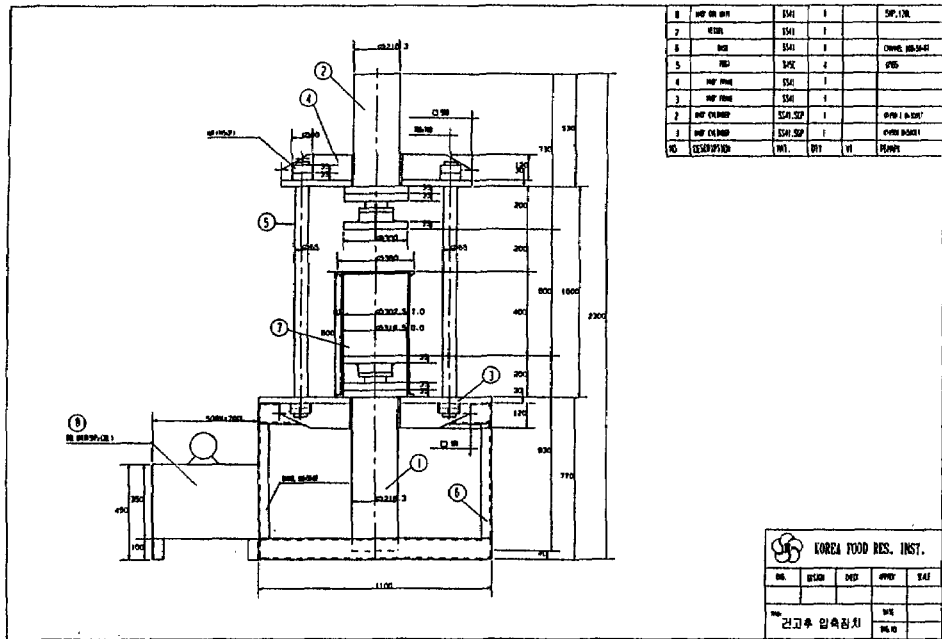


그림 4-1. 고추원료 압축장치 개략도



그림 4-2. 건고추원료 압축과정

나. 실험 방법

고추꼭지가 제거된 고추시료를 산물상태보다 1/3로 압축하여 0.6 mm PE 필립으로 포장하여 2℃ 및 7℃의 저온저장하에서 장기 저장시 고추시료의 품질변화를 분석하고자 하였다. 압축 포장단위는 압축장치의 최대용적인 1.5 kg으로 정하였으며 산물상태의 비압축 시료와 비교하였다. 7℃ 저장의 경우 고추꼭지만 제거한 상태에서 압축과 비압축시료 등의 2가지 조건과 2℃ 저장의 경우 비압축, 압축, 종자제거 후 압축 등의 3가지 조건을 실험하였다. 처리별 저장중 품질변화 요인으로서 고추시료의 과피수분, 색도(L,a,b), ASTA 값, 신미성분(capsaicin), 산가 등을 측정하였다.

다. 실험 결과 및 고찰

1) 수분 변화

저장중 수분의 함량의 변화를 조사하였던 바 저장초기 13.8%의 수분을 함유하였던 고추는 저장 전처리 및 저장온도에 무관하게 저장기간이 경과함에 따라 증가하여 저

장 6개월 후에는 7℃ 저장구의 경우 15.1%를 나타내었고, 동일 온도에서 압축처리를 하였던 고추의 경우 이보다 다소 높은 15.7% 나타내었다. 2℃ 저장구의 비압축 처리구의 경우 동일 기간중 상온 저장구에 비해 수분함량이 다소 높은 16.2%를 나타냈고, 동일조건에서 고추씨를 제거하여 저장하였던 구는 씨를 제거치 않고 저장하였던 구에 비해 수분함량이 다소 높은 것으로 나타났다(표 4-1).

Table 4-1. Changes in moisture content of dried red pepper during storage
(unit; %w.b.)

Storage temp.(℃)	Treatment	Storage time (month)				
		0	2	4	6	8
7	Non-compression	13.76	13.82	13.57	15.08	15.88
	Compression		13.88	15.21	15.65	15.36
2	Non-compression			14.80	16.24	16.11
	Compression included seed		14.67	15.01	15.71	15.96
	Compression removed seed		14.35	14.96	14.88	16.19

2) 색도 변화

고추의 색상을 육안과 유사한 방법인 색도(L,a,b)측정을 이용하여 비교하였던 바 7℃저장구의 경우 색이 짙어지며 붉은 색상은 감소하는 경향을 나타내었다. 7℃ 저장구중 압축구와 비압축구의 색상을 비교하여보면 명도 및 붉은 정도의 차이를 보이지 않았다. 한편 2℃ 저장구의 경우 7℃ 저장구에서와 같이 색상은 뚜렷한 변화의 차이를 보이지 않았으나 압축후 씨를 제거하여 저장하였던 고추의 경우 색상의 명도 및 붉은 값의 변화가 다른 저장구에 비해 적은 것으로 나타났다(표 4-2).

고추과피를 끝부위, 중간부위 및 꼭지부위로 나누어 부위별 색상변화를 비교해 보

면 부위별로 뚜렷한 경향을 보이지 않았다. 처리별 저장 중 색상변화와 관련하여 ASTA값을 비교해 보면 초기시료가 98.74 값을 나타냈으나 7℃ 저장구의 경우 압축 및 비압축구 모두 초기에 비해 저장 8개월 후 그 값이 전반적으로 감소하는 경향을 나타냈으며 이는 색자체가 초기에 비해 퇴색된 것을 의미한다. 한편 2℃ 저장구의 경우 처리구나 비처리구 공히 7℃ 저장구에 비해 오히려 높은 경향을 보였고 처리구간에는 뚜렷한 차이를 보이지 않았다(표 4-3).

Table 4-2. Changes in color value of dried red pepper during storage

Storage temp. (°C)	Treatment	Part of Pericarp	Color	Storage time(month)				
				0	2	4	6	8
7	Non-Compression	Top	L	32.91	34.59	33.31	34.81	34.51
			a	24.58	24.85	22.18	24.07	22.04
			b	8.47	8.65	8.44	9.66	9.17
		Middle	L	30.61	31.92	31.31	33.65	32.44
			a	15.93	21.43	17.81	21.29	19.02
			b	4.98	7.5	6.18	8.75	7.64
	Bottom	L	29.99	31.45	30.46	32.27	30.83	
		a	14.44	15.44	13.18	14.23	12.80	
		b	4.37	4.67	4.26	5.23	4.83	
7	Compression	Top	L	32.91	34.17	33.1	34.03	33.65
			a	24.58	24.22	23.06	20.80	20.84
			b	8.47	8.35	9.14	8.71	8.6
		Middle	L	30.61	32.13	31.63	32.43	32.01
			a	15.93	19.45	18.09	16.56	16.84
			b	4.98	6.53	6.72	6.36	6.66
	Bottom	L	29.99	31.97	30.19	32.01	31.83	
		a	14.44	15.03	15.27	16.38	13.82	
		b	4.37	4.76	5.88	6.25	5.48	
2	Non-compression	Top	L	32.91		32.73	33.26	34.31
			a	24.58		20.1	20.37	22.83
			b	8.47		6.58	7.28	9.01
		Middle	L	30.61		30.98	32.15	32.17
			a	15.93		16.02	15.25	14.97
			b	4.98		4.8	5.06	5.16
	Bottom	L	29.99		29.96	31.27	31.31	
		a	14.44		13.44	11.72	12.33	
		b	4.37		4.05	3.69	4.22	
2	Compression included seed	Top	L	32.91	34.59	33.31	34.81	34.51
			a	24.58	24.85	22.18	24.07	22.04
			b	8.47	8.65	8.44	9.66	9.17
		Middle	L	30.61	31.92	31.31	33.65	32.44
			a	15.93	21.43	17.81	21.29	19.02
			b	4.98	7.5	6.18	8.75	7.64
	Bottom	L	29.99	31.45	30.46	32.27	30.83	
		a	14.44	15.44	13.18	14.23	12.80	
		b	4.37	4.67	4.26	5.23	4.83	

Storage temp.(°C)	Treat ment	Part of Pericarp	Color	Storage time(month)				
				0	2	4	6	8
2	Compre ssion included seed	Top	L	32.91	34.59	33.31	34.81	34.51
			a	24.58	24.85	22.18	24.07	22.04
			b	8.47	8.65	8.44	9.66	9.17
		Middle	L	30.61	31.92	31.31	33.65	32.44
			a	15.93	21.43	17.81	21.29	19.02
			b	4.98	7.5	6.18	8.75	7.64
		Bottom	L	29.99	31.45	30.46	32.27	30.83
			a	14.44	15.44	13.18	14.23	12.80
			b	4.37	4.67	4.26	5.23	4.83
2	Compre ssion removed seed	Top	L	32.91	32.49	31.82	33.41	33.99
			a	24.58	22.16	21.41	19.71	23.41
			b	8.47	6.79	7.27	7.44	9.06
		Middle	L	30.61	32.16	30.8	32.04	31.32
			a	15.93	18.14	16.35	14.51	17.63
			b	4.98	5.23	5.16	4.91	6.36
		Bottom	L	29.99	31.44	30.58	31.9	31.31
			a	14.44	14.12	14.3	13.16	14.85
			b	4.37	4.31	4.59	4.55	5.18
7	Non-comp.	Powder	L	41.54	41.63	39.44	40.61	41.76
			a	29.57	31.39	27.96	25.21	18.54
			b	20.58	29.7	25.42	24.05	19.54
7	Comp.	Powder	L	41.54	40.53	39.18	38.19	40.4
			a	29.57	30.97	26.2	24.34	19.21
			b	20.58	27.92	22.86	20.4	18.15
2	Non-comp.	Powder	L	41.54		28.32	36.94	43.87
			a	29.57		25.54	23.73	18.42
			b	20.58		21.51	19.84	21.5
2	Comp incl. seed	Powder	L	41.54	41.27	39.55	38.53	39.96
			a	29.57	30.8	24.14	25.53	19.15
			b	20.58	28.49	21.72	21.2	17.4
2	Comp. re. seed	Powder	L	41.54	41.71	39.47	39.99	41.91
			a	29.57	30.51	26.22	25.69	19.16
			b	20.58	29.44	23.05	23.1	19.24

Table 4-3. Changes in ASTA value of dried red pepper during storage

Storage temp.(°C)	Treatment	Storage time (month)				
		0	2	4	6	8
7	Non-comperSSION	98.74	102.09	89.52	86.94	84.24
	Compression		116.25	97.85	101.74	88.79
2	Non-compression			108.23	112.34	108.54
	Compression included seed		103.3	89.28	108.03	93.46
	Compression removed seed		129.08	100.97	110.05	101.39

3) 신미성분 변화

고추의 매운맛을 나타내는 capsaicin 중 본 실험에서 사용하였던 다복품종의 capsaicin 과 dihydrocapsaicin의 비는 6:4의 비율을 나타냈으며, 이들의 함량으로 나타낸 capsaicin 의 함량을 처리구별로 비교하여 보면 저장초기 43.78mg%이었으나 저장 중 이 값은 전반적으로 다소 감소하는 경향을 나타냈지만 저장온도 및 처리유무와는 상관성을 보이지 않았다(표 4-4).

Table 4-4. Changes in capsaicin of dried red pepper during storage(unit: mg%)

Storage temp.(°C)	Treatment	Storage time (month)				
		0	2	4	6	8
7	Non-comperSSION	43.787	36.38	28.26	28.25	30.33
	Compression		31.75	31.52	25.14	35.93
2	Non-compression			39.7	34.86	33.77
	Compression included seed		32.5	44.91	33.58	30.64
	Compression removed seed		34.73	30.4	37.34	35.38

4) 산가 변화

고추의 저장 중 지방의 산패에 의한 냄새변화를 비교하기 위해 산가의 변화를 조사하였던 바 저장초기 0.4이었던 산가가 저장 중 전반적으로 증가한 것으로 나타났다. 이와 같은 변화를 저장온도 및 압축유무에 따라 비교하였던 바 저장온도 및 압축유무에 따라 뚜렷한 경향을 보이지 않았지만 7℃ 비압축구의 경우 다른 저장구에 비해 다소 변화가 적은 것으로 나타났다(표 4-5).

Table 4-5. Changes in acid value of dried red pepper during storage

Storage temp.(℃)	Treatment	Storage time (month)				
		0	2	4	6	8
7	Non-compression	0.4	0.5	0.52	0.77	0.7
	Compression		0.49	0.44	0.83	0.95
2	Non-compression			0.48	0.73	0.9
	Compression included seed		0.52	0.47	0.88	1.04
	Compression removed seed		0.51	0.48	0.76	0.92

5) 가공용 고추원료의 압축저장의 실용 가능성

고추의 저장실험 결과 저장온도 및 압축유무에 따라서는 품질의 차이가 뚜렷하게 나타나지 않아 고추의 압축저장이 가능한 것으로 나타났으며 이와 같은 결과는 고춧가루 가공에서 고추를 비축시 경제적으로 비축할 수 있는 방안의 일환으로 판단된다. 따라서 이 기술을 실용화하기 위해서는 고춧가루 가공공장에서 대량의 시료를 이용한 실증 저장실험이 필요로 된다.

2. 가공용 고추원료 2 차 저장 실험.

가. 실험 재료

충북 음성에서 97년산 금탑을 구입하여 시료로 사용하였다. 시료는 원형고추, 꼭지를 제거한 것, 꼭지를 제거하고 파쇄한 것을 각각 열풍 건조기로 건조온도 50℃에서 30분간 건조한 것과 건조하지 않은 것, 1차년도에 제작된 유압식 건조기 압축장치로 전체 부피의 1/2로 압축한 것과 압축하지 않은 것(파쇄한 것 제외)을 상온, 10℃, 0℃에 6개월간 저장하면서 한달에 한 번씩 시료로 채취하였다. 모든 고추 시료는 실험시 속대와 씨는 제거하고 과육만 분리하여 사용하였다.

나. 실험방법

고추의 저장 형태와 저장 온도에 따른 수분, 산가, 색도 그리고 신미성분(capsaicinoid) 함량의 변화를 분석하였으며 각각의 분석방법은 다음과 같았다.

1) 저장고의 온도 및 습도

10℃와 상온 저장고의 온도 및 습도를 온습도계를 이용하여 측정하였다.

2) 수분

수분은 A.O.A.C법¹⁾에 따라 상압 가열 건조법을 사용하여 측정하였다. 항량이 된 칭량병에 시료를 넣고 105℃ oven에서 3 시간 건조시켰다.

$$\text{수분 (\%)} = \frac{A-B}{W} \times 100$$

W : 건조 전 시료 무게 (g)

A : 건조한 시료와 칭량병 무게 (g)

B : 칭량병 무게 (g)

3) 산가

시료 10 g을 정확하게 달아서 중성용매(ether-ethanol 의 1:1 혼합액을 사용전에 phenolphthalein을 지시약으로 하여 N/10-KOH 용액으로 중화한 것) 100ml을 가하여 완전히 용해시키고 phenolphthalein 몇 방울을 가하여 잘 섞은 후 N/10-KOH로 적정했다. 지시약의 분홍색이 20~30초간 지속하는 때를 종말점으로 하였다.

$$\text{산가} = \frac{56.108 \times S \times N \times F}{\text{시료의 채취량(g)}}$$

56.108 : 1N-KOH 1ml 에 상당하는 KOH mg
S : KOH 용액의 소비량 (ml)
N : KOH 용액의 규정도
F : KOH 용액의 규정도 계수 (factor)

4) 색도

저장 조건별 색의 변화를 알아보기 위하여, 고추를 분쇄한 뒤 30 mesh체를 통과시키고 색차계(Macbeth, CE 300)를 이용하여 CIE 색도 기준 L*, a*, b*값을 측정하였다.

5) 신미성분(capsaicinoid)

(가) 총 capsaicinoid 추출 및 정량

Capsaicinoid 추출은 Vincent 등²⁾의 방법에 따라 행하였다. 분말 고추는 cyclotec(Tecator co.)를 이용하여 30mesh를 통과하도록 갈았다. 그 중 약 4g을 취하고 acetonitrile 20 ml를 가한 뒤 vortex mixer로 2분간 추출하였다. 추출액 1ml를 취해 증류수 9ml를 가하고 잘 섞은 후 conditioned C₁₈ Sep-pak(Waters, acetonitrile 5

ml와 2차 증류수 5ml로 activation 시킨 것)을 통과시켰다. capsaicinoid는 acetonitrile 4ml와 1% acetic acid를 함유한 acetonitrile로 용출하였다.

(나) capsaicinoid의 분리 및 동정

capsaicinoid는 HPLC(Jasco)를 이용하여 정량하였다. column은 μ -Bondapak C₁₈(Waters)을 이용하였으며 용매는 MeOH : Water = 70 : 30으로 하였다. flow rate은 1ml/min. 였으며 sample 20 μ l를 주입하였다. standard 물질로는 capsaicin과 dihydrocapsaicin의 혼합물(Fluka)을 사용하였다.

다. 실험 결과 및 고찰

1) 저장 실험 장소별 월 평균 온도 및 습도 변화

가) 상온 저장고

월	3	4	5	6	7	8
평균 온도(°C)	8.9	15.5	19.6	19.6	23.0	24.0
평균 습도(%)	46.2	65.2	63.6	75.0	79.7	81.6

나) 10°C 저장고

월	3	4	5	6	7	8
평균 온도(°C)	8	8	9	9.5	9.5	9.5
평균 습도(%)	52	66	68	78	82	82

2) 수분

저장 형태와 온도에 따른 고추 수분 함량의 변화는 표 4-6, 그림 4-3, 4-4, 4-5과 같았다. 대부분의 고추가 초기에 비해 저장 말기에는 약 18%에서 20%로 2% 정도의 수분 함량 증가가 있었고 초기에 건조한 것과 건조하지 않은 시료 사이에는 저장기간 내내 수분 차이가 유지되었다. 상온에서 저장한 경우 원형 시료는 저장기간이 길어질 수록 현저한 수분 증가가 있었으나 꼭지를 제거한 시료는 원형시료에 비해 차이가 매우 적었다. 파쇄한 시료의 경우 초기에 건조한 것은 다른 시료와 수분 함량이 차이가 없었으나 초기에 건조하지 않은 것은 다른 시료에 비해 수분 함량이 높았다. 그리고 압축한 것과 압축하지 않은 시료 사이에는 차이가 거의 없었다. 10℃와 0℃의 경우도 실온에서 저장한 경우와 수분 함량 변화 양상이 비슷하였고, 파쇄한 시료는 건조한 것과 건조하지 않은 것 모두 수분 함량 변화가 매우 적었다.

표 4-6. 저장 형태와 온도에 따른 수분 함량의 변화 (단위: %)

수분	월	고추 형태										평균
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
상온	4	14.9	17.8	15.5	18.0	17.3	20.4	17.4	20.6	17.2	20.4	17.95
	5	18.0	20.6	17.4	20.4	18.0	21.0	18.6	20.0	16.4	20.1	19.05
	6	16.1	20.7	16.5	19.6	17.9	19.7	17.4	19.9	17.8	20.5	18.61
	7	19.2	21.0	18.0	21.5	18.2	20.7	18.2	20.8	17.9	21.8	19.73
	8	18.2	20.4	17.5	19.3	18.4	20.5	18.5	19.3	18.0	20.8	19.09
	9	18.4	21.6	19.8	19.5	18.6	20.6	18.0	21.1	19.6	22.4	19.96
10℃	4	16.6	16.6	15.2	18.0	17.0	20.7	17.2	21.3	17.5	20.3	18.04
	5	17.4	19.7	17.5	22.6	17.8	21.6	18.6	21.0	18.3	21.2	19.56
	6	16.7	21.0	17.4	21.8	18.5	21.0	16.9	23.0	18.7	21.3	19.63
	7	17.7	21.6	18.9	21.1	17.4	20.7	18.3	21.8	17.7	21.4	19.66
	8	19.2	21.6	18.3	22.6	16.8	19.8	17.8	22.2	19.1	21.6	19.90
	9	17.7	19.8	18.4	21.1	19.1	21.7	19.4	21.6	18.6	22.2	19.73
0℃	4	16.0	18.0	15.6	18.9	18.0	20.3	19.4	20.8	18.2	21.1	18.63
	5	17.0	20.4	17.6	21.0	17.8	22.1	17.2	20.5	18.0	21.1	19.27
	6	18.6	20.0	18.2	21.8	17.8	21.5	18.3	20.8	18.4	22.3	19.77
	7	19.8	22.5	19.3	23.4	20.2	22.3	20.4	23.4	18.5	22.6	21.24
	8	17.8	22.2	19.2	21.3	20.4	22.4	18.4	22.6	18.8	22.0	20.51
	9	18.2	22.5	19.6	22.1	19.0	21.3	19.5	21.2	18.5	21.4	20.33

A: 원형·압축·건조, B: 원형·압축·비건조, C: 원형·건조, D: 원형·비건조,
 E: 꼭지 제거·압축·건조, F: 꼭지 제거·압축·비건조, G: 꼭지 제거·건조, H:
 꼭지 제거·비건조, I: 꼭지 제거·파쇄·건조, J: 꼭지 제거·파쇄·비건조

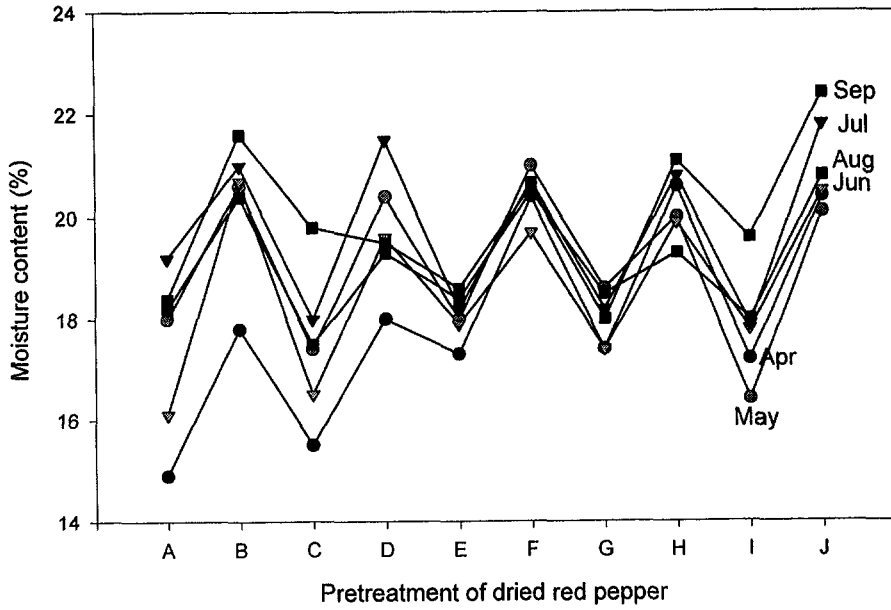


Fig.4-3. Changes of moisture contents at ambient temperature

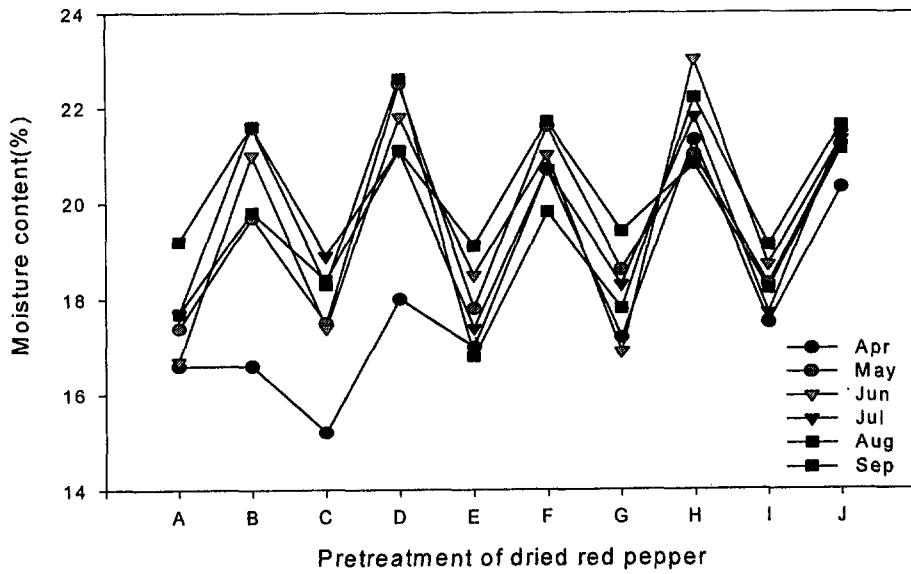


Fig.4-4 Changes of moisture contents at storage temperature 10°C

A: 원형·압축·건조, B: 원형·압축·비건조, C: 원형·건조, D: 원형·비건조
 E: 꼭지 제거·압축·건조, F: 꼭지 제거·압축·비건조, G: 꼭지 제거·건조, H: 꼭지 제거·비건조, I: 꼭지 제거·파쇄·건조, J: 꼭지 제거·파쇄·비건조

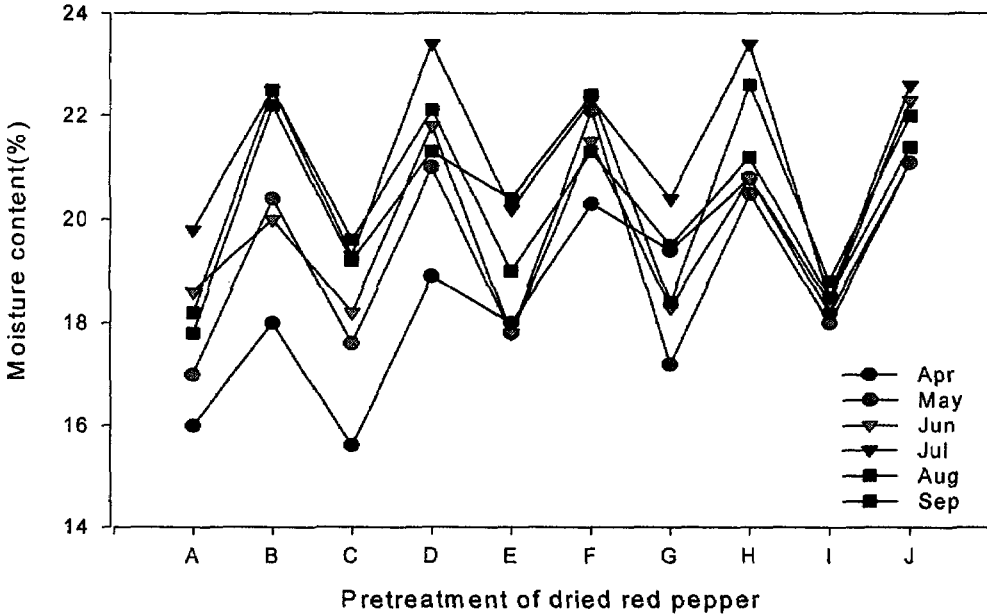


Fig.4-5 Changes of moisture contents at storage temperature 0°C

A: 원형·압축·건조, B: 원형·압축·비건조, C: 원형·건조, D: 원형·비건조,
 E: 꼭지 제거·압축·건조, F: 꼭지 제거·압축·비건조, G: 꼭지 제거·건조, H: 꼭지 제거·비건조, I: 꼭지 제거·파쇄·건조, J: 꼭지 제거·파쇄·비건조

3) 산가

저장 형태와 온도에 따른 고추 산가의 변화는 표 4-7, 그림 4-6, 4-7, 4-8과 같았다. 월 평균으로 볼 때 저장 기간 중 0.24에서 0.5까지 증가했다. 처음 4개월간은 증가 속도가 늦었지만 나중 2개월간은 온도와 습도가 높은 여름을 지나면서 산가 증가 속도가 빨랐다. 시료별 산가 변화 경향을 보면 대부분 수분 함량 변화 패턴과 비슷하여

수분 함량만 다른, 같은 형태의 시료에서는 수분 함량이 낮을수록 산가도 낮고 수분 함량이 높을수록 산가도 높았다. 이는 수분이 지방 산화를 돕는 효소의 활성을 높였기 때문으로 여겨진다.

저장 온도별로 산가의 변화를 볼 때 실온과 10℃에서 저장한 경우 거의 수치가 비슷했고 0℃에서 저장한 경우가 현저하게 산가가 낮았다. 이것으로 보아 온도가 증가함에 따라 지방 산화가 많이 일어나고 0℃와 같은 저온에서는 지방의 산화반응이 매우 느리게 진행됨을 확인하였다.

고추의 저장 형태별로는 압축한 것과 압축하지 않은 시료 사이에 산가의 차이는 없었고, 원형보다는 꼭지를 제거한 것, 파쇄한 것이 산가가 약간 높았는데 공기와 접촉하는 단면적의 증가 때문인 것으로 여겨진다.

표 4-7. 저장 형태와 온도에 따른 산가의 변화

산가	월	고추 형태										평균
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
상온	4	0.15	0.23	0.16	0.25	0.26	0.30	0.25	0.26	0.26	0.32	0.24
	5	0.28	0.31	0.20	0.27	0.25	0.38	0.27	0.31	0.28	0.24	0.28
	6	0.27	0.32	0.28	0.24	0.22	0.40	0.37	0.38	0.34	0.41	0.32
	7	0.20	0.35	0.33	0.28	0.33	0.34	0.30	0.30	0.33	0.53	0.33
	8	0.39	0.43	0.37	0.32	0.45	0.63	0.58	0.56	0.59	0.69	0.50
	9	0.42	0.47	0.42	0.46	0.49	0.49	0.43	0.39	0.52	0.57	0.47
10℃	4	0.18	0.24	0.20	0.22	0.24	0.34	0.27	0.32	0.28	0.28	0.26
	5	0.23	0.27	0.21	0.34	0.25	0.33	0.24	0.34	0.35	0.30	0.29
	6	0.29	0.34	0.29	0.27	0.44	0.33	0.25	0.36	0.38	0.43	0.34
	7	0.22	0.28	0.22	0.23	0.26	0.40	0.34	0.37	0.44	0.46	0.32
	8	0.34	0.46	0.45	0.56	0.51	0.60	0.35	0.64	0.45	0.64	0.50
	9	0.42	0.49	0.40	0.33	0.55	0.49	0.63	0.42	0.40	0.60	0.47
0℃	4	0.25	0.24	0.24	0.26	0.19	0.26	0.22	0.27	0.22	0.31	0.25
	5	0.20	0.31	0.24	0.17	0.25	0.23	0.26	0.20	0.22	0.29	0.24
	6	0.23	0.24	0.22	0.28	0.32	0.37	0.30	0.28	0.28	0.36	0.29
	7	0.31	0.35	0.28	0.35	0.31	0.38	0.23	0.36	0.29	0.39	0.33
	8	0.41	0.37	0.41	0.30	0.35	0.51	0.40	0.43	0.50	0.65	0.43
	9	0.24	0.30	0.24	0.4	0.34	0.37	0.36	0.43	0.39	0.58	0.37

A: 원형·압축·건조, B: 원형·압축·비건조, C: 원형·건조, D: 원형·비건조,
 E: 꼭지 제거·압축·건조, F: 꼭지 제거·압축·비건조, G: 꼭지 제거·건조, H:
 꼭지 제거·비건조, I: 꼭지 제거·파쇄·건조, J: 꼭지 제거·파쇄·비건조

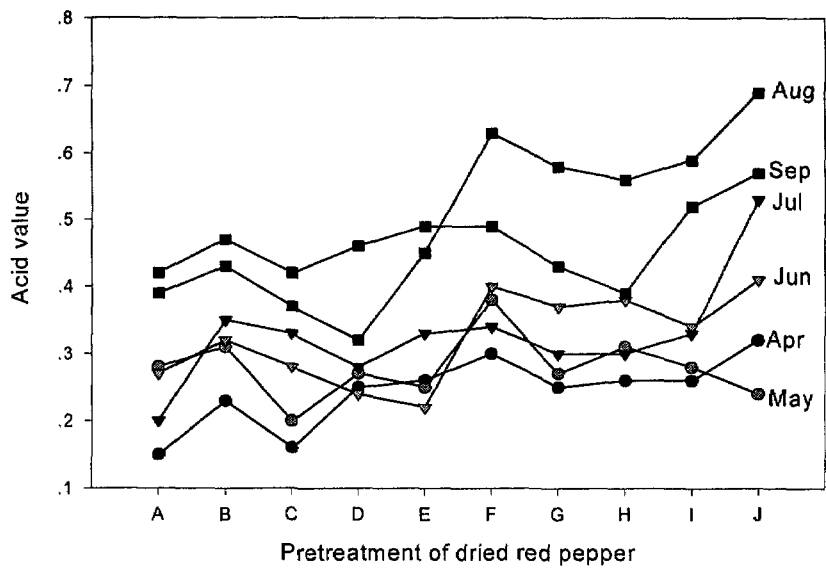


Fig.4-6 Changes of acid values at ambient temperature

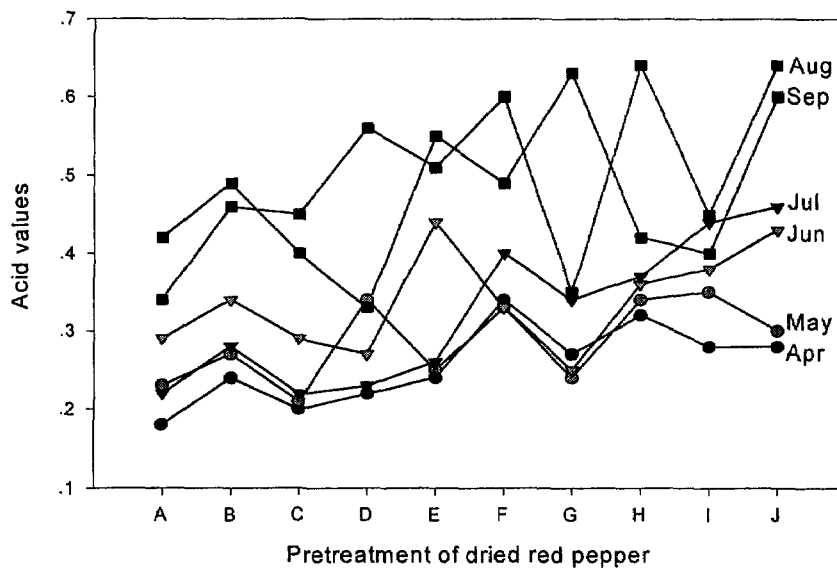


Fig.4-7 Changes of acid values at storage temperature 10°C

A: 원형·압축·건조, B: 원형·압축·비건조, C: 원형·건조, D: 원형·비건조
 E: 꼭지 제거·압축·건조, F: 꼭지 제거·압축·비건조, G: 꼭지 제거·건조, H: 꼭지 제거·비건조, I: 꼭지 제거·파쇄·건조, J: 꼭지 제거·파쇄·비건조

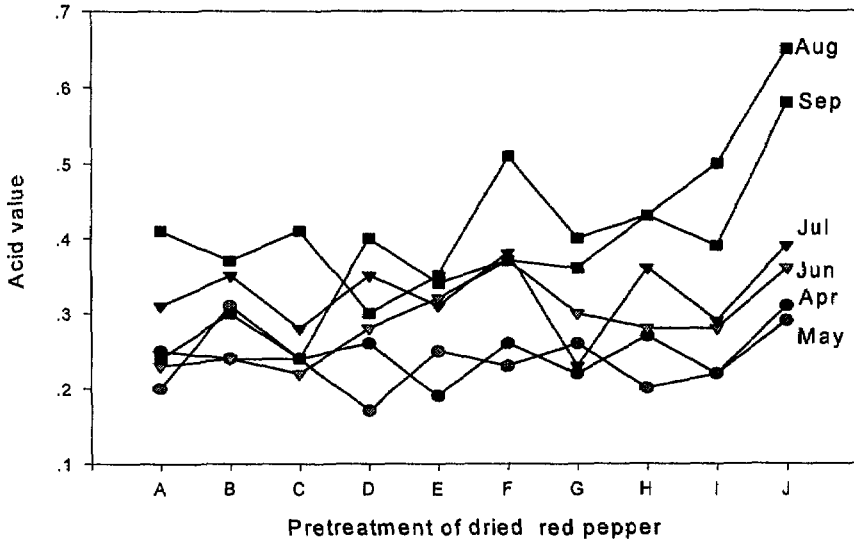


Fig.4-8 Changes of acid values at storage temperature 0°C

A: 원형·압축·건조, B: 원형·압축·비건조, C: 원형·건조, D: 원형·비건조,
 E: 꼭지 제거·압축·건조, F: 꼭지 제거·압축·비건조, G: 꼭지 제거·건조, H: 꼭지 제거·비건조, I: 꼭지 제거·파쇄·건조, J: 꼭지 제거·파쇄·비건조

4) 색도

저장 형태와 온도에 따른 고추 색도의 변화는 표 4-8, 4-9, 4-10과 같았다. 상온에서 저장시 L*값은 처음 3개월은 35.5정도였고 4개월째 부터는 39 이상으로 증가하였다. a*값은 저장 기간이 지남에 따라 28에서 24로 점차적으로 감소하였고, b*값은 저장 2개월째 증가하여 그 이후로는 크게 변화하지 않았다. 즉 고추 시료는 저장 기간 동안 밝기는 증가하고 적색도는 감소하였으며 황색도는 큰 변화가 없었다.

10°C에서 저장한 경우 L*값이 2개월째부터 30에서 37로 증가하였고 이 후 조금 더

증가하였고 a*값은 감소하였으며 b*값은 약간의 증감만 있어서 실온에서 저장한 경우와 색도의 변화 형태는 유사하여 붉은 색을 나타내는 색소가 온도나 산소에 더 약함을 알 수 있었고, 수분과의 관계를 볼 때 수분이 증가할수록 밝기가 증가하는 것으로 여겨진다.

0℃에서 저장한 경우 L*값은 2개월 동안 31에서 40으로 증가하였고 그 이후에 큰 변화가 없었다. a*값은 약간의 증감이 있었으나 큰 변화는 없었고 b*값은 24에서 30 이상으로 증가하여 0℃에서는 적색소의 파괴가 거의 없었다.

실온에서는 일반창고에서 보관하였고 10℃와 0℃에서는 모두 암소에서 보관하였는데 실온에서 저장시 a*값의 감소가 가장 크고 0℃에서 저장시 a*값의 감소가 가장 적어 온도가 증가할수록, 빛을 받을수록 붉은 색소의 파괴가 큰 것으로 생각된다. L*값은 온도에 거의 영향을 받지 않아서 수분 함량과 밀접한 관계가 있는 듯 하고 b*값은 15℃에서 저장시 가장 높았고 0℃와 실온에서는 유의적인 차이를 찾아볼 수 없었다. a*과 b*값도 어느 정도 수분 함량과 부의 상관관계를 보였다.

김과 이³⁾는 저장온도에 따른 고추장의 색도의 변화를 살펴 본 연구에서 L*값은 온도에 상관없이 비슷한 속도로 감소하는 경향을 보이지만 60일 이후 현저한 감소가 있다고 하였으며, a*값과 b*값은 높은 온도에서는 직선적으로 감소하고 낮은 온도에서는 초기에 미약한 증가를 있는 후 완만한 감소를 보인다고 했다. 저장기간 경과에 따라 계속적으로 감소하며, 온도 상승에 따라 감소 속도가 증가하는 경향을 나타낸다고 하였는데 수분 함량의 증가에 따라 L*값이 증가한 점이나 b*값은 거의 변화가 없거나 증가하는 경우도 있어 본 실험결과와는 약간 차이가 있었다. 이는 고추와 고추장내의 다른 성분과의 상호작용에 의한 차이라고 생각된다. 고추의 색소는 carotenoids로써 불포화도가 크기 때문에 저장 기간 중 색도의 변화는 자동 산화에 의한 것으로 보인다.

표 4-8. 상온에서 저장시 고추의 L*, a*, b* 값의 변화

	월	고추 형태										평균
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
L*	4	34.3	32.9	37.1	36.2	36.0	35.5	38.7	33.8	35.8	36.0	35.6
	5	32.9	36.8	39.5	38.7	34.0	32.3	35.3	32.1	38.6	34.9	35.5
	6	40.4	32.0	37.7	33.6	33.6	34.4	36.7	33.2	39.8	35.6	35.7
	7	42.4	35.8	41.9	40.7	39.5	37.4	39.2	36.8	42.0	41.8	39.8
	8	42.0	40.4	42.8	39.5	38.6	36.4	39.8	40.9	41.3	39.4	40.1
	9	41.2	39.5	39.6	38.2	36.5	37.2	36.2	38.2	36.3	36.5	37.9
	평균	38.9	36.2	39.8	37.8	36.4	35.5	37.7	35.8	39.0	37.4	
a*	4	31.2	27.3	31.2	27.6	27.2	25.4	28.1	25.8	27.8	26.9	27.9
	5	27.5	27.7	27.8	26.5	27.8	26.8	26.6	25.5	27.4	28.5	27.2
	6	28.0	26.5	25.5	26.1	27.2	26.4	27.3	25.6	27.5	26.5	26.7
	7	25.1	24.2	26.0	23.9	25.3	25.1	25.8	24.7	24.9	24.2	24.9
	8	27.1	23.0	26.0	25.2	26.4	26.4	26.1	24.5	25.7	26.2	25.7
	9	24.9	21.3	24.2	25.1	24.9	25.3	24.7	24.9	21.8	22.2	23.9
	평균	27.3	25.0	26.8	25.7	26.5	25.9	26.4	25.2	25.9	25.8	
b*	4	27.7	20.1	27.7	23.1	22.6	19.7	24.6	19.4	23.4	21.0	22.9
	5	26.5	26.8	30.7	29.7	27.5	26.0	27.0	26.0	29.1	29.1	27.8
	6	30.7	23.9	26.8	24.8	25.1	25.1	27.9	25.4	29.9	26.7	26.6
	7	29.1	28.6	29.6	27.7	27.1	27.4	28.9	26.7	29.0	30.1	28.4
	8	34.8	30.9	32.5	31.7	31.5	32.2	33.1	32.4	33.2	33.7	32.6
	9	29.7	27.6	29.0	28.0	26.3	27.8	27.5	29.5	26.4	26.6	27.8
	평균	29.8	26.3	29.4	27.5	26.7	26.4	28.2	26.6	28.5	27.9	

A: 원형·압축·건조, B: 원형·압축·비건조, C: 원형·건조, D: 원형·비건조,
 E: 꼭지 제거·압축·건조, F: 꼭지 제거·압축·비건조, G: 꼭지 제거·건조, H:
 꼭지 제거·비건조, I: 꼭지 제거·파쇄·건조, J: 꼭지 제거·파쇄·비건조

표 4-9. 10℃에서 저장시 고추의 L*, a*, b* 값의 변화

	월	고추 형태										평균
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
L*	4	31.6	31.4	30.4	24.5	32.7	26.0	33.1	28.9	31.6	30.8	30.1
	5	36.2	38.0	38.6	36.6	38.3	35.0	38.7	35.6	38.0	36.7	37.2
	6	41.2	39.1	39.9	36.8	40.4	43.2	41.9	39.9	40.6	40.3	40.3
	7	40.7	40.5	41.0	36.8	39.0	37.5	38.4	39.6	39.0	39.8	39.2
	8	43.5	41.9	42.6	39.3	42.6	40.1	40.6	41.0	40.6	40.6	41.3
	9	40.5	37.4	42.0	40.2	38.3	37.6	39.8	38.3	37.6	37.9	39.0
	평균	39.0	38.1	39.1	35.7	38.6	36.6	38.8	37.2	37.9	37.7	
a*	4	30.4	29.1	29.8	27.7	31.3	29.8	30.2	29.3	31.6	29.5	29.9
	5	24.5	25.7	25.4	26.6	25.3	23.4	26.0	25.9	24.9	26.1	25.4
	6	26.9	28.0	28.9	25.6	26.6	23.8	27.0	26.2	27.0	26.3	26.6
	7	26.7	28.1	27.5	28.3	25.8	25.0	27.7	26.1	25.8	27.6	26.9
	8	27.2	28.0	27.4	27.6	27.8	24.9	26.8	26.7	27.3	26.9	27.1
	9	26.8	28.4	26.3	27.0	26.5	25.7	27.0	27.5	27.7	27.7	27.1
	평균	27.1	27.9	27.6	27.1	27.2	25.4	27.5	27.0	27.4	27.4	
b*	4	31.5	24.8	29.2	27.5	31.5	28.6	31.6	26.7	33.8	29.5	29.5
	5	23.9	24.6	23.7	24.4	25.8	21.8	25.2	23.4	24.8	24.0	24.2
	6	27.8	32.0	30.0	26.8	28.5	30.7	29.8	27.9	28.0	28.3	29.0
	7	30.3	31.0	32.9	30.5	28.8	26.1	30.4	30.2	27.7	29.4	29.7
	8	33.3	33.1	33.3	33.4	35.0	34.2	33.3	32.8	33.4	34.5	33.6
	9	30.1	31.1	31.5	31.5	29.1	29.1	30.9	30.7	30.6	30.2	30.5
	평균	29.5	29.4	30.1	29.0	29.8	28.4	30.2	28.6	29.7	29.3	

A: 원형·압축·건조, B: 원형·압축·비건조, C: 원형·건조, D: 원형·비건조,
 E: 꼭지 제거·압축·건조, F: 꼭지 제거·압축·비건조, G: 꼭지 제거·건조, H:
 꼭지 제거·비건조, I: 꼭지 제거·파쇄·건조, J: 꼭지 제거·파쇄·비건조

표 4-10. 0°C에서 저장시 고추의 L*, a*, b* 값의 변화

	월	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	평균
L*	4	32.3	26.2	37.1	26.7	37.9	24.7	32.1	35.2	35.8	26.4	31.4
	5	38.9	35.8	38.5	33.7	37.4	35.7	35.8	35.3	38.1	36.4	36.6
	6	42.7	40.8	43.2	35.6	42.3	41.6	42.2	39.9	40.5	39.8	40.9
	7	40.8	38.9	42.9	42.2	39.6	40.1	39.2	37.4	40.7	41.8	40.4
	8	40.1	39.0	37.7	34.6	39.3	35.7	39.2	38.2	41.0	37.0	38.2
	9	41.9	40.8	40.4	40.9	39.6	36.1	38.1	39.3	40.0	39.7	39.7
	평균	39.5	36.9	40.0	35.6	39.4	35.7	37.8	37.6	39.4	36.9	
a*	4	29.2	29.8	31.3	26.1	28.5	28.7	30.4	25.1	27.8	25.0	28.2
	5	26.3	26.5	27.3	26.4	27.7	27.2	26.6	26.8	27.0	26.8	26.9
	6	27.2	26.9	27.2	26.3	26.5	26.5	27.4	26.9	26.6	26.8	26.8
	7	27.2	25.1	26.8	27.8	27.1	27.5	27.7	27.3	26.2	26.9	27.0
	8	28.4	29.5	31.5	29.1	29.3	29.6	28.7	29.2	28.8	27.1	29.1
	9	27.7	27.9	27.6	27.6	27.9	27.9	28.4	27.8	27.1	29.2	27.9
	평균	27.7	27.6	28.6	27.2	27.8	27.9	28.2	27.2	27.3	27.0	
b*	4	23.4	27.6	31.3	19.3	22.9	28.4	29.5	18.6	22.2	19.5	24.3
	5	25.4	24.3	27.0	23.5	26.7	25.9	24.4	24.6	28.7	25.1	25.6
	6	29.9	29.3	29.8	25.7	29.7	28.5	29.8	27.1	28.6	27.8	28.6
	7	29.2	26.3	30.1	31.2	28.9	30.1	29.9	28.7	31.1	31.4	29.7
	8	32.3	33.2	35.5	35.0	33.1	35.2	32.5	32.2	34.4	35.0	33.8
	9	32.0	32.6	32.1	32.1	31.3	27.8	30.3	30.4	30.4	32.2	31.1
	평균	27.7	27.6	28.6	27.2	27.8	27.9	28.2	27.2	27.3	27.0	

A: 원형·압축·건조, B: 원형·압축·비건조, C: 원형·건조, D: 원형·비건조, E: 꼭지 제거·압축·건조, F: 꼭지 제거·압축·비건조, G: 꼭지 제거·건조, H: 꼭지 제거·비건조, I: 꼭지 제거·파쇄·건조, J: 꼭지 제거·파쇄·비건조

5) 신미성분

저장 형태와 온도에 따른 고추의 capsaicinoid 함량 변화는 표 4-11, 그림 4-9, 4-10, 4-11과 같았다. cpsaicinoid 함량은 건조 중량 기준으로 10~40mg%범위였다. 저장 온도나 고추 형태, 저장 기간에 따라서 유의적인 상관관계를 나타내지는 않았다.

capsaicin과 dihydrocapsaicin의 함량 비율은 고추 시료에 따라 차이가 있는데 Kosuge 등⁴⁾은 일본산 고추의 경우 capsaicin과 dihydrocapsaicin의 비율이 7:3이라고 하였다. 한편 김 등⁵⁾은 한국산 고추에서는 1:1.2의 비율로 일본산에 비하여 dihydrocapsaicin의 비율이 더 높다고 보고한 바 있는데 본 실험에서는 그 비율이 1:1 ~ 1:2(data not shown)로 김 등⁵⁾의 결과와 일치하였다.

capsaicinoid는 고온에서는 파괴되지만 우리의 실험 온도에서는 안정하고 수년간의 저장 동안 안정하게 존재하는 것으로 알려져 이번 실험에서도 온도별·형태별로 차이를 나타내지 않았다고 여겨진다. 시료별로 capsaicinoid 함량이 차이를 나타내는 것은 시료 조제시 태좌 부분이 얼마나 붙어있었는지에 크게 좌우되었다.

표 4-11. 상온에서 저장 시 고추의 capsaicinoid 함량 변화 (단위: mg%, dry basis)

	월	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	평균
상온	4	13.57	14.07	26.02	20.37	17.09	23.66	22.64	20.32	17.92	20.10	19.58
	5	18.10	20.74	20.37	16.15	20.44	22.78	17.24	21.48	21.99	20.73	20.00
	6	22.84	33.09	33.27	14.95	18.60	36.04	32.41	19.46	31.04	21.58	26.33
	8	10.74	22.81	21.40	19.85	26.59	32.32	14.90	11.79	23.26	32.79	21.65
10°C	4	30.60	17.35	14.54	20.22	24.42	36.58	17.88	24.62	23.25	39.56	24.90
	5	27.74	32.64	23.11	17.42	18.28	40.26	28.91	9.98	27.88	27.07	25.33
	6	12.16	13.24	28.78	15.30	24.89	28.83	19.43	36.58	28.01	23.34	23.06
	8	29.67	19.79	31.90	25.73	18.57	43.62	32.44	21.76	25.95	33.42	28.29
0°C	4	26.01	21.47	27.18	24.57	15.62	12.28	17.93	13.38	19.94	22.38	20.08
	5	17.53	11.21	30.73	8.46	11.80	14.38	12.78	15.88	22.86	25.93	18.71
	6	17.43	25.19	17.57	11.91	15.20	27.31	16.40	16.99	25.30	24.44	19.78
	8	17.36	35.49	20.46	15.66	21.67	21.28	33.64	27.19	28.12	30.97	25.18

A: 원형·압축·건조, B: 원형·압축·비건조, C: 원형·건조, D: 원형·비건조, E: 꼭지 제거·압축·건조, F: 꼭지 제거·압축·비건조, G: 꼭지 제거·건조, H: 꼭지 제거·비건조, I: 꼭지 제거·파쇄·건조, J: 꼭지 제거·파쇄·비건조

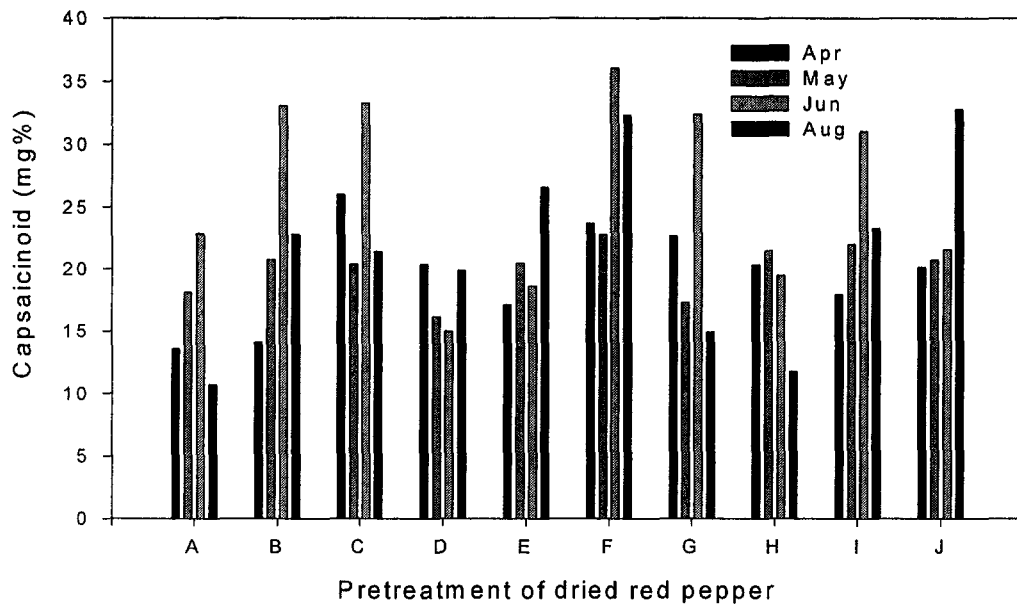


Fig.4-9 Changes of capsaicinoids at ambient temperature

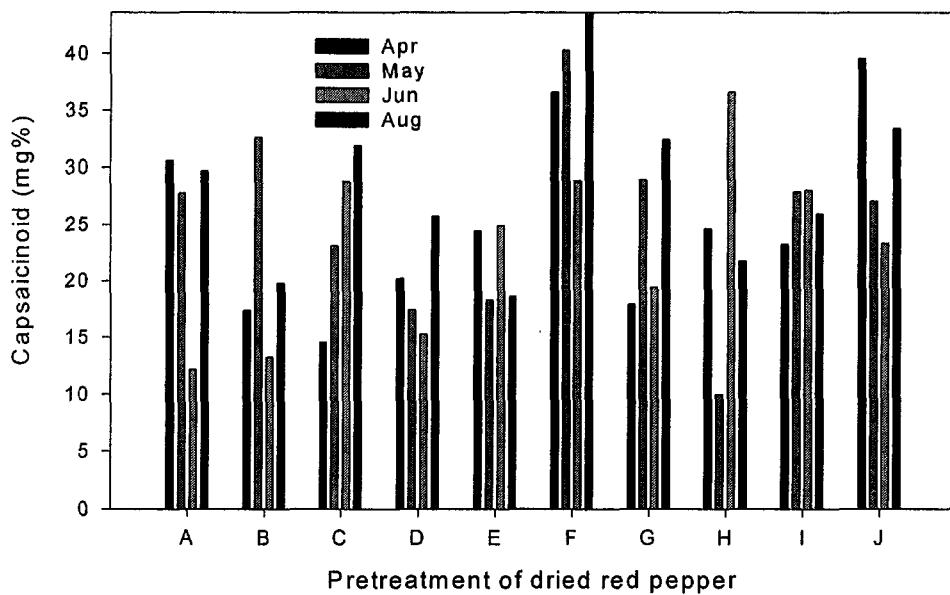


Fig.4-10 Changes of capsaicinoids at storage temperature 10°C

A: 원형·압축·건조, B: 원형·압축·비건조, C: 원형·건조, D: 원형·비건조,
 E: 꼭지 제거·압축·건조, F: 꼭지 제거·압축·비건조, G: 꼭지 제거·건조, H:
 꼭지 제거·비건조, I: 꼭지 제거·파쇄·건조, J: 꼭지 제거·파쇄·비건조

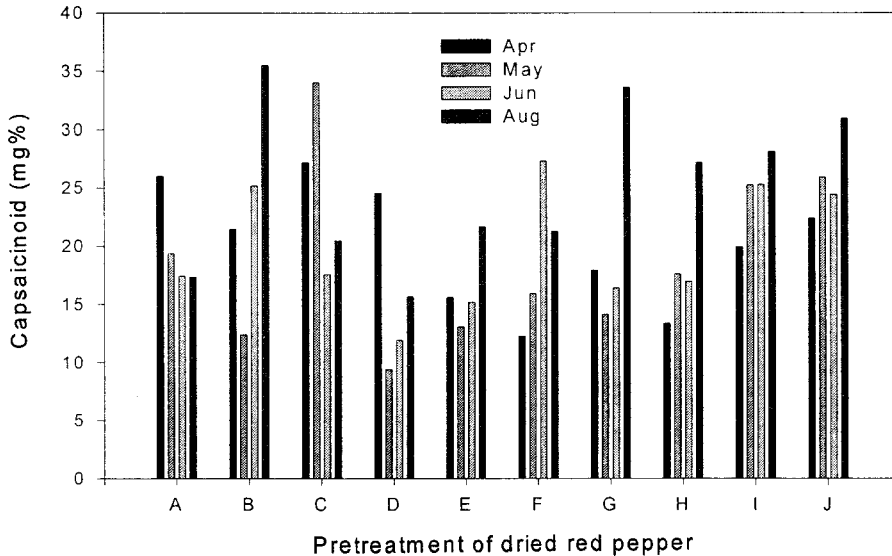


Fig.4-11 Changes of capsaicinoids at storage temperature 0℃

A: 원형·압축·건조, B: 원형·압축·비건조, C: 원형·건조, D: 원형·비건조,
 E: 꼭지 제거·압축·건조, F: 꼭지 제거·압축·비건조, G: 꼭지 제거·건조, H:
 꼭지 제거·비건조, I: 꼭지 제거·파쇄·건조, J: 꼭지 제거·파쇄·비건조

3. 가공용 고추 원료의 저장 시스템 모델 개발

가. 가공용 고추 원료의 전처리 방법

앞서 건고추 시료의 전처리 및 저장온도별 품질변화 요인을 분석한 결과 건고추 원료의 초기 함수율이 15~18%w.b. 일 경우 고추원료를 1/3로 압축하거나 꼭지제거후 압축 또는 굵은 입자를 조파쇄하여 저온창고(0, 10℃)에서 장기저장할 경우 원료품

질의 큰 변화가 없었다. 건고추 원료는 무게에 비해 부피가 매우 커서 저장시 가능한 시료를 압축하거나 조파쇄하여 저장부피를 감소시키는 것이 바람직하다. 특히 건고추 시료를 상온에서 장기저장 할 경우 수분이나 색도변화에 보다 원료내에 잔존하는 해충알이 부화되어 벌레나 나방이 발생되어 고추원료 품질이 크게 저하된다. 따라서 고춧가루 가공공장에서 사용되는 고추원료의 장기저장을 위해서는 반드시 0~5℃의 저온창고를 이용하여야 한다. 일반적으로 고추원료는 10월에서 12월 사이에 생산농가에서 주로 구매되며 익년 3월까지는 평균온도가 15℃ 이내이므로 이를 PE나 PVC 포대에 넣어 상온의 일반 창고에서도 보관이 가능하다. 그러나 4월 이후 외기온도가 20℃ 상승되고 습도가 높아지면 고추원료과피의 수분이 20%w.b. 이상으로 높아져 품질이 급격히 나빠진다. 따라서 4월 이후 9월 말까지 새로운 고추원료가 생산될 때까지 6개월 동안 건고추 원료보관이 매우 중요하다. 그림 4-12는 현행 건고추를 사용한 가공용 고추원료의 전처리 공정이다. 건고추 원료가 공장에 입고되면 원료를 선별 세척하여 흙, 먼지 등의 이물질 제거 후 고추꼭지를 제거한다. 그리고 고추과피를 절단하여 과피와 종자를 분리하며 절단고추 과피는 저장부피를 감소시키기 위하여 다시 햄머밀로 조파쇄한다. 기본적으로 고추과피와 종자는 분리하여 PE나 PVC 필름부대에 담아 저온저장을 한다.

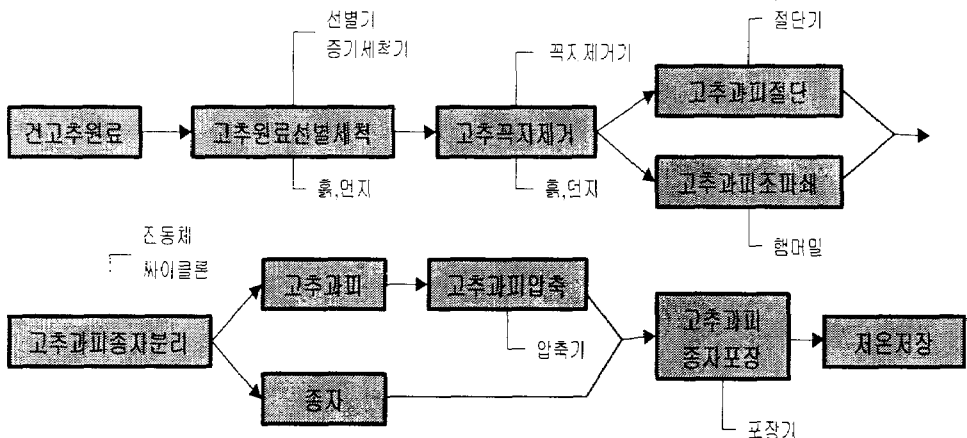


그림 4-12. 현행 건고추를 이용한 가공용 고추원료의 전처리 공정

이때 조파쇄되지 않은 고추과피는 압축기를 사용하여 가능한 부피를 1/2이하로 감소시킨다. 그림 4-13는 가공용 절단 건고추 원료를 사용하는 경우이다. 여기서는 고추과피가 생고추 절단되고 고추꼭지도 제거된 상태이기 때문에 별도의 원료, 선별, 세척, 꼭지제거 공정이 필요하지 않다. 그 밖의 공정은 앞서와 동일하다.

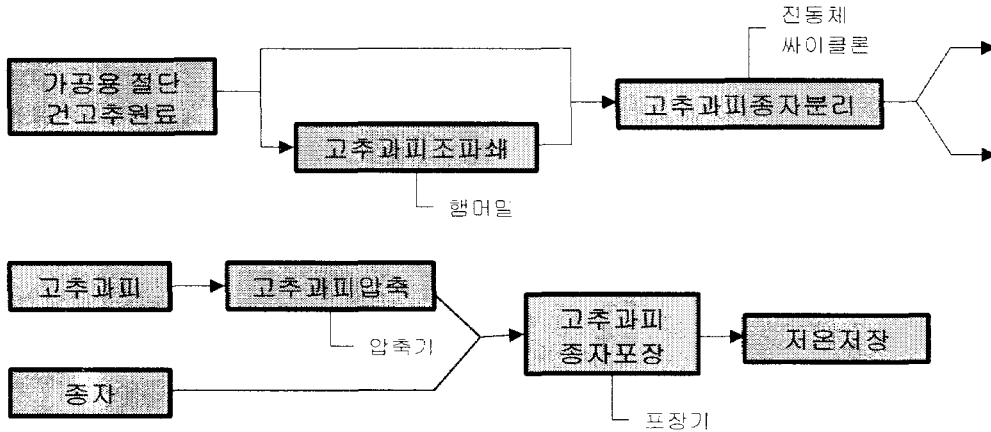


그림 4-13. 가공용 절단 건고추를 이용한 고추 원료 전처리 공정
나. 가공용 고추원료의 저장 시스템 모델 개발

그림 4-14은 가공용 고추원료 저장 시스템의 개략도이다. 건고추 원료 전처리부는 현행 원형 건고추 원료와 가공용 절단 건고추 원료가 별도로 공급되도록 하였다. 설치 단위 기계는 원료투입기, 원료선별기, 증기세척기, 고추꼭지제거기, 고추과피절단 및 조파쇄기, 고추과피 종자분리기, 고추과피 및 종자저장탱크, 고추과피압축 및 포장기 등으로 구성되어 있다. 기본적인 공장규모는 450m³(15W×30L)이다. 포장된 고추과피 및 종자원료는 별도의 저온창고에 보관된다. 이때 저온창고의 온도는 5~10℃, 3~5℃, 0~2℃ 등의 3단계로 구분하고 각각의 개수는 3:2:2 비율로 하여 건고추 원료 저장의 효율성과 비용을 높이는 것이 좋다.

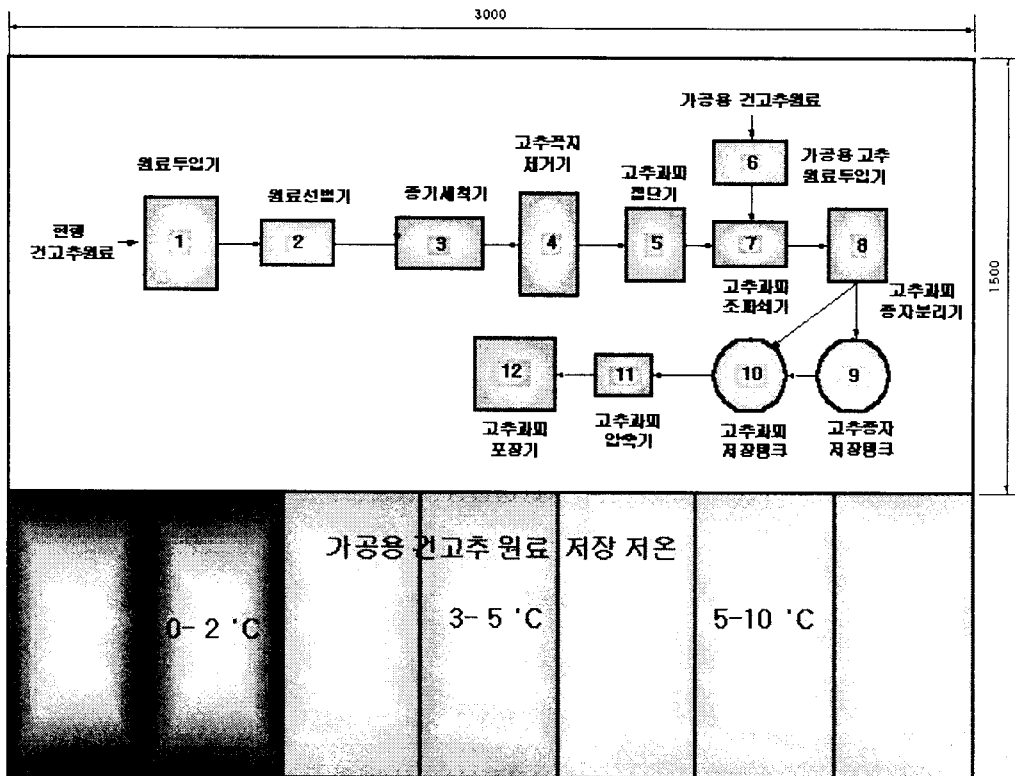


그림 4-14. 가공용 고추원료 저장 시스템의 개략도

제 5 장 고춧가루 가공공장의 단위기계별 자동화 시스템 개발

여 백

제 1 절 서론

고품질의 고춧가루를 제조하려면 우선 제조공정이 확립이 되어야 하며 그 다음으로 제조공정에 필요한 단위기계의 성능이 우수하여야 할 것이다. 고춧가루는 신미성분이 강한 분말형태이기 때문에 작업환경이 다른 식품공장보다 열악한 조건이 많으며 생산된 제품이 조미료 형태로 직접 식생활에 사용되기 때문에 품질과 위생적인 면에서 소비자가 신뢰할 수 있는 규격화된 제품이 되어야 한다. 고춧가루 가공공장의 제조설비는 원료공급장치에서 자동포장기에 이르기까지 매우 다양하며 이들 단위기계의 성능을 파악하고 공정별로 단위기계를 조합하여 자동화 시스템을 구축하는 것이 필요하다. 현재 전국 고추 주산지에 설립되어 있는 청결 고춧가루 가공공장의 제조설비를 중심으로 앞서 조사된 제조공정 및 제조설비의 문제점을 해결하기 위하여 연구되어야 할 분야를 보면 고추원료의 균일한 공급시스템, 고추꼭지 제거율을 제고할 수 있는 시스템, 고추의 분쇄효율을 높이고 소요동력을 감소시킬 수 있는 고추분쇄 시스템, 고춧가루의 유해 미생물을 살균할 수 있는 시스템, 고춧가루 품질을 on-line 상태로 연속적으로 측정할 수 있는 시스템 등이 나타났다. 본 연구에서는 이들에 관한 시작품을 설계제작과 성능실험을 통하여 새로운 자동화시스템을 개발하고 이를 첨단 고춧가루 가공공장 모델 설계에 활용하고자 하였다.

제 2 절 건고추원료의 균일 공급시스템 개발

1. 건고추원료의 균일 공급 시스템 1차 시작품 제작 및 성능실험

가. 실험 장치

건고추 원료의 균일한 공급을 위한 실험장치 시작품을 그림 5-1과 같이 제작하였으

며 그림 5-2는 개략도이다. 이 장치는 4개소의 판 스프링과 편심식 회전 디스크로 고정된 진동판과 0.5HP VS모터로 구성되어 있다. 진동판 위에 V형의 격자판이 설치되어 있으며 진동판의 경사도를 조절할 수 있게 되어 있다. 그리고 본 장치 전후에 원료 공급 콘베어와 배출콘베어를 설치하여 시료의 투입량과 진동판 경사도, V 격자판의 형태 등에 따른 건고추 시료의 균일 배출공급 상태를 측정할 수 있게 하였다.

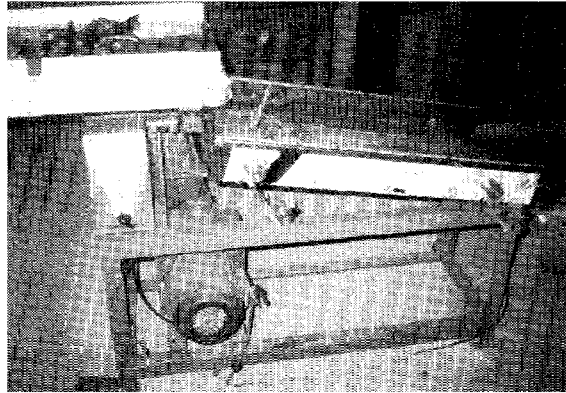


그림 5-1. 건고추원료 균일 공급시스템 1차 시작품

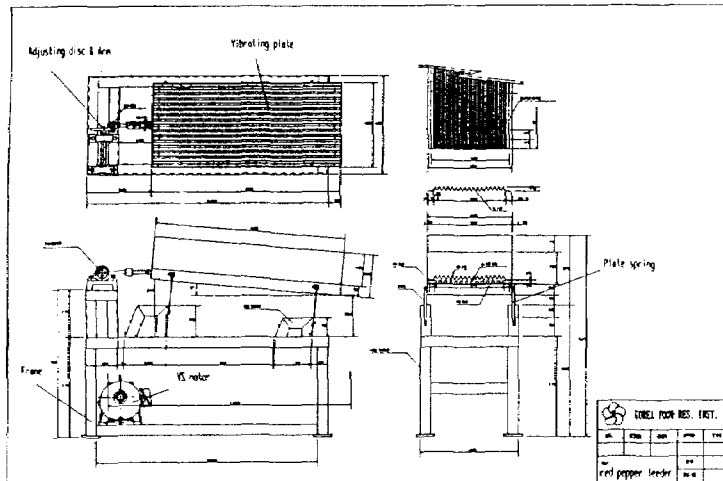


그림 5-2. 건고추원료 균일 공급시스템 1차 시작품 개략도

나. 실험결과 및 고찰

현재 고춧가루 가공공장에서 사용되는 건고추 균일공급장치는 진동식 공급기이다. 이 장치는 주로 고추꼭지 제거장치 앞에 설치되어 있어 건고추 원료가 엉키지 않고 균일하게 직선으로 공급되도록 하는 역할을 하고 있으나 균일공급 상태가 좋지 않아서 고추꼭지 제거장치의 효율을 저하시키는 원인이 된다. 본 실험에서는 진동수는 적으나 진폭이 비교적 큰 요동식(shaker식) 공급장치를 제작하였다. 본 실험에서는 시작품의 축편심의 크기와 진동판의 기울기, 축의 회전수 등을 변화시켜 최적 균일공급상태를 분석하고 있다. 그림 5-3은 실험 예를 나타낸 것이다. 시료는 금탑이었으며 1회 투입량은 100gr으로 4회 연속 투입하였다. 이때 공급 벨트와 진동판과의 높이는 22cm이며 진동축의 편심은 1.25cm 진동판의 기울기는 10°로 하였다. 공급 벨트의 이송속도는 0.15m/sec였으며 축의 회전 속도는 300 rpm이었다. 현재 진동판의 V형 격자의 높이, 편심축의 크기, 축의 회전수, 원료공급량 등의 변화에 따른 건고추 시료의 균일공급 특성에 관한 실험을 통하여 문제점을 분석하고 이를 토대로 2차 시작품을 설계하고자 하였다.

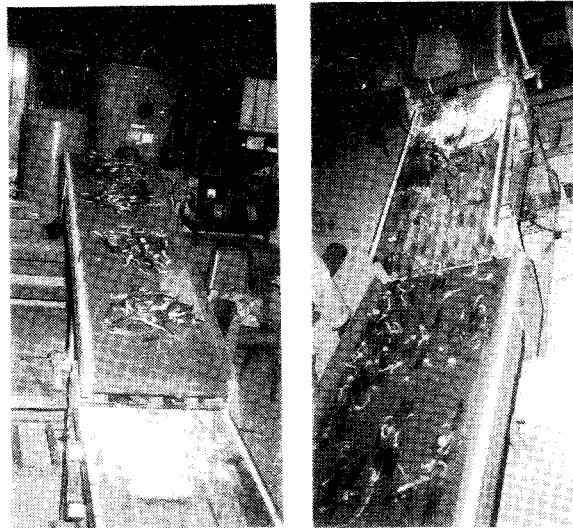


그림 5-3 건고추 균일 공급 실험과정

2. 건고추 원료의 균일 공급 시스템 2차 시작품 제작 및 성능실험

1차년도 연구 개발된 건고추 원료의 균일공급장치는 4개의 판스프링으로 고정된 진동체와 이를 진동시키는 편심식 회전 디스크로 구성되었으며 골판 형태의 판에 진동체 위에 고추의 정렬 방향을 잡아 주는 안내판과 투입되는 고추를 1차로 펼쳐주는 분산판이 설치되었다. 1차 시작품의 평균 처리 용량은 3kg/min였으며 이를 일일 작업 8시간을 기준으로 할 때 일일 1440kg/day을 처리할 수 있었다. 그러나 1차 시작품은 진동방식이 판스프링이고 편심식 회전 디스크로 진동을 주어 소음이 비교적 크게 발생하였으며 진동체 내부에 설치된 안내판 사이에 고추 시료가 막히는 현상이 생겨서 2차년도 시작품에서 이를 개선하고자 하였다.

가. 실험 재료 및 장치

본 실험에 사용된 시료 품종은 영양지역의 97년도산 다복 건고추였으며 시료의 물리적 특성은 표 5-1과 같으며 시료 과피 수분은 18.5%w.b.였다.

Table 5-1. Physical properties of dried red pepper sample
(variety:Da bok, pericarp moisture content:18.5%w.b.)

Weight(gr)	Length(mm)		Width(mm)	
	Pericarp	Calyx	Pericarp	Calyx
3.2	97.3	44.7	23.9	20.6

건고추 균일공급시스템 2차 시작품의 개략도는 그림 5-4와 같다. 진동체의 크기는 460W×900L×200H(mm)이며 재질은 스텐레스 철판이며 진동체 내부에 표면이 V형(30×30mm)으로된 고추정렬 진동판이 설치되었다. 진동체 중앙 부분에 진동을 발생시키는 평형추(weight balance)가 구동 폴리에 부착되어 있어 변속 모터(VS motor, 1hp)의 구동 회전수의 변화에 따라 진동속도가 조절되도록 하였다. 1차 시작품과의

주요 차이점은 진동체의 고정방법이 4개의 판스프링에서 진동폭가 진동수 조절이 쉬운 코일스프링으로 변경되었으며 이에 따라 진동구동방법이 편심회전디스크에서 폴리 부착 평형추로 수정되었다. 폴리 직경은 $\Phi 120\text{mm}$ 이며 평형추의 무게는 1.2kg이었다. 코일스프링의 외경은 $\Phi 32\text{mm}$ 이며 내경은 $\Phi 5\text{mm}$ 로 설계되었다. 그림 5-5은 제작된 건고추 균일공급장치를 나타낸 것이다.

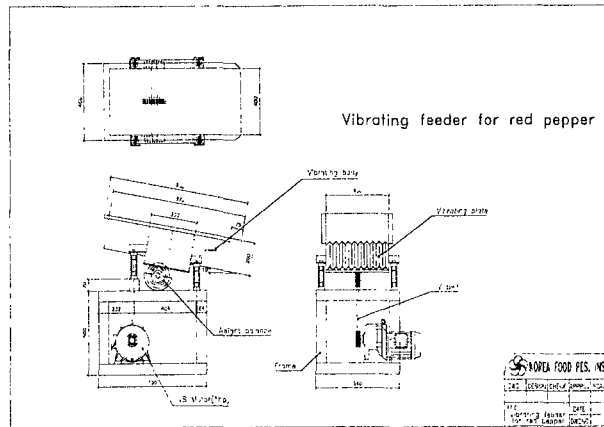


그림 5-4. 건고추 균일공급시스템 2차 시작품 개략도

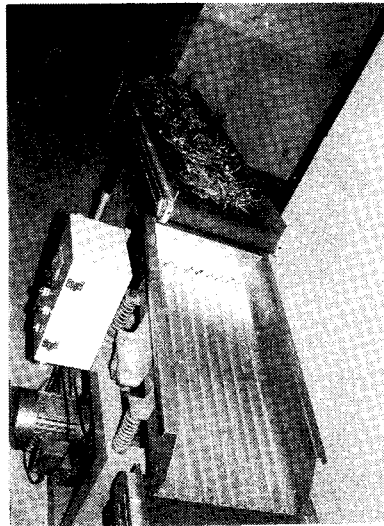


그림 5-5. 건고추 균일공급장치 2차 시작품

나. 실험방법

진동체의 평형추 회전수에 따른 건고추 균일공급장치의 성능을 실험하였다. 진동 장치의 진후에 원료공급 및 배출을 위하여 벨트 콘베어를 각각 설치하고 벨트 콘베어 이송속도를 원료공급측은 5m/min, 원료배출측은 8m/min로 조절하였다. 시료 투입량 1회에 800gr으로 하고 이를 200gr으로 4등분하여 공급벨트콘베어 전장 1400mm에 그림 5-5와 같이 산물 상태로 분리하여 놓았다. 그리고 진동 회전수를 3수준으로 구분하여 900, 1000, 1100rpm으로 정하고 이에 따른 배출벨트콘베어상의 건고추 균일퍼짐 상태를 2회 반복 측정하였다. 그림 5-5는 산물상태로 공급된 건고추 시료가 진동체 상에서 펼쳐져서 균일하게 배출되는 과정을 보여주는 것이다.

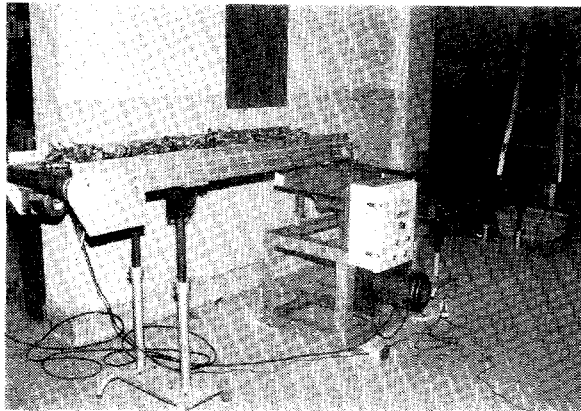


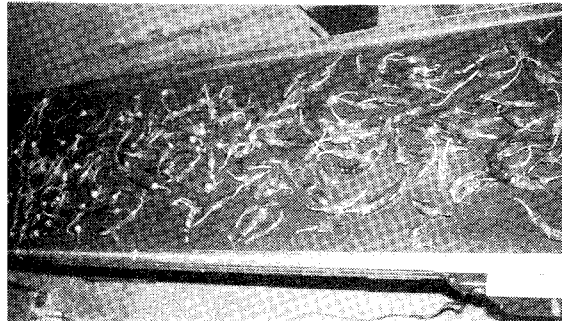
그림 5-6. 건고추 균일 공급시스템 성능실험과정

다. 실험 결과 및 고찰

건고추 원료 균일공급장치 2차 시작품의 진동체의 크기가 1차 시작품과 동일한 크기로 제작되었기 때문에 평균 처리용량은 공급시료의 물성에 따라 차이가 있지만 본 실험을 건고추 토대로 산출하면 2850gr/min 이었다. 이를 실제의 고춧가루 가공공장

에 적용할 경우 1370kg/day를 공급할 수 있다. 현재 산지 고춧가루 가공공장의 1일 건고추 처리용량이 최대 5000kg을 넘지 않기 때문에 본 실험장치를 활용할 경우 건고추의 균일한 공급을 위하여 4대 정도가 설치되어야 할 것으로 생각된다. 진동 평형추의 회전수에 따른 진동체의 진동변화가 산물상태의 건고추 시료의 배출상태에 미치는 영향을 보면 그림 5-6, 5-7과 같다. 진동 평형추의 회전수가 900~1100rpm 사이에서 건고추의 균일공급상태는 큰 차이가 없었으나 진동수가 900rpm에서는 시작품의 떨림 현상이 조금 보였으며 1000~1100rpm에서는 시작품의 작동상태가 평형을 이루어 큰 떨림이나 소음현상이 거의 없었다. 건고추 균일공급장치 2차 시작품의 성능실험결과 본 시작품은 구조가 간단하고 원료 균일공급이 가능하여 현행 고춧가루 가공공장의 원료이송 및 공급과정에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

a) 900rpm



b) 1000rpm



c) 1100rpm

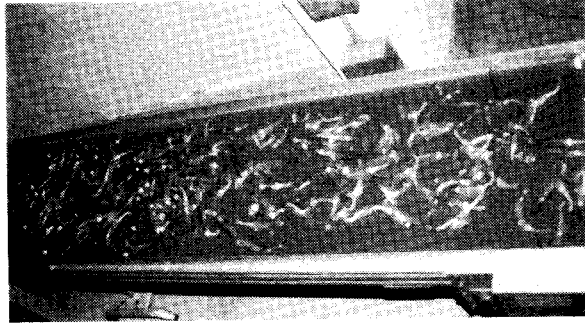


그림 5-7. 건고추 균일공급장치의 진동 평형추 회전수 변화에 따른 원료배출 상태

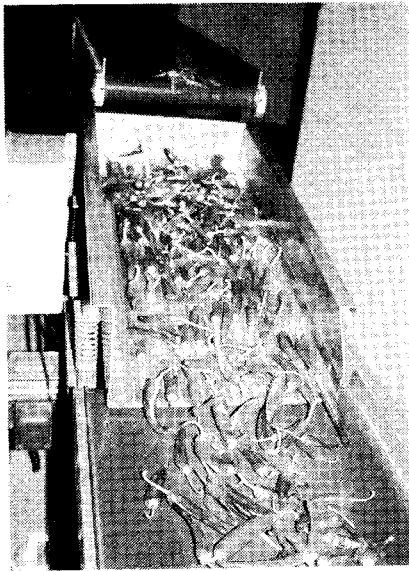


그림 5-8 진동체 상에서 건고추 시료의 배출과정

제 3 절 고추꼭지제거 및 과피 선별시스템 개발

1. 건고추의 품종별 물성분석

표 5-2는 '96년도 건고추 시료의 품종별 물성을 분석한 것이다. 대과종인 금탑, 부광 등의 과피길이는 118~119mm이며 꼭지길이는 42.3~53.4mm이었다. 같은 대과종 품종인 만양의 경우 재배환경의 영향으로 과피 및 꼭지의 길이가 105.3, 34.8mm 등으로 비교적 적게 나타났다. 중과종인 다복의 경우 과피와 꼭지 길이가 109.4, 78.3mm 등이었다. 시료의 평균 함수율이 15%w.b일 때 과실의 평균 무게는 3.0~4.2gr 사이로 부위별 중량비는 67~70.0%였으며 종자의 경우 22.1~24.7%, 꼭지는 7.0~9.0%로 나타났다. 본 시료의 경우에는 꼭지 중량비가 일반적인 9~12%보다 비교적 적게 나타났다. 고추시료의 물성은 품종에 따라 차이가 있지만 대부분이 재배지역의 토양 및 기상조건에 가장 큰 영향을 받으므로 국내산 고추의 물성조사는 앞으로 계속 연구되어야 할 것으로 판단된다.

Table 5-2. Physical properties of dried red peppers with varieties (M.C. 15%w.b)

Varieties	Length(mm)		Width(mm)		Weight ratio of parts(%)			
	Pericarp	calyx	W ₁	W ₂	Weight (gr)	Pericarp	Seed	Calyx
Keumtap	119.86	42.25	27.7	20.78	4.16	67.82	23.11	8.95
Dabok	109.36	78.28	24.29	19.88	3.06	67.01	23.96	9.02
Manyang	105.25	34.81	24.45	20.04	3.16	68.42	24.71	6.84
Bukwang	118.06	53.98	21.13	18.22	2.99	69.90	22.14	7.88

2. 건고추 압축 실험

가. 실험장치 및 방법

건고추를 일정한 압축력 50, 100kg으로 각각 압축한 후 과피와 꼭지사이의 인장력을 측정하여 고추꼭지제거 효율개선 방안을 찾고자 고추꼭지 압축력 및 부위별 인장력 분석 실험을 하였다. 실험에 사용된 시료의 품종은 앞서와 같은 4종류이며 시료의 수분은 14.5%w.b였다. 그림 5-9는 본 연구에서 제작한 고추 압축실험 장치로서 로드셀(200kgf), 압축롤러조합, DC모터 등으로 구성되어 있으며, 자료수집장치(HP3852A)을 이용하여 시료의 압축력을 연속 측정할 수 있도록 제작되었다. 그림 5-10은 건고추 압축실험 장치의 개략도이고 그림 5-11은 본 장치를 이용한 고추시료의 압축실험치 실례를 표시한 것이다.

압축된 고추시료의 과피와 꼭지 사이의 인장력을 측정하기 위하여 그림 5-11과 같은 물성측정장치(texture meter TXT2형, Swiss)을 이용하였으며 인장속도는 0.5mm/s였다. 시료 갯수는 압축력별, 품종별로 10개, 원형은 5개였다.



그림 5-9. 건고추 압축 실험 장치

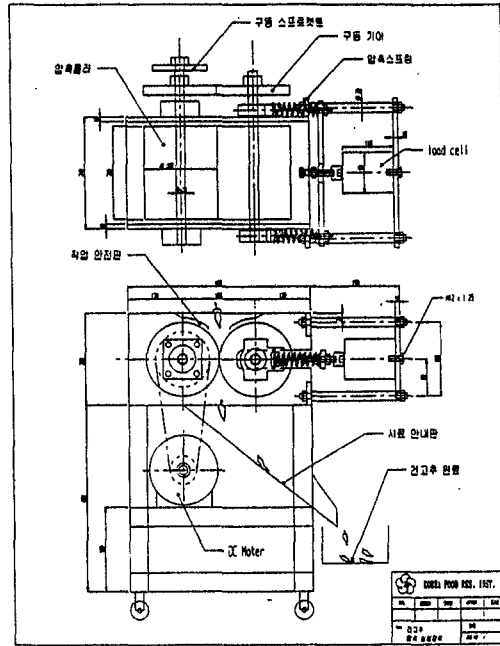


그림 5-10. 건고추 압축 실험 장치 개략도

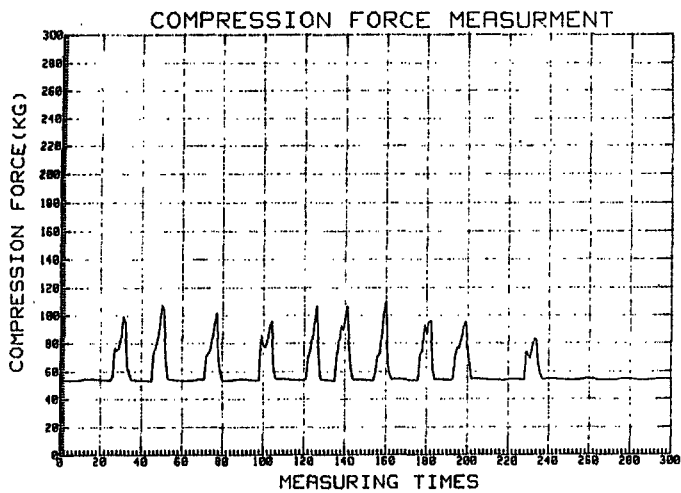


그림 5-11. 건고추 압축 실험 실례 (품종: 금탑, 압축력 100 kg)

나. 실험결과 및 고찰

표 5-3은 고추품종별 압축 후 고추과피와 꼭지 사이의 인장력을 나타낸 것이다. 압축력은 50, 100kg이었으며 0kg은 원형상태를 의미한다. 압축과정에서 고추꼭지 제거율도 분석되었다. 원형상태에서 고추과피와 꼭지의 인장력은 1177.7~2156.5gr이며 압축력 50kg일 경우 277.8~441.8gr이며 압축력100kg일 경우 225.1~582.2gr으로 나타났다. 건고추시료에 대한 압축력이 증가할수록 인장력이 감소되었으며 압축을 가한 건고추시료의 과피와 꼭지 사이의 인장력은 원형보다 3~5배 적은 것으로 나타났다. 압축과정에서 고추꼭지의 제거율을 보면 압축력 50kg일 때 30~40%, 100kg일 때 50~70%로 나타났다. 이상의 실험결과를 종합해 볼때 건고추에 가하는 압축력이 증가할수록 고추꼭지 제거율이 증가하는 것으로 분석되었다. 그러나 압축력이 100kg 이상이면 고추꼭지 제거율은 증가되나 과피의 파손율이 증가되는 현상이 발생하며 또한 시료 수분량도 꼭지제거율에 큰 영향을 미친다. 품종별 고추꼭지 및 과피의 인장력을 보면 대과종 금탑이 가장 크게 나타났으며 중과종인 다복이 가장 적은 것으로 분석되었다. 그림 5-12는 압축후 건고추시료의 모양을 나타낸 것이다.

Table 5-3. Tension force between pericarp and calyx of dried red pepper with varieties and compression forces (M.C. of sample 14.5%w.b)

Variety	Tension force (gr)			Calyx removing rate (%)	
	raw	50kg	100kg	50kg	100kg
Dabok	1669.4	277.8	225.1	40.0	60.0
Manyang	1540.3	441.8	296.1	40.0	60.0
Bukwang	1177.7	282.9	247.0	40.0	70.0
Keumtap	2156.5	375.9	582.2	30.0	50.0

* Average pericarp tension force : 6459.7gr

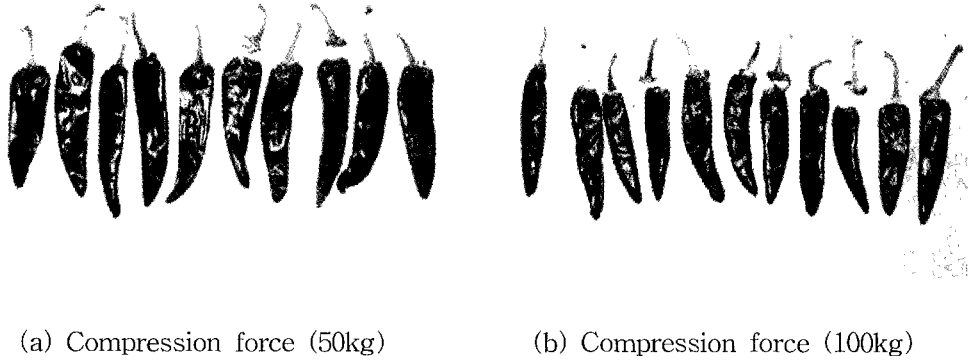


Fig. 5-12. Samples of compressed dried red pepper with compression force (50, 100 kg) (variety : Bukwang, M.C : 14.5 %w.b.)

3. 고추꼭지 및 과피선별 시스템 1차 시작품 제작 및 성능실험

가. 실험장치 및 방법

현행 고춧가루 가공공장의 건고추 원료의 꼭지제거 공정을 보면, 건고추원료가 100kg 이상의 하중으로 압축된 후 인장롤러조합에서 1차 꼭지가 분리된 후 과피선별 장치로 투입되어 과피와 꼭지가 선별된다. 본 시작품은 꼭지제거된 시료를 기준으로 제거된 고추꼭지와 과피를 선별하는 장치의 1차 시작품을 설계·제작하였다. 현행 고춧가루 가공공장의 최종 과피선별율이 80% 이하로 낮기 때문에 이를 효율적으로 개선하고자 그림 5-13, 5-14와 같은 회전 원통형 고추과피 선별장치를 고안하였다. 그림 5-15는 고추과피 선별장치의 시작품 상세도이다. 이 장치는 표면에 직경 2~3cm의 다공판으로 된 2개의 회전원통과 다수의 충격판이 설치된 축으로 구성되어 있으며 각각의 회전속도를 조절할 수 있도록 3개의 0.5HP VS모터를 설치하였다.

건고추 과피 선별을 실험은 1차 회전드럼을 12rpm으로 고정하고 중앙축 및 2차 회전 드럼의 속도를 각각 15와 20rpm, 80과 100rpm으로 하였을때 고추과피의 선별을 측정하였다. 시료는 고춧가루 가공공장에서 꼭지제거공정을 거친 고추를 사용하였으며, 시료의 품종은 금탑이고 수분은 15%w.b.였다.

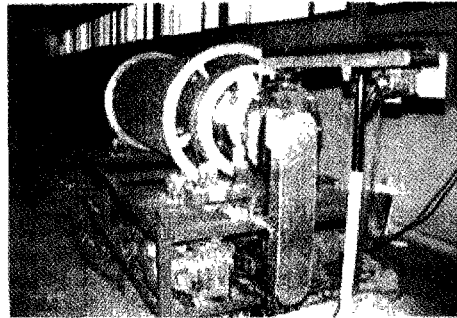
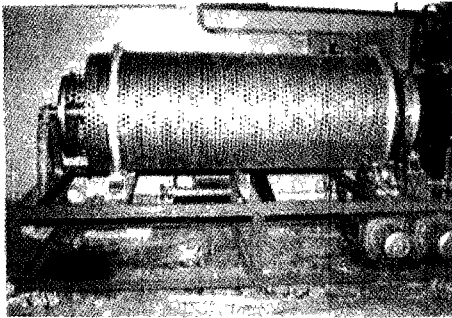


그림 5-13. 고추과피 선별시스템 1차 시작품

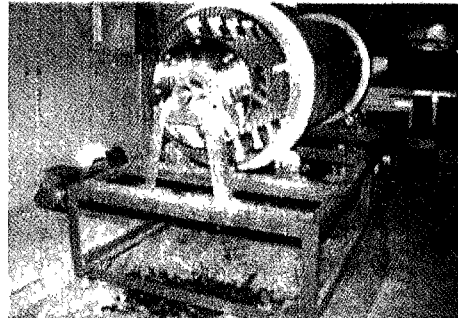
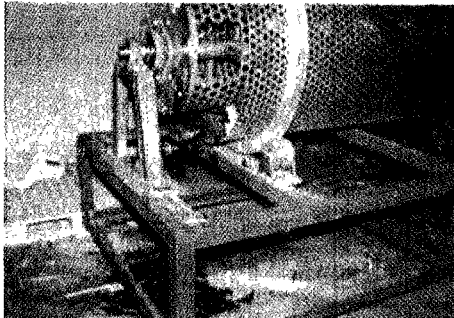


그림 5-14. 고추과피 선별 실험

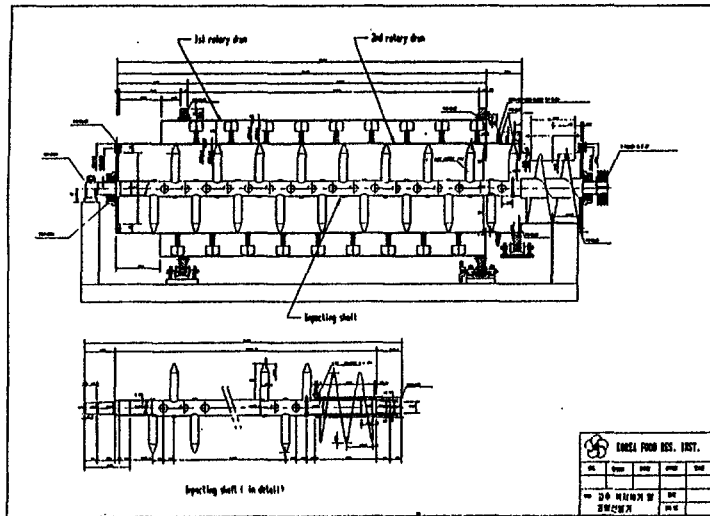


그림 5-15. 고추과피 선별시스템의 1차 시작품의 상세도

나. 실험 결과 및 고찰

표 5-4는 고추꼭지 및 과피선별시스템의 시작품 선별율을 나타낸 것이다. 시작품의 충격판이 부착된 중앙축 및 2차 회전드럼의 회전속도를 각각 15, 20, 80, 100rpm으로 하고, 1차 회전드럼의 속도를 12rpm으로 고정하였을 때 고추과피의 선별율을 보면 87.5~91.4%로 나타났다. 여기서 중앙축 및 2차 회전드럼의 회전속도가 20, 100rpm일 때 선별효율이 91.4%로 가장 높은 것으로 나타났다. 현행 고춧가루 가공공장의 고추과피선별이 평균 75~80%인 것을 고려할 때 본 시작품을 현행 제조공정에 설치할 경우 고추과피 선별율은 10~15% 이상 증대할 것으로 판단되며 이로 인하여 가공공장의 생산성 증대 및 작업 인력감소에 크게 기여할 것으로 본다.

Table 5-4. Separating rate of prototype pericarp separator with various operation

Rotating speed (rpm)		Separating weight (gr)		Separating rate (%)
Main saft	2nd rotary drum	Pericarp	pericarp+calyx	
15.0	80.0	931.5	137.5	87.5
15.0	100.0	902.9	102.6	89.8
18.0	80.0	796.7	103.8	88.6
18.0	100.0	952.7	89.4	91.4

4. 고추꼭지 및 과피선별 시스템 2차 시작품 제작 및 성능실험

가. 서론

고추꼭지제거 및 과피선별시스템의 1차 시작품의 고추과피선별율이 87~91%로 비교적 높게 나타났으나 처리용량이 2kg/min으로 비교적 적었다. 또한 선별장치의 1차 회전드럼과 2차 회전드럼에서 선별되는 고추과피와 고추꼭지제거가 되지 않은 고추가 선별기 배출구가 분리되지 않아 혼합되므로 2차 수작업 형태의 선별작업의 작업효율이 낮아지는 원인이 되므로 시작품에서는 이를 각각 분리하였다. 그리고 2차 회전드럼의 다공판의 직경이 $\phi 20\text{mm}$ 로 커서 일부 소과종의 고추 시료가 선별과정에서 외부로 손실되는 경우가 발생하였다. 따라서 2차년도 실험은 이러한 문제점을 개선하고 고추과피 선별의 처리용량을 1차년도 보다 2배 증가한 4kg/min으로 하였을 때 작업 조건에 따른 고추과피 선별효율을 분석하고 이를 토대로 고춧가루 가공공장의 고추꼭지 제거 및 과피선별 시스템의 적정 설계방안을 제시하고자 하였다.

나. 실험재료 및 장치

본 실험에 사용한 건고추 시료는 음성지역의 97년산 다복이며 시료의 과피 수분은 19.2%w.b.였다. 시료의 물성은 표 5-5와 같다.

Table 5-5. Physical properties of dried red pepper sample
(variety:Dabok, pericarp moisture content:19.2%w.b.)

Weight(gr)	Length(mm)		Width(mm)		Weight ratio(%)		
	Pericarp	Calyx	Pericarp	Calyx	Pericarp	Seed	Calyx
3.4	116.2	43.5	24.1	20.2	70.25	22.8	7.0

건고추 시료는 1차로 현행 청결 고춧가루 가공공장에 설치되어 있는 고추압축 및 고추꼭지 분리장치를 이용하여 고추꼭지를 분리하지 않고 압축과정만 거친 시료와 고추압축후 고추꼭지 분리장치를 통과하여 고추과피와 고추꼭지가 분리된 시료로 구분하였다. 그리고 압축과정만 통과한 고추시료를 고추꼭지 분리장치를 통과하지 않고 곧바로 고추꼭지제거 및 과피선별시스템에 의한 고추과피 선별작업의 가능성을 분석하여 건조온도 60℃, 건조시간 30분에서 건조시켜 시료과피의 수분이 14.6%w.b.되게 하였다. 그림 5-16은 본 실험에 사용된 시작품의 개략도를 표시한 것이며 그림 5-17은 시작품의 내부구조를 나타낸 것이다. 고추꼭지제거 및 과피선별 시스템은 1차로 고추 압축장치와 고추꼭지 분리장치에서 분리된 고추과피와 고추꼭지를 선별하고 꼭지가 남아 있는 건고추에서 꼭지를 추가로 제거하므로써 최종적인 고추과피 선별작업에 사용된다. 원료 투입구로 이송된 시료는 이송콘베어에 의하여 직경 $\phi 30\text{mm}$ 의 다공철편으로 된 직경 $\phi 514\text{mm}$, 길이 2300mm의 1차 회전드럼에 이송되어 충격판이 부착된 구동축에 의하여 1차 선별되며 1차 회전드럼의 다공철편을 통과한 시료는 2차 회전드럼에 의하여 다시 고추과피와 꼭지가 선별되어진다. 직경 $\phi 780\text{mm}$, 길이

1700mm이며 다공철판의 직경 18mm로 1차 시작품 보다 2mm적었다. 각각의 회전드럼에는 별도의 시료 출구를 설치하였으며 3개의 변속모터(VS motor, 1hp)을 이용하여 장치를 구동하였다. 프레임에 제외한 모든 재질은 SUS 304이며 1차 회전드럼 충격판은 표면에 테프론 코팅을 하였으며 2차 회전드럼의 충격판은 실리콘 재질로 하였다. 그림 5-18은 제작된 시작품의 외형이다.

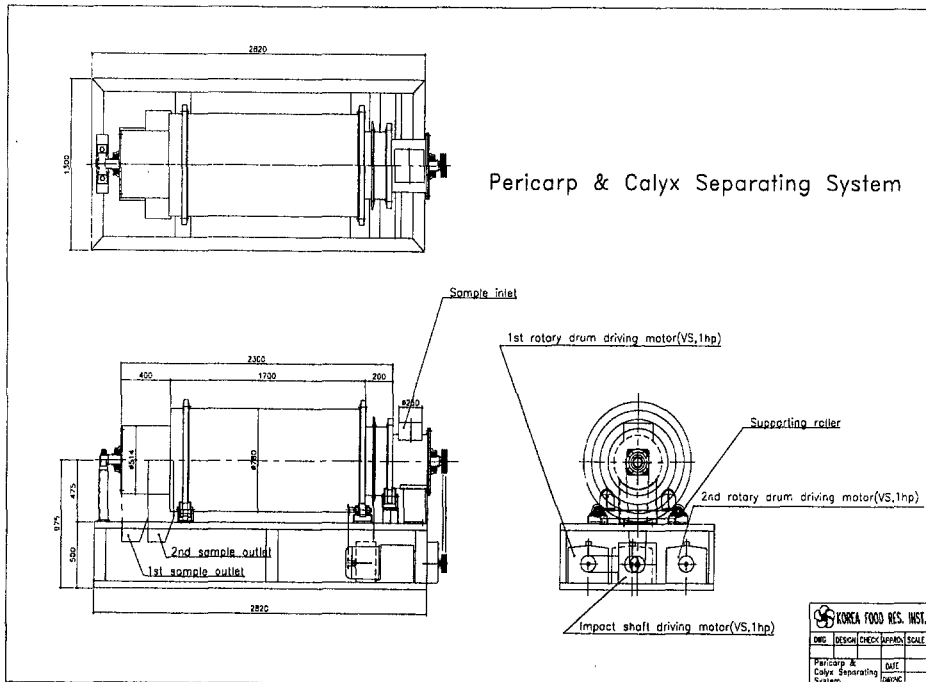


Fig. 5-16. Prototype of pericarp & calyx separating system

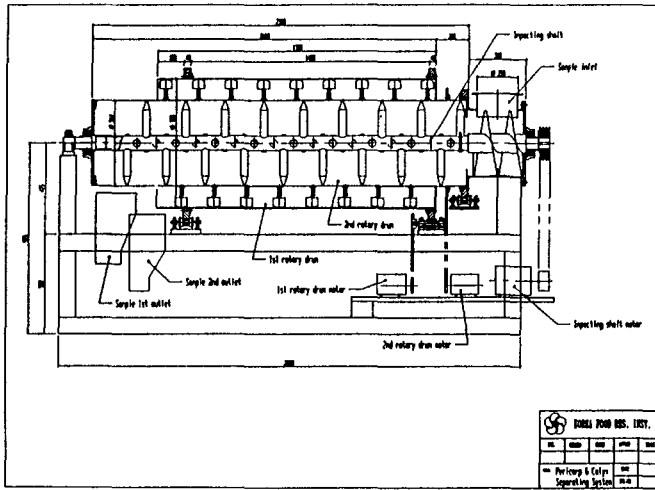


Fig. 5-17. Drawing for pericarp & calyx separating system

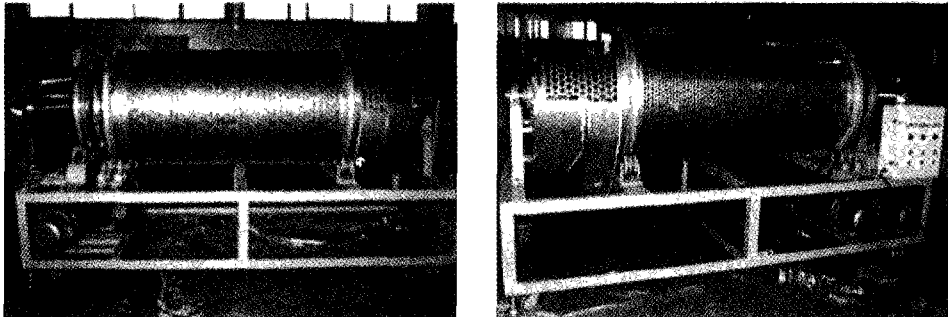


그림 5-18. Prototype of pericarp & calyx separating system

다. 실험결과 및 고찰

1) 압축고추원료의 고추과피 선별실험

고추꼭지 분리장치를 이용하지 않고 건고추 시료를 압축물러 만을 통과시켜 고추 꼭지와 과피 사이의 인장력을 감소시킨후 고추꼭지 제거 및 과피선별 시스템을 이용하여 고추꼭지 제거와 과피선별을 동시에 수행하는 실험을 하였다. 건고추 시료는 압축후 건조온도 60℃에서 30분간 건조시켜 과피수분이 14.6%w.b.인 것과 원형상태인 19.3%w.b.을 사용하였다. 표 5-6은 운전조건에 따른 선별율을 나타낸 것이다. 충격판이 부착된 중앙축의 회전속도를 70, 50rpm으로 1차 회전드럼의 회전속도를 15, 20rpm으로 하고 2차 드럼을 8rpm으로 고정하였다. 과피수분이 19.4%w.b.인 건고추 시료의 경우 과피선별율이 51.0~54.2%였으며 압축한 건고추 시료를 재건조하여 과피의 수분이 14.6%w.b.인 경우 과피선별율은 66.3~69.8%로 나타났다. 이러한 실험결과는 압축된 건고추의 고추꼭지 분리장치가 설치되지 않으면 압축된 건고추 원료를 건조하여 꼭지와 과피 사이의 인장력을 약하시키더라도 고추과피 선별율이 70% 이상을 넘지 못하는 것을 보여 주었다.

Table 5-6. Separating rate of pericarp & calyx separator for compressed red pepper with various operating conditions

Operating condition (rpm)	Moisture content of pericarp (%w.b.)	Sample outlet	Separating sample weight(gr)				Separating rate(%) (Pericarp/ Total*100)
			Whole	Pericarp	Calyx	Subtotal	
Main shaft= 50 1st R. drum= 15 2nd R.drum= 8	19.3	1st R. drum	52.5	40.8		93.3	2.4
		2nd R. drum	639.1	844.3		1483.4	50.1
		Outside		38.8	68.4	107.2	2.3
		Total				1683.9	52.6
	14.6	1st R. drum	44.7	42.2		86.9	2.4
		2nd R. drum	346.0	1112.6		1458.6	64.3
		Outside		98.7	86.0	184.7	5.7
		Total				1730.2	66.7
Main shaft= 50 1st R. drum= 20 2nd R.drum= 8	19.3	1st R. drum	88.1	96.3		184.4	5.7
		2nd R. drum	594.1	816.8		1410.9	48.5
		Outside		28.6	61.7	90.3	1.7
		Total				1685.6	54.2
	14.6	1st R. drum	47.7	108.0		155.7	6.1
		2nd R. drum	369.1	1080.0		1449.1	61.2
		Outside		83.1	76.6	159.7	4.7
		Total				1764.5	67.3
Main shaft= 70 1st R. drum= 15 2nd R.drum= 8	19.3	1st R. drum	80.4	90.3		170.7	5.4
		2nd R. drum	630.5	790.4		1420.9	47.3
		Outside		26.4	53.6	80.0	1.6
		Total				1671.6	52.7
	14.6	1st R. drum	77.4	169.5		246.9	10.0
		2nd R. drum	299.1	1014.4		1313.5	59.8
		Outside		69.4	65.4	134.8	4.1
		Total				1695.2	69.8
Main shaft= 70 1st R. drum= 20 2nd R.drum= 8	19.3	1st R. drum	105.8	128.4		234.2	7.5
		2nd R. drum	644.0	747.8		1391.8	43.6
		Outside		36.7	54.4	91.1	2.1
		Total				1717.1	51.0
	14.6	1st R. drum	49.3	120.7		170.0	7.0
		2nd R. drum	364.6	1018.5		1383.1	59.2
		Outside		86.7	79.7	166.4	5.0
		Total				1719.5	66.3

2) 압축 및 고추꼭지분리 후 고추과피 선별실험

표 5-7은 압축된 건고추 시료를 재건조하지 않고 고추꼭지 분리장치를 통과 시킨 후 고추꼭지 제거 및 과피선별 장치의 시작품을 통과시켰을 때 고추과피의 선별율을 나타낸 것이다. 시작품의 작동조건은 앞서와 동일하게 하였다. 고추과피 선별율은

84.8~85.7%였으며 2차 회전드럼의 외부로 유출되는 고추꼭지에 부착된 과피부분과 소과종 원형고추를 합한 과피손실율은 3.8~4.7%로 나타났다. 따라서 외부로 유출되는 과피손실량을 70%이상 회수할 수 있는 별도의 선별장치가 개발되어 활동되면 2.7~3.3%의 고추과피를 재회수할 수 있어 전체 고추과피 선별율을 88~90%이상으로 향상시킬 수 있다고 생각된다. 그림 5-19는 2차 고추꼭지제거 및 과피선별장치 시작품의 선별실험을 나타낸 것이며 그림 5-20은 1, 2차 회전드럼에서 고추과피, 고추꼭지가 제거안된 시료와 2차 회전드럼 외부방향으로 배출된 고추꼭지 및 혼입된 파쇄 고추과피, 손형 고추시료의 혼합물을 나타낸 것이다.

Table 5-7. Separating rate of pericarp & calyx separator for calyx removed red pepper with various operating conditions

Operating condition (rpm)	Moisture content of pericarp (%w.b.)	Sample outlet	Separating sample weight(gr)				Separating rate(%) (Pericarp/ Total*100)
			Whole	Pericarp	Calyx	Subtotal	
Main shaft= 50 1st R. drum= 15 2nd R.drum= 8	19.3	1st R. drum	5.3	64.5		69.8	3.9
		2nd R. drum	53.1	1335.6		1388.7	81.6
		Outside		71.9	106.1	178.0	4.4
		Total				1636.5	85.6
Main shaft= 50 1st R. drum= 15 2nd R.drum= 8	19.3	1st R. drum	6.8	118.3		125.1	6.9
		2nd R. drum	53.8	1342.0		1395.8	78.8
		Outside		65.5	116.9	182.4	3.8
		Total				1703.3	85.7
Main shaft= 70 1st R. drum= 15 2nd R.drum= 8	19.3	1st R. drum	10.5	110.3		120.8	6.5
		2nd R. drum	56.8	1301.9		1358.7	76.6
		Outside		95.4	124.5	219.9	5.6
		Total				1699.4	83.1
Main shaft= 70 1st R. drum= 15 2nd R.drum= 8	19.3	1st R. drum	12.6	129.1		141.7	7.6
		2nd R. drum	55.4	1307.9		1363.3	77.2
		Outside		80	109.2	189.2	4.7
		Total				1694.2	84.8

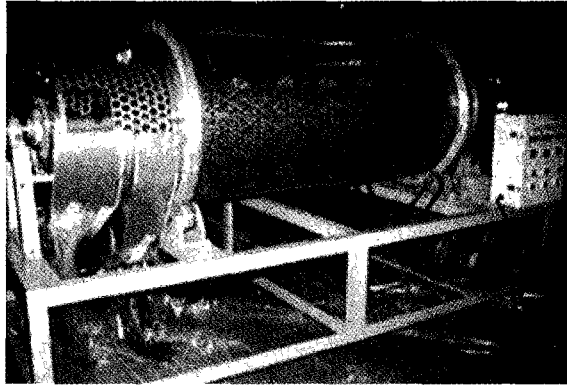


그림 5-19. Prototype of pericarp & calyx separating unit

a) Pericarp



b) whole red pepper



c) pericarp and calyx



Fig. 5-20. Example of separated red pepper sample.

3) 고추꼭지 제거 및 과피선별 시스템의 개선방향

1, 2차년도 고추꼭지 제거 및 과피선별 시스템의 연구결과를 기초로 하여 현행 고춧가루 가공공장의 고추과피 선별효율을 85~90%이상으로 향상시킬수 있는 모델 시스템을 제시하면 그림 5-21와 같다. 건고추 시료는 2개의 고추압축장치를 통과한 후 2대의 고추꼭지 분리장치를 통과시켜 고추꼭지와 과피를 일차적으로 80%이상 분리시킨다. 그리고 본 연구에서 개발된 회전형 고추꼭지 제거 및 과피 선별장치를 통과하면서 미분리된 고추꼭지를 추가로 분리하며 고추꼭지와 과피를 1, 2차 다공판 회전드럼을 이용하여 2차적으로 분리선별하는 것이다. 고추의 다양한 형상, 품종간의 물성차이 등을 고려한다면 현행 고추품종 및 수확방법으로서는 기계적인 고추과피 선별율이 90%이상 도달하는 것은 매우 어려운 실정이다. 따라서 최종적인 수작업을 이용한 선별콘베어가 도입되어야 할 것으로 판단된다. 특히 2차 회전드럼에서 배출되는 고추꼭지 및 미선별 고추과피 혼합물에 포함된 3~5%의 고추과피 손실량을 줄일 수 있는 선별장치 개발이 향후 추진되어야 할 과제라고 생각된다.

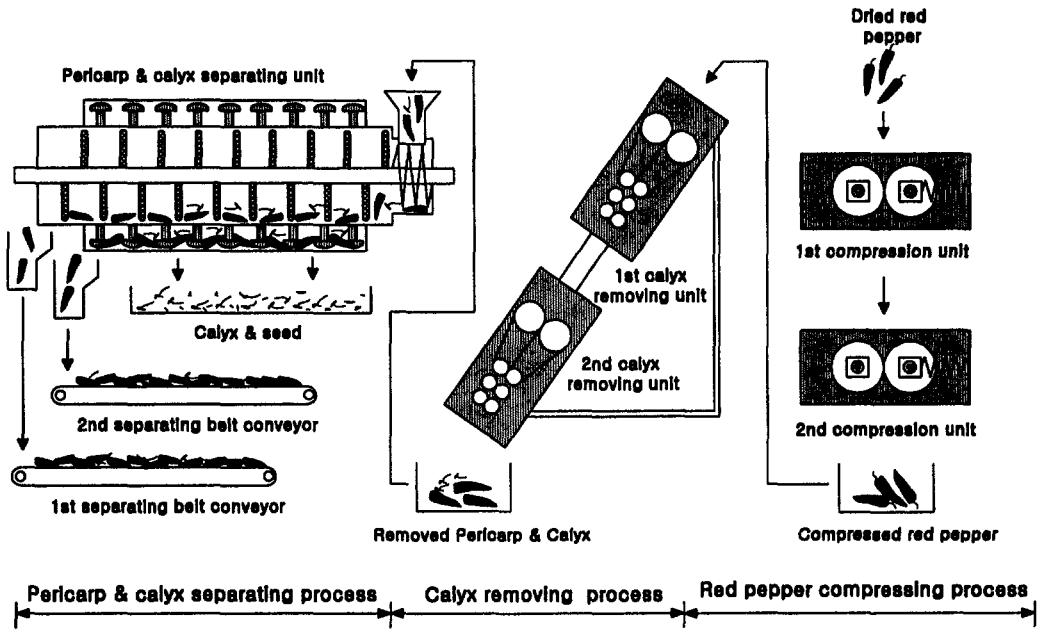


Fig. 5-21. Schematic diagram of pericarp & calyx separating system for dried red pepper.

제 4 절 연속식 고추분쇄 시스템 개발

1. 연속식 고추분쇄 시스템 1차 시작품 제작 및 성능실험

가. 고추 분쇄방법에 따른 분쇄특성 분석

1) 실험장치 및 방법

고추 분쇄방법에 따른 고춧가루 색도와 입도 등을 분석하고자 롤밀(roll mill), 디스크밀(disk mill), 핀 크러셔(pin crusher) 등의 3가지 실험용 분쇄기를 사용하였다. 이들의 주요 사항은 다음 표 5-8과 같으며 그림 5-22는 각각의 분쇄기를 나타낸 것이다.

표 5-8. 실험용 고추분쇄장치 종류 및 주요 사항

종류	주요 사항
롤 밀	원료 절단물 홈롤: 7 inch 롤 속도비: 2:1 평롤: 7 nch 소요 동력: 3 hp
핀크러셔	스크린 직경: 10 inch 입도: 30~120 mesh 소요 동력: 3hp 충격판 내부 4개 10개 회전 속도: 4500 rpm
디스크 밀	디스크 직경: 2.75 inch 소요 동력: 1/2 hp 회전 속도: 930 rpm

고추과피와 종자가 10:1로 혼합된 고추시료를 분쇄방법에 따라 각각 1kg씩을 준비하였다. 분쇄기 종류에 따른 분쇄방법을 보면 롤 분쇄기의 경우 고추시료를 흠 롤러 6회, 평롤 3회 분쇄하였으며 충격식 분쇄기와 디스크 분쇄기는 각각 2회씩 분쇄하였다. 그리고 분쇄된 각각의 고추시료를 100 gr씩 3회 채취하여 시료의 입도를 분석하였다. 입도분석은 Tyler의 표준 진동체를 8, 14, 18, 30, 40, 50, pan으로 조합하여 사용하였으며 미국 농공학회의 사료 입도 분석 방법(ASAE S319)을 이용하여 기하평균 입경 및 기하표준편차를 다음과 같은 수식으로 구하였다.

$$d_{gw} = \log^{-1} \left[\frac{\sum W_i \log \bar{d}_i}{\sum W_i} \right]$$

$$S_{gw} = \log^{-1} \left[\frac{\sum W_i (\log \bar{d}_i - \log d_{gw})^2}{\sum W_i} \right]^{1/2}$$

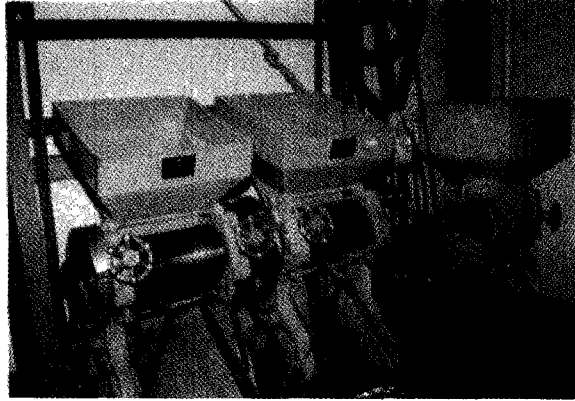
여기서 d_{gw} : 기하평균입자경

S_{gw} : 기하표준편차

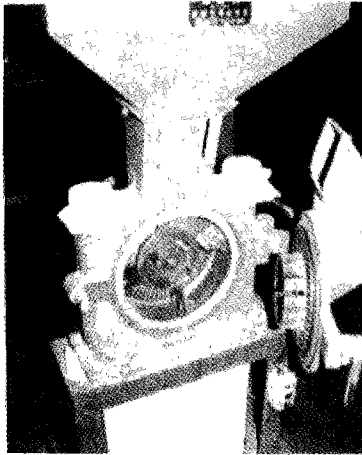
W_i : 잔유분 중량 (i번째 체)

\bar{d}_i : $(d_i \times d_{i+1})^{1/2}$

분쇄방법에 따른 입도별 고춧가루 색도는 colorimeter를 사용한 색도 L,a,b값과 스펙트로포토미터에서 구한 ASTA값을 분석하였다.



(a) 롤 밀



(b) 핀크러셔



(c) 디스크 밀

그림 5-22. 실험용 고추 분쇄장치 종류

2) 실험결과 및 고찰

(가) 고춧가루의 입도

분쇄방법에 따른 고춧가루의 입도는 표 5-9와 같다. 현행 고춧가루 가공공장의 분쇄방법과 같은 흠롤 6회, 평롤 2회로 분쇄된 롤 분쇄방법의 고춧가루의 기하 평균입경은 0.38~0.39mm이며 충격식 분쇄방법은 2회 이상 분쇄할 경우 고춧가루가 입도가 80메시 이하로 미분상태로 되기 때문에 2회 까지 시료를 반복 분쇄하였으며 이것의 기하평균입경은 0.48~0.49mm로 롤 분쇄방법보다 입도가 큰 것으로 나타났다. 실험용 디스크 분쇄기를 이용한 디스크 분쇄방법에서 고춧가루의 기하평균입경은 0.49~0.5로 입도가 가장 큰 것으로 나타났다.

표 5-9. 분쇄방법에 따른 고춧가루의 입도 분석(단위:mm)

분쇄방법	실험 회수	기하평균입경 (d_{gw})	기하표준편차 (S_{gw})
롤 분쇄 (흠롤 8회, 평롤 2회)	1	0.33	1.73
	2	0.33	1.72
	3	0.33	1.70
충격식 분쇄 (2회 반복)	1	0.40	1.55
	2	0.39	1.53
	3	0.39	1.53
디스크 분쇄 (2회 반복)	1	0.41	1.52
	2	0.41	1.54
	3	0.40	1.53

(나) 고춧가루의 색도

표 5-10과 표 5-11은 분쇄방법에 따른 고춧가루의 색도를 색도 L, a, b값과 ASTA color 값으로 나타낸 것이다. 롤 분쇄방식이 비교적 입자가 큰 입도 14, 18, 30mesh에서 고춧가루의 붉은 색상을 증진시키는 L, a값이 35, 21로 가장 높았으며 ASTA color 값도 87~90으로 가장 높았다. 이상의 분쇄방법에 따른 고춧가루의 입도 및 색도분석 결과에 의하면 현행 롤 분쇄방법이 건고추 분쇄에 적합한 분쇄방법으로 평가되었다.

표 5-10. 분쇄방법에 따른 입도별 고춧가루의 색도(L,a,b)

입도 (mesh)	롤 분쇄			충격식 분쇄			디스크 분쇄		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
14	35.2	20.5	19.3	34.4	14.9	11.4	22.9	11.3	8.7
18	35.1	21.2	20.2	33.3	16.3	12.3	23.8	12.9	10.2
30	35.3	21.7	20.1	35.1	19.1	15.5	25.2	13.6	13.5
40	36.3	24.1	22.7	37.2	20.9	19.3	26.3	15.1	15.5
50	37.3	25.7	24.9	42.2	25.2	27.9	28.9	17.8	20.1
pan	39.6	28.1	29.3	45.2	28.1	33.8	29.6	19.2	22.6

표 5-11. 분쇄방법에 따른 입자별 고춧가루 색도(ASTA color)

입도(mesh)	롤 분쇄	충격식 분쇄	디스크 분쇄
14	87.17	46.67	71.92
18	86.51	55.35	74.50
30	90.12	64.87	75.69
40	88.53	73.15	77.14
50	87.54	79.34	84.08
pan	97.33	86.83	90.28

나. 연속식 고추분쇄 시스템 1차 시작품 제작 및 성능실험

1) 실험장치 및 방법

현행 롤밀 형태의 고추분쇄기의 분쇄 성능과 작업 효율을 개선하기 위하여 소형 롤러밀을 3대 연속 조합한 고추분쇄장치 시작품을 설계·제작하였다. 1개의 롤 크기는 $\varnothing 200 \times 150\text{mm}$ 이며 조합된 전체 길이는 $\varnothing 200 \times 600\text{mm}$ 이며 분쇄시 롤의 온도 상승을 억제하기 위하여 롤축과 롤 내부에 물을 순환 시킬 수 있도록 하였다. 롤밀에 고춧가루를 연속 공급할 수 있도록 내부에 칸막이가 부착된 고춧가루 이송 로터리 드럼이 설치되어 있다. 그리고 롤밀의 압력을 일정하게 조절할 수 있는 압력 조절게이지가 부착되어 있다. 분쇄 롤의 구동모터 동력은 5HP이며, 로터리 드럼의 구동모터는 회전 속도조절이 가능한 1HP VS 모터이다. 원료공급 스크류는 0.25HP DC 모터로 설계되었다. 그림 5-23은 연속식 고추분쇄장치 시작품이고 그림 5-24는 본 시작품의 개략도이다. 그림 5-25는 연속 고추분쇄장치의 분쇄롤러 조합을 나타낸 것이다.

시작품의 분쇄성능을 측정하기 위하여 고춧가루 이송 로터리 드럼의 회전속도를 각각 10, 15, 17rpm으로 하고 분쇄기 통과 횟수를 2회로 하였다. 건고추 시료 품종은 '96년산 다복으로 수분은 14%w.b.였으며, 고추꼭지를 완전히 제거하고 조파쇄된 고추 과피와 종자 비율을 9:1로 하였다. 원료 투입량은 4kg/min였다. 시작품의 건고추분쇄 특성을 비교하기 위하여 현행 소형 롤밀을 8회 통과한 고춧가루와 비교·분석하였다. 분쇄특성으로는 입도, 색도, ASTA값 등을 측정하여 사용하였다.

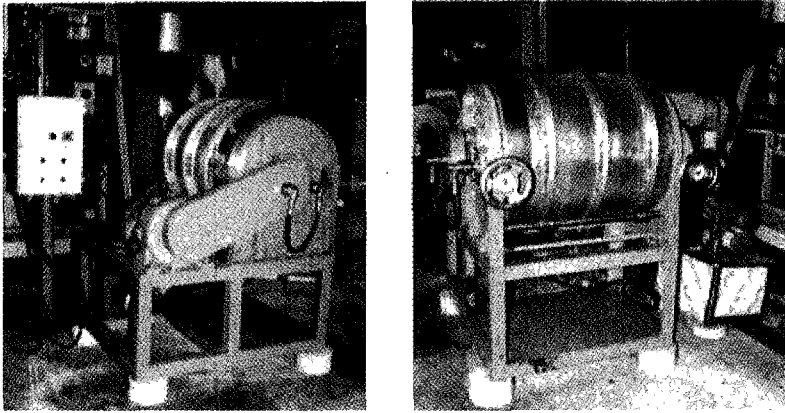


그림 5-23. 연속식 고추분쇄 시스템 시작품

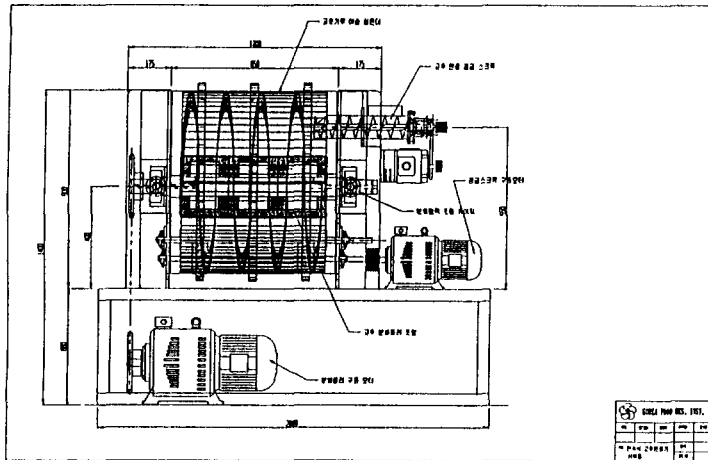


그림 5-24. 연속식 고추분쇄 시스템의 개략도

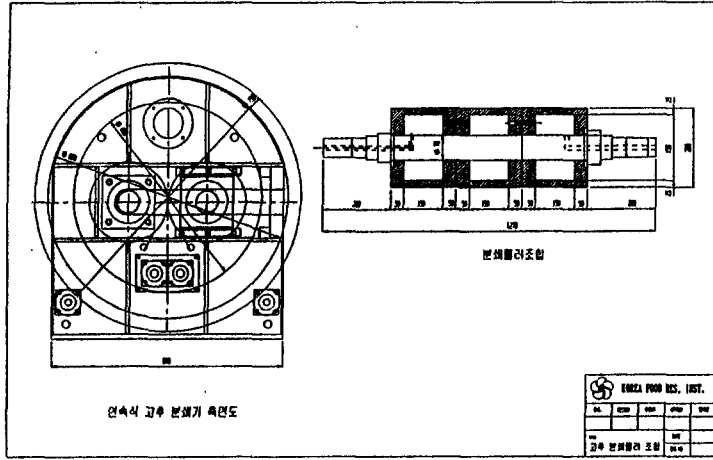


그림 5-25. 연속식 고추분쇄 시스템의 분쇄롤러 조합

2) 실험결과 및 고찰

표 5-12는 연속식 고추분쇄장치 시작품을 이용한 건고추분쇄시 고춧가루 시료의 입도를 나타낸 것이며 현행 롤밀 분쇄방법과 비교하였다. 시작품 분쇄장치의 기하 평균입경은 0.48~0.52mm로 나타났으며 고춧가루 이송 로터리 드럼의 속도가 10 rpm보다는 15~17rpm일 때 분쇄입도가 적었다. 현행 롤분쇄의 경우 기하평균입경이 0.64mm로서 시작품으로 제작된 연속식 고추분쇄장치의 분쇄능율이 높은 것으로 평가되었다. 표 5-13은 분쇄 실험한 고춧가루의 색도 및 ASTA값을 표시한 것이다. 여기서 현행 롤분쇄방법의 색도 a값이 27.87로서 연속식 롤분쇄방법의 경우 24.1~25.0 보다 높게 나타났다. ASTA값도 롤밀의 경우가 123.4로 시작품의 115.3~117.5 보다 높게 나타났다. 앞으로 이러한 원인 분석에 대한 연구를 앞으로 계속 수행하려고 한다. 또한 시작품의 고춧가루 이송 로터리 드럼에 부착된 칸막이의 경사도에 따라 분쇄과정에서 고추롤러로 공급되는 고춧가루의 균일도가 변화하여 고추시료의 반복 분쇄횟수에 큰 영향을 주고 있어 이에 관한 개선 연구가 계속 수행되어야 할 것으로 본다.

표 5-12. 분쇄방법에 따른 고춧가루의 입도분석

구 분	Roll mill	C. R. Mill*		
		10rpm**	15rpm	17rpm
기하평균입경($d_{gw,mm}$)	0.6373	0.5179	0.4784	0.4819
기하표준편차(S_{gw})	1.845	1.861	1.853	1.874

* C. R. Mill : Continous roll mill

** Speed of rotary drum

Table 5-13. Color values of powdered red pepper with various milling method

Milling method	Particle size (mesh)	Color value			ASTA value
		L	a	b	
Roll Mill	12	31.93	26.83	20.51	123.29
	14	32.90	26.77	19.85	
	18	33.85	26.48	20.02	
	30	35.55	27.87	21.25	
	40	35.85	30.74	23.47	
	50	37.19	32.82	25.72	
C. R. Mill* (10rpm**)	pan	39.16	35.24	29.80	115.63
	12	33.73	18.45	13.09	
	14	34.24	20.21	14.26	
	18	34.60	20.41	15.08	
	30	35.48	24.88	18.89	
	40	37.11	28.54	22.60	
C. R. Mill (15rpm)	50	38.10	31.15	25.21	115.25
	pan	41.29	38.16	30.19	
	12	33.28	18.99	14.10	
	14	34.01	19.30	14.21	
	18	35.13	22.01	16.99	
	30	35.70	24.08	18.37	
C. R. Mill (17.5rpm)	40	37.42	29.20	23.52	117.48
	50	38.96	31.71	26.33	
	pan	41.82	34.26	30.39	
	12	32.67	17.79	13.92	
	14	33.36	18.54	14.24	
	18	34.58	21.01	16.41	
	30	36.00	24.93	19.20	
	40	37.44	28.83	23.55	
	50	38.74	31.14	25.78	
	pan	41.81	34.07	30.81	

* C. R. Mill : Continous roll mill

** Speed of rotary drum

2. 연속식 고추분쇄 시스템 2차 시작품 제작 및 성능실험

현행 롤밀 형태의 단순한 구조의 고추분쇄기의 분쇄성능과 작업효율을 개선하고 분쇄 작업시 롤밀의 마모로 인한 섯가루 이물질의 혼입량을 최소화 할 수 있는 연속식 고추 분쇄장치를 개발하고자 하였다. 1차년도에 제작된 시작품의 분쇄작업시 가장 큰 문제점은 롤밀 조합의 압축력을 정확히 가할 수 없어 원료분쇄입도조절과 분쇄성능 향상조건을 찾는 데 어려운 점이 많았다. 따라서 2차년도 시작품은 롤밀 조합의 수평 압축력을 자동조절할 수 있는 유압장치와 구동축 모터의 회전수를 변속할 수 있는 인버터를 설치하여 연속식 고추분쇄장치의 적정 작업조건을 분석하고자 하였다.

가. 실험재료 및 장치

분쇄작업에 사용한 건고추 원료는 1996년산 부광이었으며 과피 수분이 11.0%w.b. 되도록 건조한 후 고추과피와 종자를 10:1로 혼합된 원형 고추시료를 햄머밀을 이용하여 1차 조파쇄하여 16mesh 크기의 분쇄시료를 만들었다. 1회 분쇄작업에 사용한 시료용량은 2kg이었다. 그림 5-26은 시작품의 내부 구조와 작동원리를 나타낸 개략도이다.

연속식 고추분쇄장치의 시작품은 원료 공급장치, 회전 로터리드럼, 롤밀 조합, 이동경사판, 유압 압축장치 등으로 구성되어 있다. 롤밀 조합의 2개의 홈롤과 1개의 평롤로 되어있으며 각각의 롤러 직경은 $\varnothing 200$, 길이는 250mm이다. 장시간 분쇄시 롤밀의 온도 상승을 방지하기 위하여 회전축을 통하여 롤밀 내부에 냉각수가 공급되도록 하였다. 홈롤러의 표면 형상은 홈 깊이 및 폭이 3×3 mm, 홈 피치가 5mm이며 평롤의 경우 홈 깊이 및 폭은 3×2 mm 이다. 회전드럼은 롤밀 하부로 이송되는 분쇄된 고추 원료를 롤밀 상부로 반복 이송시키는 역할을 하며 내부에 높이 65mm, 폭 105mm 크기의 칸막이가 설치되어 있으며 재질은 알루미늄이다. 로터리 드럼과 롤밀 조합 사이의 상, 하부에 원료 이송 경사판이 설치되어 있어 로터리 드럼에 의하여 하부에서 상부로 수직으로 이송된 분쇄원료가 점차로 수평방향으로 이송된다. 롤밀 조합의 압력

을 정확하게 가할 수 있는 유압장치가 부착되어 있으며 최대 압축력은 2000kg이다. 롤밀 구동모터 동력은 5HP이며 인버터를 설치하여 회전속도를 조절하였다. 로터리드럼의 구동모터는 1hp VS 모터이며 원료 공급 스크류는 0.25hp, DC모터이다. 롤밀 조합의 롤러회전속비는 2:1이다. 그림 5-27은 연속식 고추분쇄장치의 외부이며 그림 5-28은 유압식 롤밀 압축장치와 분쇄기 내부를 나타낸 것이다. 그림 5-29는 시작품의 외형도이다.

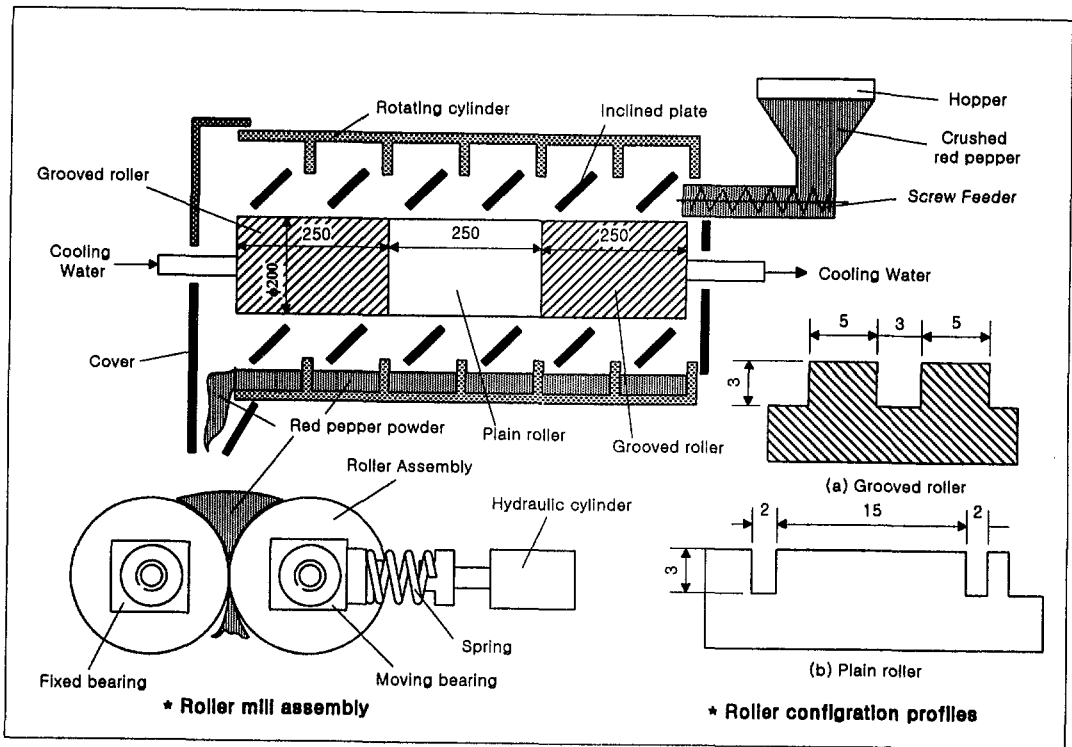


그림 5-26. Schematic diagram for continuous roll mill for red pepper powder

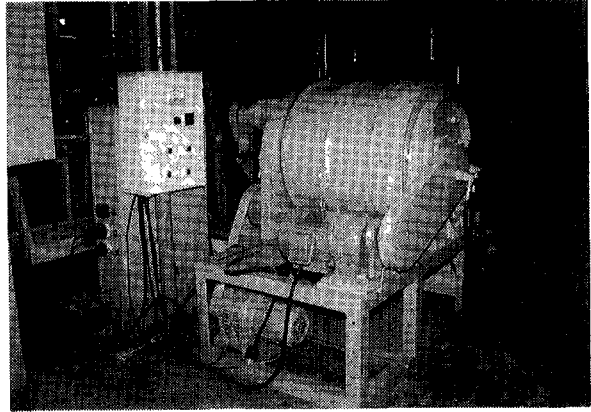
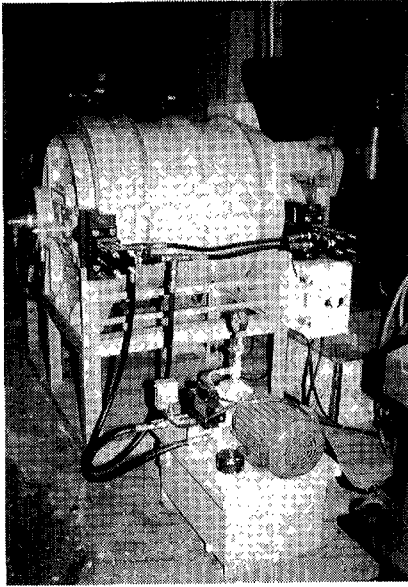
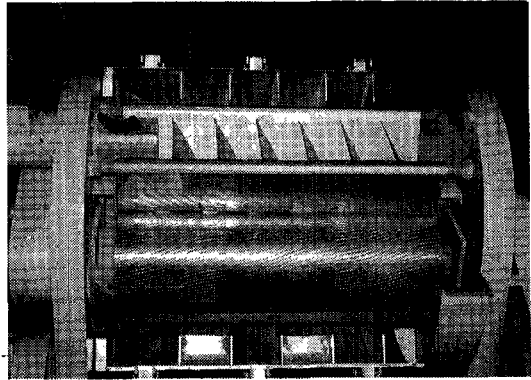
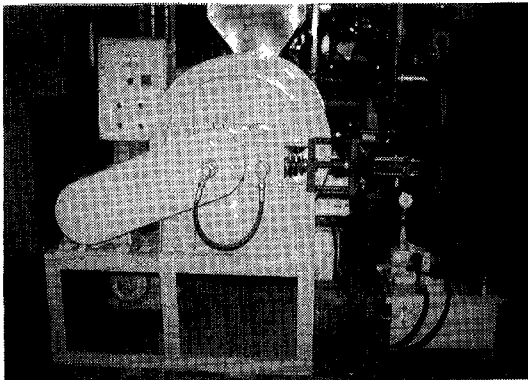


그림 5-27. Prototype of continuous roll mill



(a) Roll mill compressing hydraulic unit (b) Inside continuous roll mill

Fig. 5-28. Roll mill compressing hydraulic unit & inside continuous roll mill

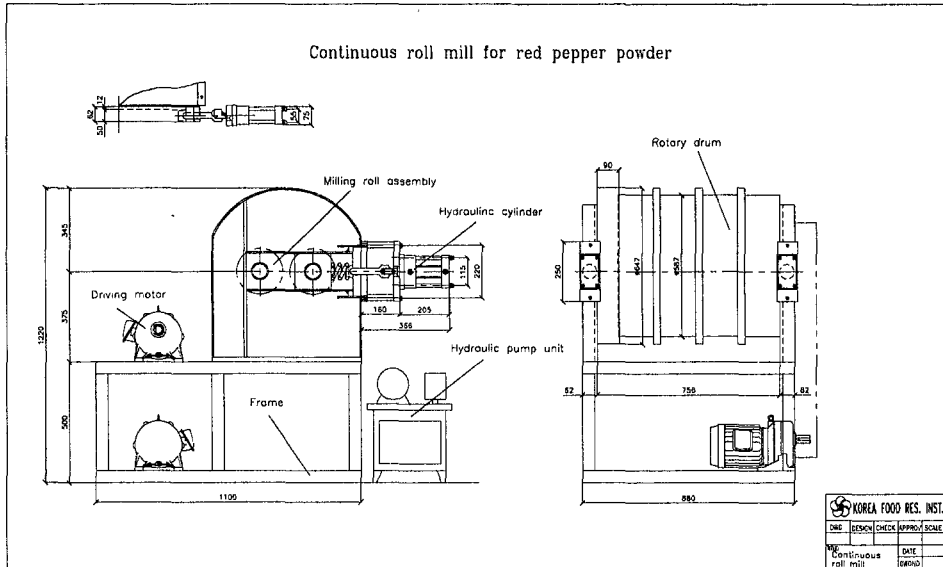


Fig. 5-29. Prototype of continuous roll mill for red pepper powder

나. 실험방법

연속식 고추분쇄기의 분쇄 성능을 분석하고자 롤밀의 압력, 구동축 회전수, 원료 이송 로터리드럼의 회전수 등의 변화에 따른 고춧가루의 분쇄특성을 분석하였다. 롤밀의 압력변화 실험은 롤밀 압축력 유압장치를 이용하여 수평 압축력이 0, 400, 600, 800kg일 때 각각의 분쇄특성을 분석하였다. 그리고 시작품의 고추분쇄특성을 비교하고자 현행 소형 롤밀을 4회 통과한 고춧가루 시료를 제조하였다. 구동축 회전속도 변화에 따른 분쇄 특성에서 로터리드럼의 회전수를 10rpm, 롤밀의 압축력을 600kg으로 고정하고 구동축의 회전속도가 40, 60, 80rpm으로 변화시켰다. 로터리드럼의 회전속도 변화에 따른 분쇄특성에서는 구동축의 회전속도는 60rpm, 롤밀의 압축력은 600kg으로 고정하고 로터리드럼의 회전속도를 10, 15rpm으로 하였다. 시작품의 분쇄특성은 고춧가루의 분쇄입도 및 색도를 분석하였다. 시료의 입도 분석은 Tyler의 표준 진동체를 14, 18, 30, 40, 50, pan 순으로 조합하여 사용하였으며 시료100gr을 2회채취하여 미국

농공학회 사료 입도분석방법(ASAE S319)을 이용하여 기하평균입경 및 기하표준편차를 구하였다.

고춧가루 시료의 색도는 Spectrophotometer(model:Color Eye 310, 미국 macbeth사)을 사용하여 색도 L, a, b값을 측정하였다. 분쇄입도 차이에 따른 색도 측정의 오차를 줄이기 위하여 고추시료의 입도는 30mesh를 기준으로 하였다.

다. 실험결과 및 고찰

1) 롤밀의 압축력 변화에 따른 분쇄 특성

표 5-14은 롤밀 조합의 수평 압축력 변화에 따른 분쇄특성을 나타낸 것이다. 압축력이 0~800kg으로 변할 때 분쇄시료의 평균 입경은 0.67~0.85mm였다. 여기서 현행 소형 롤밀 분쇄실험결과를 비교하면 4회 분쇄시 시료평균입경은 0.72mm로 나타나 현행 분쇄방법과 동일한 분쇄특성을 얻고자 할 경우 롤밀 조합의 평 압축력은 600kg이 적합한 것으로 판단되었다. 고춧가루의 색도를 분석해 보면 연속식 고추분쇄장치의 경우 L값은 35.0~35.6, a값은 21.6~25.6, b값은 20.3~23.4였으며 현행 소형 롤밀분쇄의 경우 L값은 34.4, a값은 25.4, b값은 25.6으로 고춧가루 색상과 관계가 있는 a값의 경우 압축력이 전혀 작용하지 않은 0kg일때를 제외하면 비슷한 값을 보였다. 개발된 연속식 고추분쇄장치의 평균 처리용량은 1.5kg/min이었으며 현행 소형 분쇄롤의 경우 0.4kg/min으로 이보다 3.5배 가량 높은 것으로 평가되었다.

Table 5-14. Particle size of color values for red pepper powder with various compressing force of continuous roll mill(Rotary drum revolution: 10rpm, Main shaft revolution: 60 rpm, Sample feeding rate: 1.5kg/min, sample variety: Bukwang, 11.0%w.b.)

Milling method	Compressing force(kg)	Particle size(mm)		Color value***		
		d _{gw}	S _{gw}	L	a	b
Continuous roll mill	0	0.85	1.58	35.0	21.6	20.3
	400	0.76	1.58	35.4	22.3	21.2
	600	0.71	1.52	35.6	25.6	21.7
	800	0.67	1.46	35.1	26.5	22.4
Conventional roll mill*	4 times **	0.72	1.59	34.4	25.4	25.6

d_{gw} : geometric mean diameter

S_{gw} : geometric standard deviation

* : sample feeding rate of conventional roll mill = 0.4 kg/min

** : sample milling repetition

***: sample particle size = 30 mesh

2) 롤밀 구동축의 회전속도에 따른 분쇄특성

표 5-15는 연속식 고추분쇄장치의 구동축 회전속도 변화에 따른 고추의 분쇄특성을 보여주는 것이다. 구동축 회전속도가 40, 60, 80rpm일 때 분쇄시료의 평균 입경이 0.73mm로 60, 80rpm 경우 보다 조금 높은 현상을 보였다. 그러나 고춧가루의 색도의 경우 큰 차이를 보이지 않았다.

3) 로터리드럼의 회전속도에 따른 분쇄특성

표 5-16은 로터리드럼의 회전속도 변화에 따른 고추의 분쇄특성을 나타낸 것이다. 회전속도가 10, 15rpm의 경우 고춧가루 색도의 차이는 거의 없었으나 고춧가루의 평균 입경은 각각 0.71, 0.73으로 나타났다. 이러한 원인은 로터리드럼의 회전속도가 증가할수록 하부에서 상부로 이송되는 고춧가루가 원심력의 증가에 의하여 롤밀 조합의 중앙부분에 공급되지 않고 롤밀을 이탈하는 현상이 발생하기 때문인 것으로 분석된다.

Table 5-15. Particle size of color values for red pepper powder with various main shaft revolution of continuous roll mill(Rotary drum revolution: 10rpm, Compressing force shaft: 600 kg, Sample feeding rate: 1.5kg/min, sample variety: Bukwang, 11.0%w.b.)

Milling method	Main shaft revolution(rpm)	Particle size(mm)		Color value*		
		d_{gw}	S_{gw}	L	a	b
Continuous roll mill	40	0.73	1.61	35.4	25.4	21.6
	60	0.71	1.60	35.8	25.7	22.0
	80	0.71	1.58	34.8	24.9	21.5

d_{gw} : geometric mean diameter, S_{gw} : geometric standard deviation

* : sample particle size = 30 mesh

Table 5-16. Particle size of color values for red pepper powder with various rotary drum revolution of continuous roll mill(Main shaft revolution: 60rpm, Compressing force shaft: 600 kg, Sample feeding rate: 1.5kg/min, sample variety: Bukwang, 11.0%w.b.)

Milling method	Rotary drum revolution(rpm)	Particle size(mm)		Color value*		
		d_{gw}	S_{gw}	L	a	b
Continuous roll mill	10	0.71	1.59	35.7	25.4	21.8
	15	0.73	1.60	35.1	24.9	20.7

d_{gw} : geometric mean diameter, S_{gw} : geometric standard deviation

* : sample particle size = 30 mesh

이상의 연구결과를 종합해 보면 1, 2차년도에 걸쳐 개발된 연속식 고추 분쇄장치는 고춧가루 분쇄작업시 로터리드럼에 의하여 고추시료가 계속 롤밀 조합 상부에 공급되어 롤밀사이에서 고추 분쇄작업이 연속적으로 진행되므로 주강성분의 롤밀 표면이 직접적으로 접촉하는 현상이 발생하지 않기 때문에 쇳가루의 발생율을 최대한 억제할 수 있다. 또한 흙롤 및 평롤을 3개로 조합한 롤밀을 한 개의 구동모터가 회전시키므로 분쇄작업시 소요동력을 최소한으로 줄일 수 있으며 처리용량이 현행 롤밀보다 높고 장치크기가 적당하여 설치면적이 적게드는 장점이 있다. 그리고 유압장치를 사용하여 롤밀의 압축력을 정확하게 조절하여 분쇄작업의 효율을 증가시킬 수 있다.

4) 고추 분쇄 시스템의 개선방안

그림 5-30는 개발된 연속식 분쇄장치를 중심으로 새로운 고추 분쇄 시스템의 원료 분쇄공정을 나타낸 것이다. 정선된 건고추 원료가 일차로 과피 절단장치에서 조파쇄된 다음 햄머밀을 이용하여 다시 10~15mesh로 파쇄하여 연속식 고추분쇄장치에 공

급된다. 그리고 평균 입도 30mesh로 분쇄된 고춧가루는 진동체를 이용하여 입도를 3 단계로 구분하여 15mesh 이상되는 원료는 소형 롤밀을 이용하여 재분쇄하며 15~18mesh 사이의 고춧가루 시료는 원료저장탱크로 이송한다. 이러한 분쇄 시스템은 현행 고춧가루 가공공장의 분쇄과정에 설치된 8단계의 롤밀 분쇄과정을 최소한 50% 이상 감소시킬 수 있으며 연속식 롤밀 작업방식으로 롤밀 표면 마모를 최소화하여 씻가루 혼입이 거의 없는 양질의 고춧가루를 생산할 수 있는 기반을 구축할 수 있다고 판단된다.

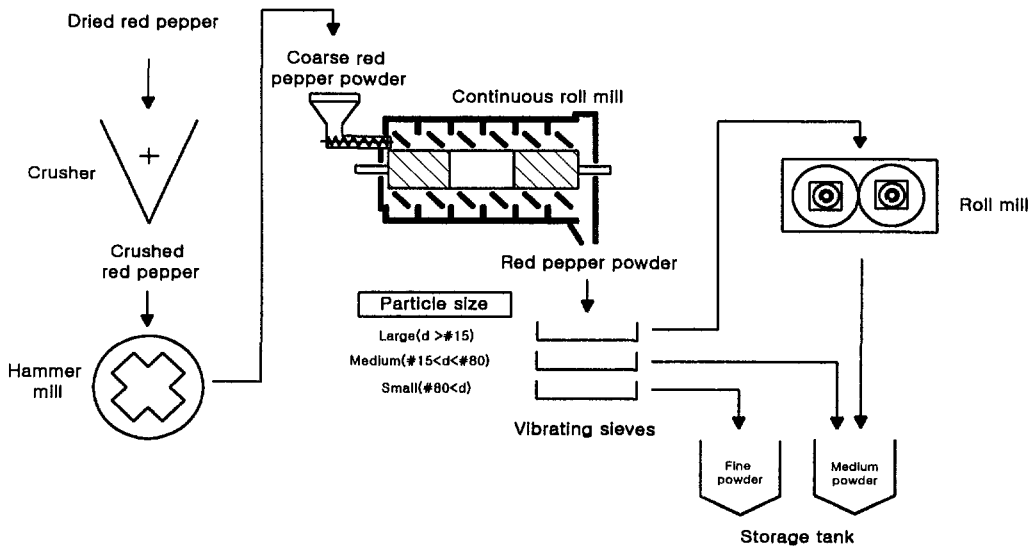


그림 5-30. 고추 분쇄 시스템의 개선방안

3. 연속식 고추분쇄 시스템 3차 시작품 제작 및 성능실험

현행 2단 롤밀 조합 형태의 단순 구조의 고추분쇄기의 분쇄성능을 개선하고 분쇄공정의 롤밀 설치대수를 감소시켜 분쇄시 소요동력을 낮추며 롤밀의 마모로 인한 씻가루 이물질 혼입의 최소화, 분쇄기의 청결성, 분쇄입도의 균일성 등을 구현할 수 있는

새로운 형태 연속식 고추 분쇄 시스템을 개발하고자 하였다.

가. 실험재료 및 장치

분쇄실험에 사용된 건고추 원료는 1998년도 충북 음성산 금탑이었으며 과피수분이 16.5%w.b.였다. 햄머밀을 사용하여 고추과피를 10mesh크기로 조파쇄하여 분쇄시료를 만들었다. 1회 분쇄실험에 사용한 시료량은 2kg이었다. 그림 5-31과 5-32은 연속식 고추분쇄기 시작품의 외형도와 내부구조 및 작동원리를 나타낸 것이다. 2차년도 시작품과 비교하여 다른 점은 롤밀 조합 상부에 고추원료 교반판을 설치하여 분쇄시 롤사이로 원료공급이 균일하도록하여 롤 표면의 직접 접촉에 의한 쇳가루 발생을 최대한 억제하였다. 그리고 롤 조합 하부에 이송 경사판을 제거하고 스크류 콘베어를 설치하여 분쇄원료의 이송을 정확히 하여 분쇄입도의 균일성을 향상시켰다. 분쇄된 고춧가루가 수분이 높아 롤 압축력에 의해 분쇄시 뭉쳐질 경우가 있어 이를 풀어주기 위해 이송 스크류 끝부분에 회전충격장치를 부착하였다. 또한 원료 투입을 일정하게 하고자 원료 흡퍼 하단에 로터리 공급장치를 설치하였다. 롤밀 조합에 압력을 정확하게 가할 수 있는 유압장치를 부착하였으며 최대 압축력은 2,000 kg였다. 롤밀 구동모터는 5 hp였다. 분쇄된 고추원료를 하부에서 상부로 회전 이송시키는 로터리 드럼은 내부에 높이 65 mm, 폭 100 mm 크기의 격자가 여러개 설치되어 있으며 재질은 알루미늄이다. 그림 5-33는 고추분쇄 시스템 시작품의 외부와 내부를 나타낸 것이다.

Continuous roll mill for red pepper

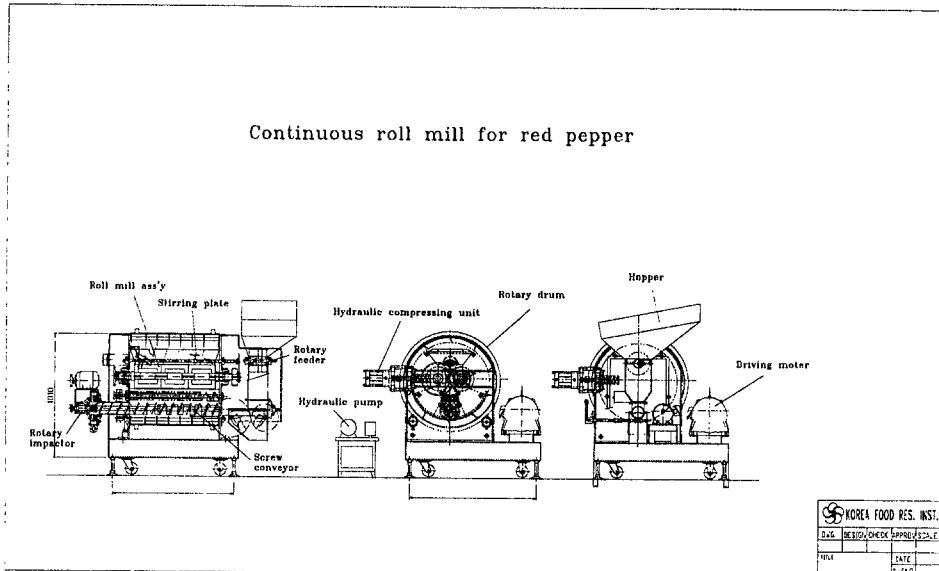


Fig 5-31. The prototype of continuous roll mill for red peppe

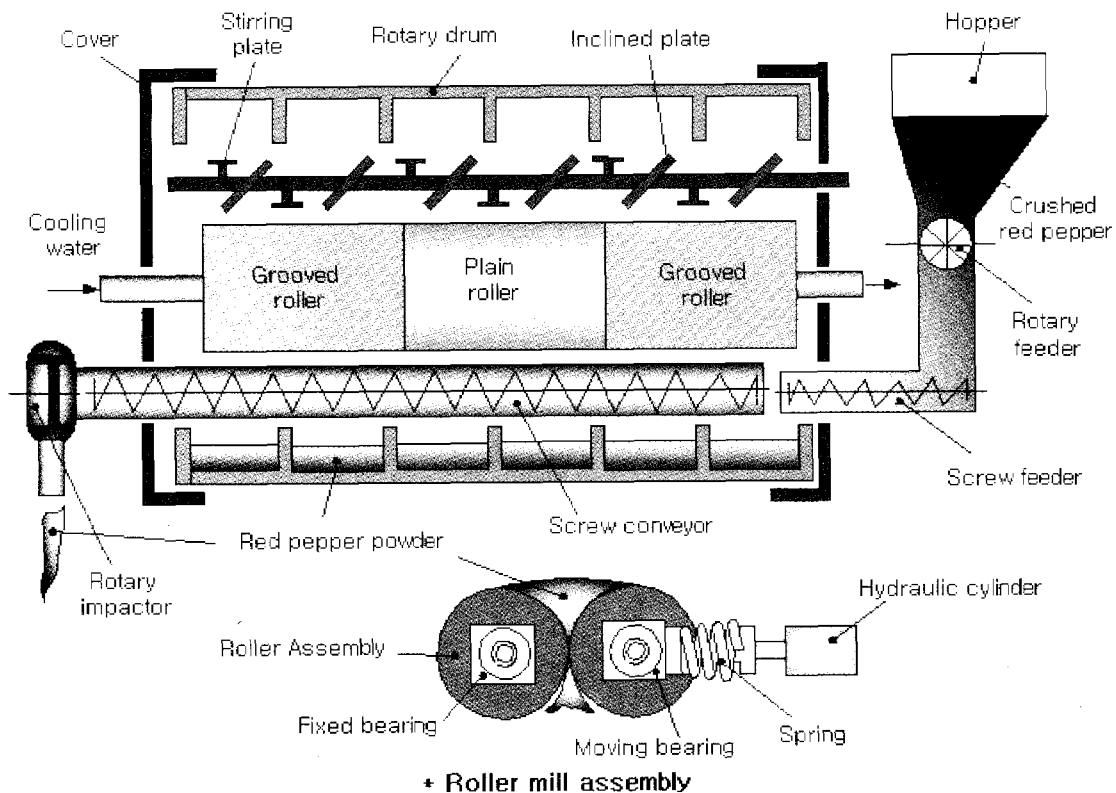
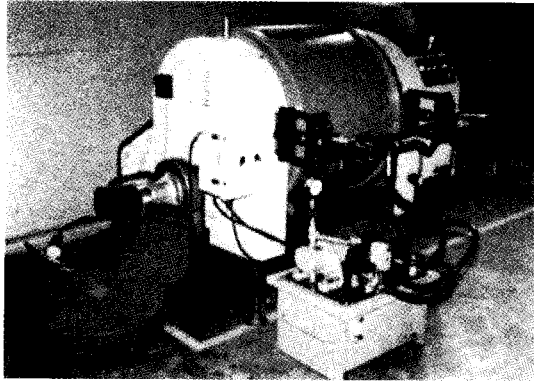
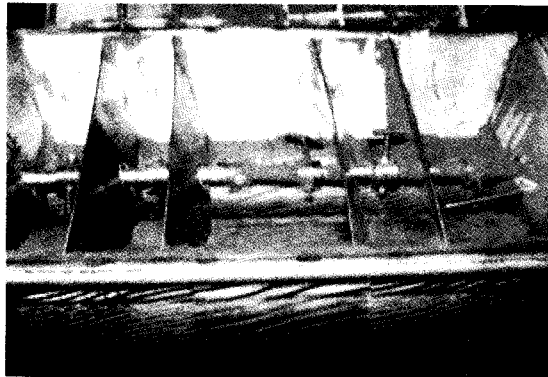


Fig 5-32. Schematic diagram of continuous roll mill for red pepper.



(a) out side



(b) inside

Fig. 5-33. The prototype of continuous red pepper mill.

나. 실험방법

연속식 고춧가루분쇄기의 분쇄성능을 실험하고자 롤밀의 압력, 원료공급량, 분쇄기 통과 횟수 등의 변화에 따른 고춧가루의 분쇄 특성을 분석하였다. 롤밀의 압력변화는 각각

로 하였다. 시작품의 분쇄특성으로 고춧가루 분쇄입도와 색도를 분석하였다. 시료의 입도 분석은 Tyler의 표준 진동체를 14, 18, 30, 40, 50, pan 순으로 조합하여 사용하였으며 시료100 g을 2회 채취하여 미국 농공학회 사료 입도분석방법(ASAE S319)을 이용하여 기하평균입경 및 기하표준편차를 다음과 같은 수식으로 구하였다.

고춧가루 시료의 색도는 Spectrophotometer(model:Color Eye 310, 미국 macbeth사)을 사용하여 색도 L*, a*, b*값을 측정하였다. 분쇄입도 차이에 따른 색도 측정의 오차를 줄이기 위하여 고추시료의 입도는 30mesh를 기준으로 하였다.

다. 실험결과 및 고찰

1) 고추원료공급율에 따른 분쇄 특성

표 5-17은 조파쇄된 고추원료의 공급율에 따른 분쇄특성을 표시한 것이다. 조파쇄된 고추원료의 입도는 10mesh 크기로 평균입도는 1.16 mm였다. 연속식 고추분쇄기의 원료공급량 조절을 위하여 흡퍼에 부착된 로터리 공급장치의 회전수를 30, 40, 50rpm으로 각각 조절하여 원료공급율을 1.0, 1.5, 2.0 kg/min으로 변화시켰으며, 물 조합의 압력은 1300 kg으로 고정하여 시료를 분쇄하였다. 분쇄된 고춧가루 입도를 보면 원료공급율이 2.0, 1.5, 1 kg/min 일 때 각각 0.86, 0.85, 0.79mm로서 공급율 2.0과 1.5 kg/min에서는 입도의 변화가 거의 없었으나 1.0kg/min 일때는 0.79mm로서 0.07mm 정도 시료입도가 감소되었다. 이것은 분쇄기의 원료공급량이 기준치 보다 50% 정도 감소하면 입도가 감소되나 20~30% 정도일 경우 큰 영향을 주지 않는 것으로 볼 수 있다. 30mesh 분쇄시료 색도의 경우 L*, a*, b* 값이 각각 32.6~33.3, 25.6~26.2, 21.1~22.1로서 원료공급량의 변화에 따른 차이가 없었다

Table 5-17. Particle size and color values of red pepper powder with various sample feeding rate(Compressing force: 1300 kg, Sample variety: Keumtap, 16.5%w.b.)

Sample feeding rate(kg/min)	Particle size(mm)		Color value*		
	d_{gw}	S_{gw}	L*	a*	b*
Sample	1.16	1.56	33.0	23.5	24.4
2.0	0.86	1.48	32.6	25.6	21.3
1.5	0.85	1.48	33.3	26.2	22.1
1.0	0.79	1.48	32.8	25.8	21.1

d_{gw} : geometric mean diameter, S_{gw} : geometric standard deviation

*: sample particle size = 30 mesh

2) 롤 압력변화에 따른 분쇄특성

표 5-18은 시작품의 롤 압력변화에 따른 분쇄특성을 나타낸 것이다. 롤밀 조합의 수평압력을 유압장치를 이용하여 1200, 1300, 1600 kg으로 변화시키고 원료공급율을 1.5 kg/min으로 고정한 후 시료를 분쇄하였다. 롤 압력이 1200, 1300, 1600 kg일 때 시료의 분쇄입도는 각각 0.88, 0.85, 0.82mm로서 롤 압력이 증가할수록 입도가 미세해지는 경향을 보였으나 상기의 압력 차이에서는 큰 영향을 주지 않는 것으로 생각된다. 30mesh 분쇄시료의 색도, L*, a*, b* 값은 각각 33.1~33.8, 26.2~27.4, 21.1~24.7로서 앞서의 실험결과와 비슷한 경향을 보였다.

Table 5-18. Particle size and color values of red pepper powder with various compressing force (Sample feeding rate: 1.5 kg/min, Sample variety: Keumtap, 16.5%w.b.)

Compressing force(kg)	Particle size(mm)		Color value*		
	d_{gw}	S_{gw}	L*	a*	b*
Sample	1.16	1.56	33.0	23.5	24.4
1200	0.86	1.50	33.5	27.4	24.7
1300	0.85	1.48	33.1	26.2	22.1
1600	0.82	1.50	33.8	26.6	21.1

d_{gw} : geometric mean diameter, S_{gw} : geometric standard deviation

* : sample particle size = 30 mesh

3) 분쇄횟수에 따른 분쇄특성

표 5-19는 고추분쇄횟수 증가에 따른 연속식 고추분쇄기 시작품의 분쇄특성을 나타낸 것이다. 원료공급율은 1.5kg/min였으며 롤 압력은 1200, 1300, 1600 kg이며 분쇄횟수는 2회 반복으로 실험하였다. 분쇄 1회시 분쇄입도는 0.82~0.86mm, 색도 L*, a*, b* 값은 각각 33.1~33.8, 26.2~27.4, 21.1~24.7 이었다. 분쇄 2회를 거친 후 분쇄입도는 0.61~0.75mm, 색도 L*, a*, b* 값은 각각 31.3~31.5, 27.1~28.0, 23.3~24.7로 분쇄횟수 1회 증가에 따라 분쇄입도는 0.11~0.21mm 감소되어 입도는 13.4~24.4% 감소되었으며, 고춧가루의 붉은 색도를 표시하는 a* 값은 0.9~2.7 증가되었다. 이는 분쇄입도의 미세화에 따른 a*의 증가로 판단된다.

Table 5-19. Particle size and color values of red pepper powder with milling times
(Sample feeding rate: 1.5 kg/min, Sample variety: Keumtap, 16.5%w.b.)

Milling time	Compressing force(kg)	Particle size(mm)		Color value*		
		d_{gw}	S_{gw}	L*	a*	b*
1	Sample	1.16	1.56	33.0	23.5	24.4
	1200	0.86	1.50	33.5	27.4	24.7
	1300	0.85	1.48	33.1	26.2	22.1
	1600	0.82	1.50	33.8	26.6	21.1
2	1200	0.75	1.56	31.4	27.5	23.3
	1300	0.70	1.55	31.5	28.0	24.7
	1600	0.61	1.59	31.3	27.1	24.0

d_{gw} : geometric mean diameter, S_{gw} : geometric standard deviation

* : sample particle size = 30 mesh

4) 연속식 고추분쇄기 시작품의 특징

3차 년도에 개발된 연속식 고추분쇄기의 특징은 1, 2차 년도의 분쇄기 시작품의 성능상의 문제점을 크게 개선한데 있다. 주요 개선점을 보면 원료의 균일한 공급을 위한 로터리 공급장치를 설치하였으며 분쇄시 롤밀 조합상부에 회전 이송되는 고추원료를 분쇄롤러 표면에 균등하게 배분해 주는 회전 교반판과 분쇄된 고추시료를 출구로 이송하는 스크류 콘베어, 분쇄과정에서 멩쳐진 고춧가루 입자를 풀어주어 고춧가루 품질을 높여주는 회전 충격장치 등이 설치되었다. 본 시작품은 분쇄시 고추원료가 롤밀 조합에 계속 공급되는 구조로 설계되어 롤 표면 접촉으로 인한 섯가루 발생을 최소화시킬 수 있었다. 본 시작품의 평균 분쇄처리량은 100 kg/hr으로 평가되며 이를 실제 공장규모로 제작하면 300 kg/hr가 가능하다. 그림 5-33은 국내 청결 고춧가루

가공공장의 2단 롤 분쇄장치이다. 분쇄롤이 2단으로 되어 있어 6~8단계의 분쇄공정에 최소한 6대 이상의 롤분쇄기가 설치되어 있다. 분쇄기 평균 소요 마력은 10 hp 이상으로 최소한 60 hp 이상의 높은 동력이 소요되고 있으며 롤분쇄기 간에 이송이 스크류 콘베어로 고정되어 있어 분쇄 작업후 청소가 거의 불가능하여 누적된 고춧가루가 분쇄 작업시 혼입되어 고춧가루 제품의 품질을 저하시킨다. 무엇보다도 롤밀 표면의 마모현상이 일어나 섯가루 발생될 우려가 높다. 본 연구에서 개발된 연속식 고추 분쇄장치는 이와같은 문제점을 근본적으로 개선한 분쇄장치로 향후 청결고춧가루 가공공장의 새로운 분쇄시스템에 활용될 수 있을 것이다. 실제로 국내 고추주산지인 충북 음성군에서 '98년도 관내 특화 작목 사업으로 추진되는 청결고춧가루 가공공장('98년 11월말 준공 예정)에 본 연구에서 개발된 연속식 고추 분쇄 시스템이 설치되어 실용화되고 있다..

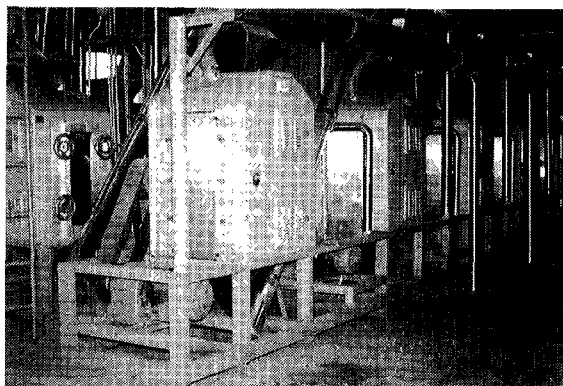


그림 5-33. 국내 청결 고춧가루 가공공장의 고추 분쇄 시스템

4. 고춧가루 입도에 따른 신미성분 분석

현재 국내에서 재배되는 고추품종은 약 100여 종이며 이중에서 재배농가가 주로 이용하는 품종은 약 30여 종에 이르고 있다. 국내 고추품종의 신미성분(capsaicin)함량은

15~250mg% 범위에 있다. 고춧가루 제조시 신미성분은 규격을 분류하는 가장 주요인자이다. 그러나 고추원료는 재배농가별로 품종의 차이가 있으며 동일 품종이라도 매년 재배지역과 기상조건에 따라 큰 차이가 있어 신미성분이 균일한 고추원료를 대량으로 확보하는 것은 현재로서는 불가능한 실정이다. 그러나 고추의 신미성분은 대부분 고추과피와 종자사이에 있는 태좌 및 격막 부위에 집중적으로 함유되어 있어 고추원료 분쇄시 이를 분리할 수 있으면 동일한 고추원료에서 신미성분이 서로 다른 고춧가루를 생산할 수 있다. 그림 5-34는 고추의 내부 구조를 표시한 것이다. 특히 건조된 고추 내부의 태좌 및 격막 부위는 조직이 연약하여 분쇄시 고추과피나 종자보다 쉽게 미분쇄되므로 분쇄과정에서 고추원료를 입도별로 진동체로 선별하면 신미성분이 다른 고추분쇄원료를 얻을 수 있다. 본 연구는 고추원료 분쇄과정에서 입도별로 분리한 고추분쇄 시료의 신미성분과 색도를 분석하여 분쇄과정에서 고추원료의 신미성분 조절 가능성을 알아보는데 있다.

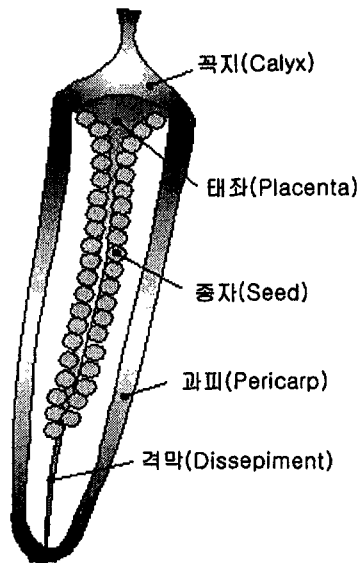


그림 5-34. 고추의 내부구조

가. 실험재료

시료는 '97년산 충북 음성군 다복품종과 '98년도산 동일지역의 금탑품종을 각각 10kg을 사용하였다. 시료는 고추꼭지를 제거하고 종자를 과피무게 비율로 10% 혼입하여 소형롤러분쇄기로 분쇄하였다. 분쇄시료는 '97년산 다복이 수분 13.3%w.b., 평균 입도 0.76mm이며, '98년산 금탑이 15.5%w.b., 0.97mm 였다.

나. 실험방법

시료별 입도분석은 Tyler의 표준진동체 14, 18, 30, 40, 50 mesh, pan 순으로 조합하여 시료를 100g씩 3반복 입도선별을 하여 입도별로 시료를 구분하였다. 그리고 앞서와 같은 방법으로 입도별 색도 L^* , a^* , b^* 와 신미성분(capsaicin)을 분석하였다.

다. 실험결과 및 고찰

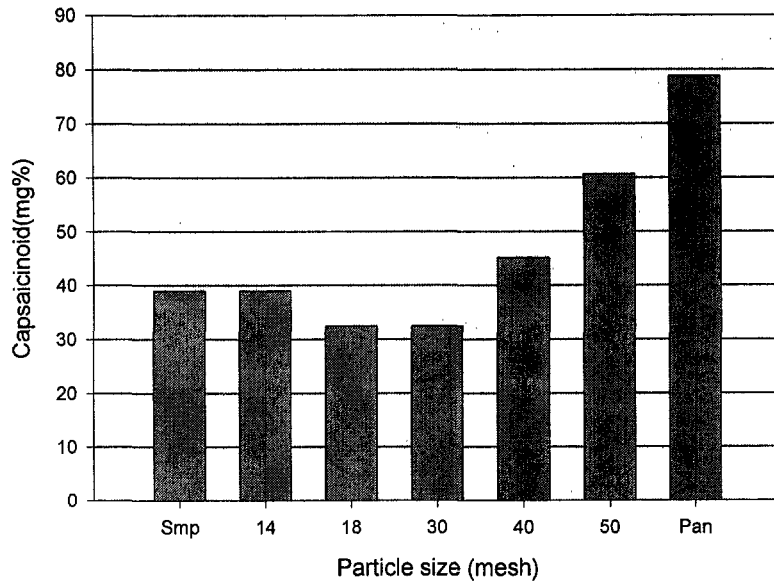
표 5-20은 품종별 분쇄입도별 신미성분과 색도를 표시한 것이다. 각각의 품종별로 분쇄입도가 작을수록 신미성분이 높아지는 경향을 보여준다. '97 다복의 경우 평균 입도 0.77mm 크기의 고추분쇄 시료의 신미성분은 39.0 mg%이나, 미세입도 0.29mm이하(pan)에서는 78.9 mg%를 보여 원료보다 약 2배 이상의 신미도가 증가하는 것을 알 수 있다. '98 금탑의 경우 품종이 대과종으로 순한 맛 고추에 속하여 고추 분쇄 시료의 신미성분은 19.6 mg%이나 35.2 mg%로서 신미도가 1.8배 증가하여 앞서와 같은 결과가 나타났다. 그림 5-35는 고추분쇄시료 입도별 신미성분을 나타낸 것이다. 실험 결과를 종합해 보면 고춧가루 분쇄시 입도 30 mesh (0.54 mm) 선별체를 통과하는 고추분쇄시료는 선별전 분쇄시료보다 신미성분이 1.6배 증가함을 알 수 있다. 이러한 연구결과를 현행 고춧가루 공장에 적용한다면 고춧가루 가공제품의 신미성분 조절을 위하여 일차적으로 품종별로 건고추 시료의 신미성분을 구분한 다음, 분쇄 공정에서 원

료를 30 mesh 크기의 입도를 기준으로 분리한 후, 신미성분 함량별로 혼합할 경우 신미성분이 다양한 고춧가루 제품의 생산이 가능할 것으로 판단된다. 이러한 고추원료의 신미성분 분리 분쇄기술을 활용하면 소비자의 기호에 적합한 신미도를 가진 고춧가루 제품 생산이 실용화되어 고춧가루 제품 규격에 대한 신뢰도를 크게 제고할 수 있어 고춧가루 공장의 제품 판매 증대에 크게 기여할 수 있을 것이다.

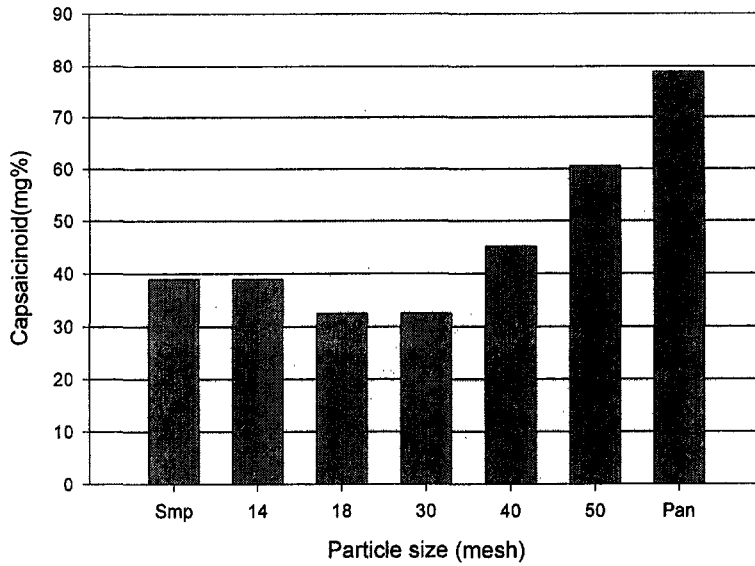
Table 5-20. Capsaicinoid and Color value of red pepper powder with various particle size.

Variety	Particle size(mm)		Color value			Capsaicinoid (mg%)
			L*	a*	b*	
'97 Dabok	sample	0.77	30.2	29.9	31.1	39.0
	14mesh	1.17	28.7	26.9	26.7	39.0
	18mesh	0.91	29.1	26.4	26.5	32.5
	30mesh	0.54	29.2	28.1	28.3	32.5
	40mesh	0.37	31.2	30.4	31.1	45.2
	50mesh	0.29	33.4	33.5	36.3	60.6
	pan		35.7	35.3	38.9	78.9
'98 Geumtap	sample	0.97	30.2	27.3	26.8	19.6
	14mesh	0.17	29.0	26.1	26.0	17.6
	18mesh	0.91	29.3	26.6	25.8	16.2
	30mesh	0.54	29.5	27.2	26.4	18.5
	40mesh	0.37	31.3	30.7	31.5	25.1
	50mesh	0.29	32.5	33.8	36.6	31.3
	pan		34.4	34.9	38.5	35.2

* moisture content : '97 Dabok : 13.3 %w.b. '98 Geumtap : 15.5 %w.b.



(a) '97 Dabok



(b) '98 Keumtap

Fig. 5-35 . Capsaicinoid content of red pepper powder with various particle size (Variety: '97 Dabok, '98 Keumtap, Smp: sample)

제 5 절 고춧가루 살균 시스템 개발

1. 서론

현행 국내 고춧가루 가공공장에서 생산되는 고춧가루 품질관리상에서 가장 큰 문제로 대두되는 것은 고춧가루 제품에 잔유하는 유해한 미생물 오염 정도이다. 고춧가루 가공공장에서 사용하는 건고추 원료가 대부분 농가단위에서 생산되어 수집상, 도매상을 거치는 3~4단계의 유통과정에서 건고추는 흙, 먼지 등의 불순물에 노출되어 있으며 건고추 과피의 평균 수분이 17%w.b.이상이므로 매우 높은 상태이기 때문에 유해 미생물의 발생 가능성이 높으며 실제로 일부 시판되는 고춧가루 제품에서 대장균 및 세균류가 발견되는 있는 실정이다.

현재 스페인, 미국, 헝가리 같은 고추가공기술의 선진국에서는 생고추 원료단계에서부터 세척과정을 도입하고 건조후 고추과피 수분이 5~6%w.b.이하로 되게 하여 장기 저장시 품질변화를 방지하며 이를 사용한 고춧가루 가공공정의 최종단계에서 과열증기를 이용한 살균장치를 도입하여 청결한 고춧가루 가공기술을 확립하고 있다. 고춧가루는 양념료로서 식품제조에 직접 사용하기 때문에 가스살균이나 방사선 조사 살균 등의 소비자가 기피하는 살균처리방법은 사용할 수 없어 현재 이 분야의 첨단 살균방법은 과열증기를 이용한 살균방법으로 알려지고 있다. 이러한 가공기술은 가공제품의 특성에 따라 국가별로 조금씩 차이가 있으며 대부분이 관련 식품가공공장에서 독자적으로 개발한 것으로 기술이전을 기피하고 있다. 따라서 본 연구는 향후 2년에 걸쳐 고춧가루 가공제품의 수분이 12%w.b.으로 높고 평균 입도가 30~40mesh로 비교적 큰 국내산 고춧가루의 효과적인 살균방법을 개발하고자 시도되었다. 살균방법으로 초기에 자외선 방법과 과열증기 방법을 고려하였으나 자외선 살균방법은 고춧가루 가공공장에서 부분적으로 활용되고 있으나 그의 살균효과가 대장균류 살균정도에 그치고 있어 본 연구에서는 현재 선진국에서 첨단 살균기술로 활용되고 있는 증기를 이용한 고춧가루 살균연구를 추진하게 되었다.

2. 고춧가루 살균 시스템 1차 시작품 제작 및 성능실험

가. 실험재료 및 장치

시판 고춧가루의 미생물 분포 및 연중변화 측정시험에서 사용한 고춧가루는 경기도 성남시 소재 식품점에서 김치 제조용 고춧가루를 구입 사용하였으며 증기살균공정에 의한 미생물 변화 측정실험은 국내 청결고춧가루 가공공장인 S사 제품이였다. 증기살균실험의 고춧가루 시료의 종류별 입도와 수분은 표 5-21과 같다.

표 5-21. 증기살균실험 고춧가루 시료특성

종류	입도(mm)	수분(%w.b.)	비고
굵은 고춧가루	0.85	15.7	sample 1
고운 고춧가루 1	0.74	11.6	sample 2
고운 고춧가루 2	0.70	11.7	sample 3

그림 5-36은 고춧가루 증기살균장치 시작품의 살균방법에 관한 개략도를 나타낸 것이다. 본 실험장치는 원료 투입 흡퍼, 공급 및 배출 로터리 밸브, 증기 흡입관, 고압팬(1hp), 공기가열 전기히터(15Kw), 증기살균 실린더, 증기압력조절장치, 원료 교반축, 과열증기노즐, 과열증기 배출관, 냉각실린더 제어판넬 등으로 구성되어 있다. 증기살균 및 냉각 실린더 내부는 테프론 코팅을 하여 150℃ 이상의 고온에서 원료가 부착되지 않도록 하였다. 공기 및 증기의 흡입량을 측정할 수 있는 공기 및 증기 유량계를 설치하였다. 원료공급 및 배출 로터리 밸브 및 살균 및 냉각 실린더의 원료 교반축의 구동모터는 0.5hp DC모터로서 회전속도를 조절할 수 있어 원료투입량과 원료의 살균 및 냉각실린더 내의 통과속도를 조정할 수 있게 하였다. 살균된 고춧가루는 상온의 냉각수가 통과하는 냉각실린더를 거쳐서 냉각시킨다. 그림 5-37는 살균장치의 외부를 나타낸 것이며 그림 5-38은 장치의 외형도이다.

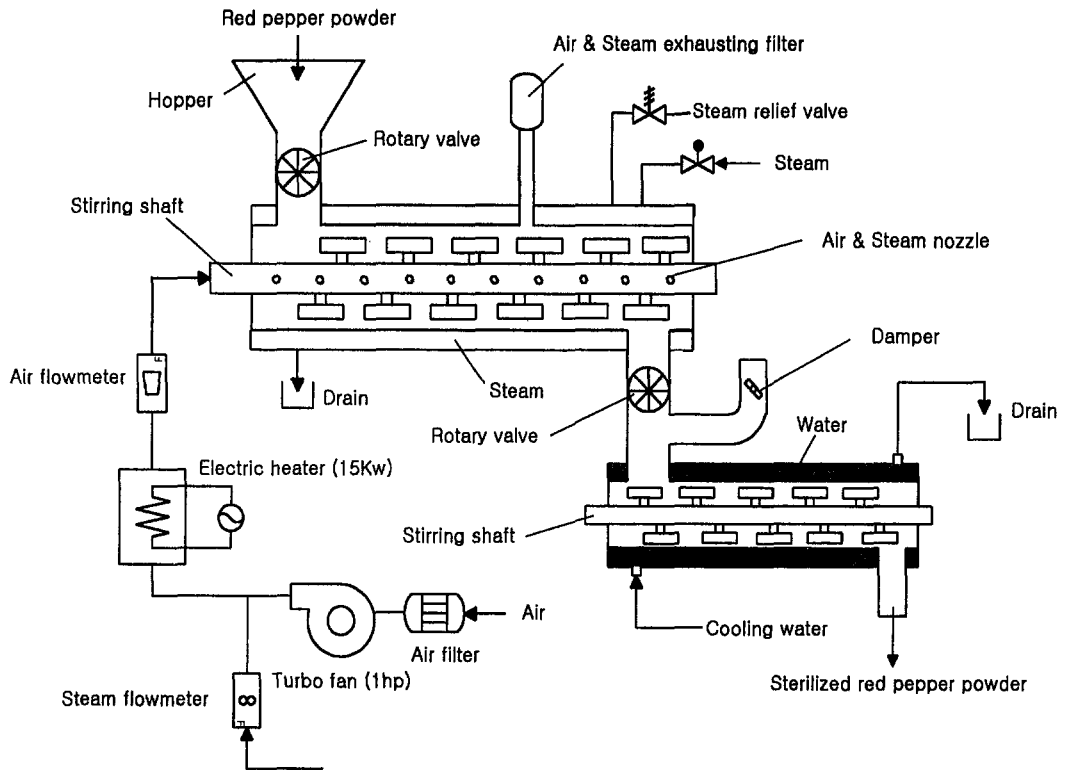


그림 5-36. Schematic diagram of steam sterilizing system for red pepper powder

나. 실험방법

고춧가루 증기살균 실험방법은 실린더 내부로 투입되는 증기혼합 공기의 온도와 실린더 외부 온도를 100℃ 및 120℃, 125℃ 및 140℃ 2가지 수준으로 고온살균 하였다. 증기혼합 공기온도가 100℃ 일 때 투입되는 공기량은 300NL/min 증기량은 2.5kg/hr이었으며 125℃일 경우 공기량은 350NL/min 증기량은 3.0kg/hr이었다. 1회 시료 투입량은 2kg이며 살균실린더 통과속도는 평균 15~18초 사이였다. 3종류의 고춧가루 시료의 살균횟수는 3회로 하였으며 매회 살균시 시료를 채취하였다. 살균횟수에 따른 시료의 수분, 색도, 신미성분, 미생물 균수 등을 분석하였다. 시료의 신미성분 분석은 시료를 80mesh로 분쇄하여 사용하였다.

고춧가루 시료의 채취 및 미생물 균수 측정은 일반 고춧가루의 미생물 검사나 고온 살균전후 고춧가루의 미생물 검사를 위한 시료채취는 무균적인 조건하에 약 30 g 정도의 고춧가루를 멸균된 시약수저를 이용하여 멸균 비닐봉지에 채취하여 미생물 검사를 다음과 같이 실시하였다.

고춧가루 시료 약 0.1 g을 9.9 ml 멸균 식염수에 가한 후, 약 30초간 vortexing 하였다. 그 시료액 1.0 ml를 9ml 멸균 식염수에 다단계 희석하여 미생물 균수 측정에 사용하였다. 총균수는 총균수 측정용 배지(plate count agar)를 이용하여 pouring법으로 접종하였고, 곰팡이 및 효모 균수는 곰팡이 및 효모측정용 petri film (3M사 제품)을 배지로 이용하였으며, 대장균군은 coli form 측정용 petri film (3M사 제품)과 Mackonkey agar 배지를 병행하여 측정하였다. 또한 일반 고춧가루의 미생물 분포 및 연중변화 실험시 측정된 젖산균수는 MRS agar 배지를 사용하여 측정하였다. 각 미생물의 배양온도 및 배양시간은 상법에 준하였다.

다. 실험결과 및 고찰

1) 고춧가루 살균조건에 따른 시료의 물성 및 신미성분의 변화

표 5-22, 5-23은 고춧가루의 고온증기 살균과정에서 살균온도 및 살균횟수에 따른 수분, 색도 등의 물성변화와 고추의 주요 신미성분인 Capsaicin의 함량 변화를 분석한 것이다. 굵은 고춧가루의 경우 함수율 변화는 살균온도보다 살균횟수에 의한 것이 크며 1회 통과시 평균 2.4%w.b.의 수분이 감소되었으며 고운 고춧가루 1의 경우 1.7%w.b., 고운 고춧가루 2의 경우 1.5%w.b. 감소현상을 보였다. 국내 고춧가루 가공 제품의 수분이 평균 12%w.b.인 것을 고려한다면 살균시 고춧가루 함수율이 17%w.b. 이상 되어야 살균후 적정 함수율에 도달할 것으로 생각된다. 살균온도 및 횟수에 따른 고춧가루 색도변화는 처음 살균과정에서 고추의 붉은 색상과 관련이 있는 a값은 3~4 정도 감소하나 2, 3차 살균과정에서는 a값이 1~2 정도로 비교적 적은 변화를 보였다. 신미성분은 살균온도 100~130℃, 살균횟수 3회의 실험조건에서는 거의 변화가 없었다. 그림 5-39, 5-40는 살균횟수에 따른 고춧가루 시료의 색상변화를 나타낸 것이다. 그림 5-41, 5-42는 실험분석결과를 그래프로 분석한 것이다.

표 5-22. 살균횟수에 따른 고춧가루의 물성 및 신미성분의 변화

(살균조건: 증기혼합 공기온도 100 ℃, 실린더 외부온도 120 ℃, 1회 살균시간 15-18 sec)

시료종류	입도 (mm)	살균횟수 (회)	수분 (%w.b.)	색도			신미성분 (Capsaisin, mg%)
				L	a	b	
굵은 고춧가루 (sample 1)	0.85	0*	16.3	33.9	27.1	23.6	31.5
		1	13.7	30.7	23.4	18.9	29.0
		2	10.7	31.9	24.4	20.1	25.9
		3	9.2	30.8	24.0	19.5	29.9
고운 고춧가루 1 (sample 2)	0.74	0	12.6	35.9	28.4	24.7	42.1
		1	11.4	33.0	24.7	20.8	38.7
		2	10.1	32.2	23.6	19.2	38.0
		3	8.2	32.9	22.3	18.5	42.4
고운 고춧가루 2 (Sample 3)	0.70	0	14.5	34.7	26.2	22.6	21.2
		1	13.7	32.6	24.5	20.5	19.3
		2	11.3	34.0	24.6	21.2	17.8
		3	10.7	33.5	23.4	19.8	17.7

* : 살균전 시료

표 5-23. 살균횟수에 따른 고춧가루의 물성 및 신미성분의 변화

(살균조건: 증기혼합 공기온도 125 ℃, 실린더 외부온도 140 ℃, 1회 살균시간 15-18 sec)

시료종류	입도 (mm)	살균 횟수 (회)	수분 (%w.b.)	색도			신미성분 (Capsaisin, mg%)
				L	a	b	
붉은 고춧가루 (sample 1)	0.85	0*	16.2	33.7	28.1	25.6	29.0
		1	13.5	31.1	24.6	20.8	27.1
		2	10.2	31.5	24.4	21.6	27.0
		3	8.8	31.7	23.4	20.4	26.8
고운 고춧가루 1 (sample 2)	0.74	0	12.3	34.3	27.6	24.7	36.0
		1	11.0	33.7	25.8	22.7	36.7
		2	9.3	31.8	23.6	20.3	36.9
		3	6.7	32.2	21.9	19.3	35.0
고운 고춧가루 2 (Sample 3)	0.70	0	14.5	34.8	26.9	23.4	25.4
		1	11.7	34.7	25.1	22.4	24.0
		2	9.7	32.9	23.5	20.0	23.1
		3	9.3	34.1	23.0	20.9	23.8

* : 살균전 시료

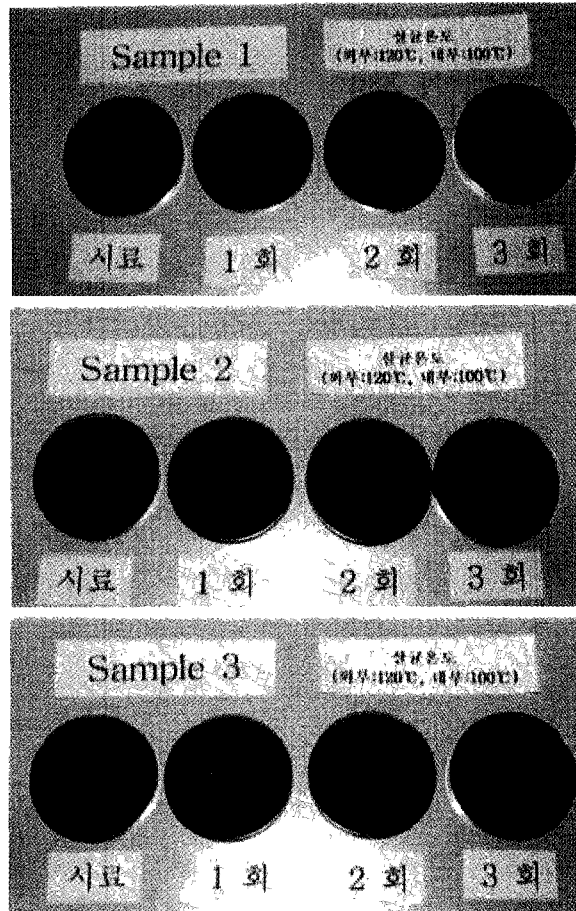


그림 5-39. 살균횟수에 따른 고춧가루의 색도변화
(증기혼합온도:100℃, 실린더 외부온도:120℃)

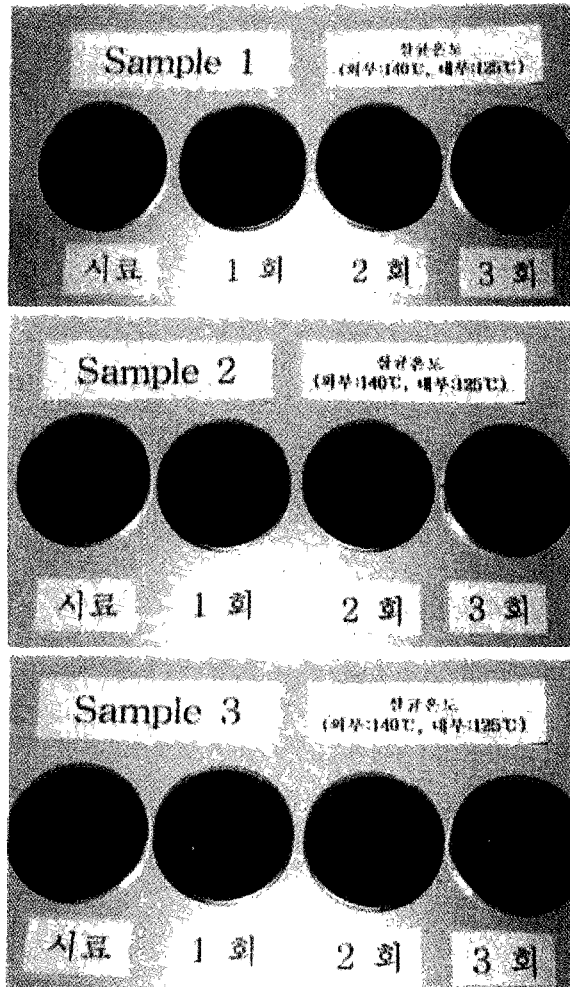


그림 5-40. 살균횟수에 따른 고춧가루 색도변화
 (증기혼합온도:125℃, 실린더 외부온도:140℃)

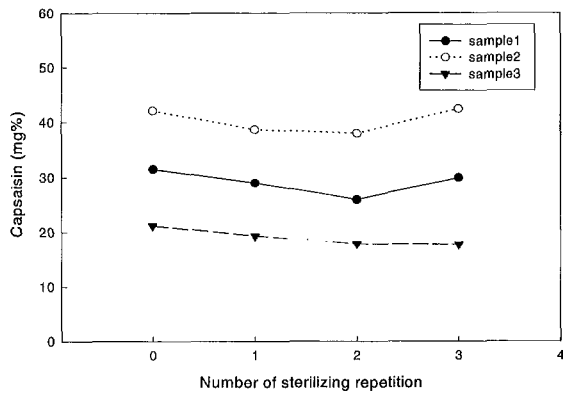
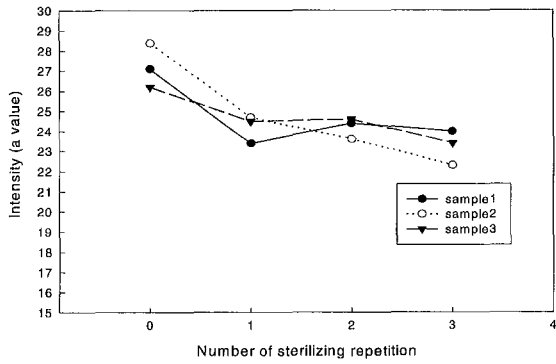
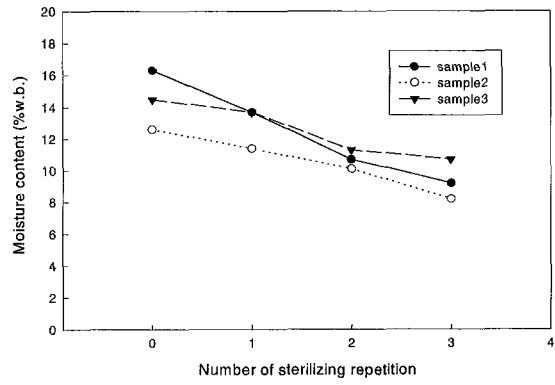


그림 5-41. 살균횟수에 따른 고춧가루의 물성 및 신미성분의 변화
 (살균조건: 증기혼합 공기온도 100℃, 실린더 외부온도120℃, 1회 살균시간 15-18 sec)

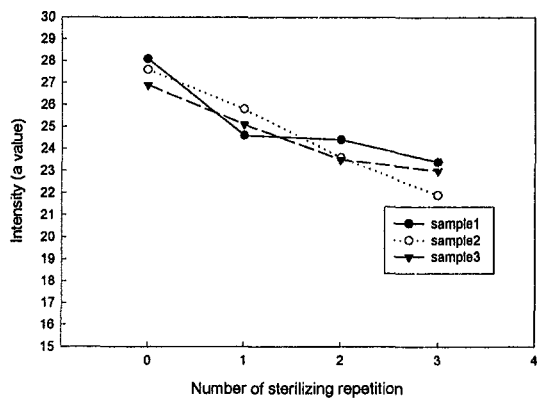
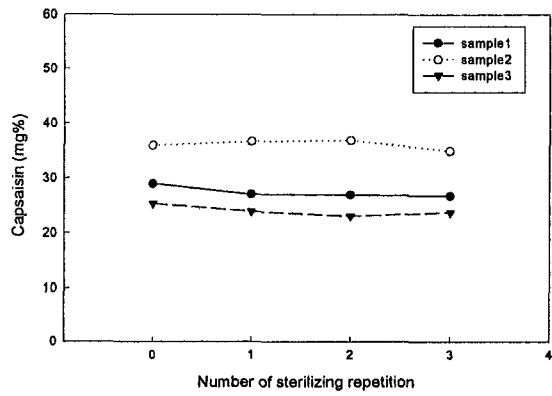
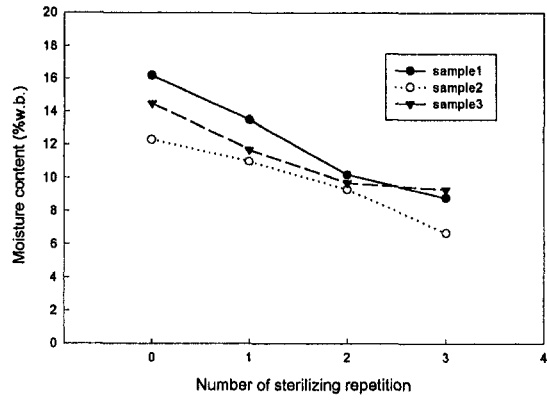


그림 5-42. 살균횟수에 따른 고춧가루의 물성 및 신미성분의 변화

(살균조건: 증기혼합 공기온도 125 °C, 실린더 외부온도 140 °C, 1회 살균시간 15-18 sec

2) 고춧가루 살균조건에 따른 미생물 균수 변화

(가) 고춧가루 미생물 및 살균관련 국내의 문헌조사

시판 고춧가루의 미생물 오염은 생산지로부터 소비지에 이르는 제반 가공 및 유통 단계의 오염을 총체적으로 나타내 주는 최종 단계의 위생상태이며, 고춧가루 등과 같이 약간의 가공상태에서 그대로 유통되는 경우는 그것을 이용한 완전가공식품에 대하여 미생물오염원으로 작용하므로 청결 고춧가루의 생산은 매우 중요하다고 생각된다.

고추와 같은 향신료에 대한 연구로 장동석 등⁽¹⁾은 풋고추에 존재하는 위생지표 세균 및 대장균을 분리, 동정한 결과, 총균수가 5.9×10^6 cfu/g, 일반 대장균군은 5.5×10^5 MPN/g, 분변계 대장균군은 1.6×10^2 MPN/g이 있다고 보고하였다. 국내에서 생산, 유통되는 고춧가루 등과 같은 식품에 대하여 미생물학적으로 위생지표균들의 오염상태 및 세균상을 조사한 유진영 등⁽²⁾의 결과에 의하면, 시판 고춧가루의 경우 일반 세균수가 $1.0 \times 10^5 - 1.2 \times 10^8$ cfu/g, *Enterobacteriaceae*는 $2.0 \times 10 - 3.2 \times 10^5$ cfu/g으로서 연중 시기별로 차이는 보이지 않았다. 그러나 대장균군 등 분변계 세균의 분포가 차이를 나타내고 있는 점을 볼 때, 이는 고춧가루의 경우 시기에 따라 전체적인 세균수의 변화가 있는 것이 아니라 구성 미생물간의 균형이 변화됨을 의미하는 것으로 판단되었다. 또한 산지별 고추의 미생물분포를 시판용 고춧가루와 비교하였을 경우, 시판고춧가루에서 높게 나타나 고춧가루 유통중에 전반적으로 세균오염이 가중되었음을 밝혔다. 또한 풋고추와 고춧가루의 미생물수를 비교하여 본 결과, 고추의 건조과정중 고추에 있는 세균수가 감소한 것으로 판단되었으며 (14), 특히 대장균수에서 차이가 크게 난 것은 *E. coli* 등 대장균류가 저항력이 매우 약하기 때문으로 생각되었다(3).

외국에서는 Julseth와 Deibel⁽³⁾, Krishnaswamy 등⁽⁴⁾은 black pepper를 포함한 11종을 수집하여 이들의 미생물상을 조사하였으며, Warmbord와 Fry⁽⁵⁾, Kinner 등⁽⁶⁾, Powers 등⁽⁷⁾이 향신료 첨가식품과 관련하여 위생지표세균을 연구한 이외에, 향신료의 세균상을 조사한 문헌들은 많이 있다(8-13).

시중에서 유통되고 있는 고춧가루에 존재하는 호기성 중온성균 45균주를 분리하여 동정한 결과(2), 모두 그람양성의 아포형성균이었으며, *Bacillus pumilis*가 60%, *Bacillus licheniformis*가 25%, *Bacillus subtilis*가 13%, *Bacillus polymyxa*가 2% 로 분포되어 있었다. 이와 같은 결과는 *Bacillus*속이 고춧가루 의 주요한 microflora라는 최언호 등(15) 및 향신료중에 있는 microflora에 대한 Goto 등⁽⁸⁾의 보고와 유사하였다. 또한 고춧가루에서 분리한 *Enterobacteriaceae*과에 속하는 26종중 *Serratia liquefaciens*가 24균주였고, *Serratia plymuthica*와 *Klebsiella pneumonia*가 각 1균주 씩 검출되었으며, 이들 미생물은 주로 조류, 설치류 등에 의해 오염된 식물이나 토양 으로부터 유래된 것이라(16) 생각되며, 이와 같은 무아포 간균들이 많이 존재한다는 것은 Julseth와 Deibel⁽³⁾들의 보고와 비슷한 결과이다. 그러나 *E. coli*가 검출되지않은 것은 이 균이 향신료에서는 거의 나타나지 않는다는 Kadis 등⁽¹⁰⁾의 보고와 비슷하나, 향신료에서는 항균력을 가진 물질이 존재하여 이 물질이 희석되는 방향으로 시료를 처리하거나 비선택성 배지에 증균배양하지 않으면 검출이 안될 경우도 있다는 보고가 있어(3), 이와같은 영향을 받았을 가능성도 배제할 수 없을 것이다. 또한 고추에서 분리한 *Streptococci*의 특성을 나타낸 34균주는 Lancefield D group의 enterococci로서 두가지 종으로 구분되어 *Streptococcus faecium*이 31균주, *Streptococcus avium*이 3 균주로서 이들은 모두 인간 또는 동물의 분변으로부터 오염되었을 것으로 생각되었다 (2).

(나) 일반 고춧가루의 미생물 분포 및 연중 변화

일반 김치제조용 고춧가루의 연중 미생물 오염상태를 조사한 결과, 표 5-24에서 보는 바와 같이 총균수는 전체적으로 1.2×10^5 - 1.9×10^6 cfu/g으로 연중 큰 변화를 보이지 않은 반면, 젖산균수, 효모 및 곰팡이와 대장균균수는 연중 변화 폭이 상대적으로 컸다. 국내산 고춧가루와 외국산 고춧가루의 미생물균수를 비교하여 본 결과, 국내산 고춧가루의 미생물균수가 높은 편이었다.

또한 이러한 자료를 기초로 김치 제조초기에 고춧가루의 젖산균 기여도를 검토하

여 본 결과, 평균 0.3%로 매우 낮아, 상업적으로 살균한 고춧가루를 김치제조시 사용하여도 김치발효에 큰 영향이 없을 것으로 판단되었다.

표 5-24. 시중 판매되는 고춧가루의 미생물 분포 및 연중 변화 (단위 : cfu/g)

월	총균수	젖산균수 (김치젖산균기여도)	효모 및 곰팡이	대장균군
1월	1.9×10^9	7.7×10^9 (1.1%)	1.5×10^2	8.3×10^1
2월	1.7×10^9	$<1.0 \times 10^1$ (0.04%)	1.0×10^1	1.5×10^1
3월	3.7×10^9	4.0×10^4 (0.2%)	2.9×10^4	$<1.0 \times 10^2$
4월	1.3×10^9	7.8×10^9 (1.2%)	5.6×10^9	3.0×10^2
5월	1.5×10^9	1.9×10^9 (0.5%)	1.5×10^9	7.8×10^2
6월	5.2×10^9	3.4×10^9 (0.3%)	8.7×10^4	1.3×10^2
7월	1.2×10^9	6.7×10^4 (0.09%)	2.3×10^4	4.7×10^3
8월	1.5×10^9	7.5×10^4 (0.005%)	6.5×10^3	5.2×10^3
9월	1.6×10^9	1.9×10^2 (0.0004%)	$<1 \times 10^2$	2.5×10^2
10월	8.0×10^9	3.3×10^4 (0.2%)	2.5×10^4	$<1 \times 10^1$
11월	1.4×10^9	1.6×10^2 (0.0%)	$<1 \times 10^2$	1.0×10^1
12월	1.0×10^9	5.6×10^1 (0.02%)	9.8×10^1	3.5×10^2
최대	1.9×10^9	7.8×10^9 (1.2%)	5.6×10^9	5.2×10^3
최소	1.2×10^9	$<1.0 \times 10^1$ (0.0%)	1.0×10^1	$<1.0 \times 10^1$
평균	1.0×10^9	1.9×10^9 (0.3%)	7.3×10^4	9.9×10^2
외국산 (스페인)	2.1×10^9	1.6×10^2	1.8×10^4	4.0×10^2

(다) 고춧가루 살균에 따른 미생물 감균효과 측정

고춧가루 증기살균 시스템 1차 시작품을 이용한 살균실험에서 고춧가루의 살균 온도 및 살균횟수에 따른 미생물의 감균 효과를 알아보기 위하여 3 종류의 고춧가루 시료, 굵은 고춧가루, 고운 고춧가루1, 고운 고춧가루2 등을 증기혼합 공기온도 100℃,

살균 실린더 외부온도 120℃에서 살균한 결과는 표 5-25, 5-26, 5-27과 같다.

표 5-25. 고춧가루의 살균횟수에 따른 총균수 (cfu/g)

살균횟수	굵은 고춧가루	고운 고춧가루 1	고운 고춧가루 2
살균전	$5.1 \times 10^7(100)$	$3.1 \times 10^7(100)$	$2.7 \times 10^6(100)$
살균 1회	$9.0 \times 10^0(17)$	$2.8 \times 10^7(90)$	$2.6 \times 10^6(96)$
살균 2회	$2.3 \times 10^0(4)$	$2.5 \times 10^7(81)$	$2.4 \times 10^6(88)$
살균 3회	$2.2 \times 10^7(4)$	$2.4 \times 10^7(77)$	$2.3 \times 10^7(85)$

표 5-26. 고춧가루의 살균횟수에 따른 효모 및 곰팡이 균수(cfu/g)

살균횟수	굵은 고춧가루	고운 고춧가루 1	고운 고춧가루 2
살균전	$5.5 \times 10^4(100)$	$5.5 \times 10^4(100)$	$6.1 \times 10^4(100)$
살균 1회	$2.4 \times 10^4(44)$	$2.4 \times 10^4(44)$	$2.1 \times 10^4(34)$
살균 2회	$2.2 \times 10^4(40)$	$2.2 \times 10^4(40)$	$1.6 \times 10^4(26)$
살균 3회	$2.1 \times 10^4(38)$	$2.0 \times 10^4(36)$	$1.5 \times 10^4(25)$

표 5-27. 고춧가루의 살균횟수에 따른 대장균균 균수(cfu/g)

살균횟수	굵은 고춧가루	고운 고춧가루 1	고운 고춧가루 2
살균전	ND	ND	ND
살균 1회	ND	ND	ND
살균 2회	ND	ND	ND
살균 3회	ND	ND	ND

* ND : Not Detected

살균 실린더 내부로 공급되는 증기혼합 공기의 평균온도가 100℃, 실린더 외부온도가 120℃일 경우 고춧가루 살균결과를 보면 굵은 고춧가루의 경우 총균수가 96%이상 감소하는 경향이 나타났으나 입도가 적은 고운 고춧가루의 경우 15-27% 정도밖에

줄지않았다. 또한 시료내의 효모 및 곰팡이 균수의 감량은 64-85%였다. 본 시료의 경우 대장균군의 검출되지 않았다. 살균온도증가에 따른 효과를 분석하고자 증기혼합 공기온도와 실린더 외부온도를 각각 125, 140℃로 한후 고춧가루 시료를 살균한 결과는 표 5-28, 5-29, 5-30과 같다. 살균된 시료의 총균수는 69-87%의 감량을 보였으며 효모 및 곰팡이 균수의 경우 3회 살균시 94-100%의 감량효과를 보였다. 고춧가루 시료의 고온증기 살균처리를 한 경우 총균수 및 효모와 곰팡이균수의 감량효과는 보였으나 절대 총균수가 평균 10^6 이상을 보이고 있어 이를 10^4 이하로 낮추는 살균방법에 관한 연구가 앞으로 계속 수행되어야 할 것이다.

고춧가루 살균과정에서 미생물 변화분석은 시료 채취방법과 시료개체의 불균일성으로 인하여 정확한 분석에 큰 어려움이 있으며 이에 대한 실험방법의 새로운 대안이 제시되어야 할 것으로 판단된다.

국내 고춧가루 가공공장에서 사용하는 건고추 원료는 대부분이 수집상이나 도매상에서 납품되고 있어 청결한 고추원료 확보가 실제적으로 불가능한 실정이다. 또한 농가단위의 건조과정에서도 생고추를 포장에서 수확후 세척과정을 거치지 않고 건조를 하는 경우가 많으며 건조방법도 열풍 건조기와 태양열을 이용한 비닐하우스내의 건조를 복합적으로 이용하고 있어 건조기간에 건고추 원료가 외부 오염물질에 노출되기 쉽다.

현재 국내 청결 고춧가루 가공공장에서 고춧가루 제품의 품질향상을 위한 품질관리가 강화되고 있으며 특히 전국에 고추 주산지에 설립되어 있는 8개소의 단위농협 청결 고춧가루 가공공장에서 1997년부터 고춧가루제품의 균납을 실행하고 있으며 소비자의 고춧가루 판매량도 점차 증가되고 있어 더욱 철저한 위생관리가 요구되고 있다. 고춧가루 살균장치 1차 시작품에 관한 기계적인 문제점과 살균조건에 관한 개선방안은 앞으로 계속 연구되어야할 과제라고 판단된다.

Table 5-28. 고춧가루의 살균횟수에 따른 총균수 (cfu/g)

살균횟수	굵은 고춧가루	고운 고춧가루 1	고운 고춧가루 2
살균전	$8.3 \times 10^6(100)$	$3.3 \times 10^7(100)$	$6.8 \times 10^6(100)$
살균 1회	$2.5 \times 10^6(30)$	$1.5 \times 10^7(46)$	$5.0 \times 10^6(74)$
살균 2회	$2.4 \times 10^6(29)$	$9.1 \times 10^6(28)$	$4.0 \times 10^6(59)$
살균 3회	$2.3 \times 10^6(28)$	$4.4 \times 10^6(13)$	$2.1 \times 10^6(31)$

Table 5-29. 고춧가루의 살균횟수에 따른 곰팡이균수(cfu/g)

살균횟수	굵은 고춧가루	고운 고춧가루 1	고운 고춧가루 2
살균전	$1.1 \times 10^4(100)$	$2.4 \times 10^4(100)$	$2.0 \times 10^4(100)$
살균 1회	$5.0 \times 10^3(45)$	$8.6 \times 10^3(36)$	$7.7 \times 10^3(39)$
살균 2회	$1.3 \times 10^3(11)$	$4.3 \times 10^3(18)$	$3.7 \times 10^3(19)$
살균 3회	ND(0)	$1.5 \times 10^3(6)$	$1.4 \times 10^3(7)$

Table 5-30. 고춧가루의 살균횟수에 따른 대장균균수(cfu/g)

살균횟수	굵은 고춧가루	고운 고춧가루 1	고운 고춧가루 2
살균전	ND	ND	ND
살균 1회	ND	ND	ND
살균 2회	ND	ND	ND
살균 3회	ND	ND	ND

*ND: Not Detected

3. 고춧가루 살균 시스템 2차 시작품 제작 및 성능실험

가. 서론

현행 국내 고춧가루 가공공장에서 생산되는 고춧가루 품질관리상에서 가장 큰 문제로 대두되는 것은 고춧가루 제품에 잔류하는 유해한 미생물 오염 정도이다. 고춧가루 가공공장에서 사용하는 건고추 원료가 대부분 농가단위에서 생산되어 수집상, 도매상을 거치는 3~4단계의 유통과정에서 건고추는 흙, 먼지 등의 불순물에 노출되어 있으며 건고추 과피의 평균 수분이 17%w.b.이상이므로 매우 높은 상태이기 때문에 유해 미생물의 발생 가능성이 높으며 실제로 일부 시판되는 고춧가루 제품에서 대장균 및 세균류가 발견되는 있는 실정이다. 현재 스페인, 미국, 헝가리 같은 고춧가루 가공기술의 선진국에서는 생고추 원료단계에서부터 세척과정을 도입하고 건조후 고춧가루 수분이 5~6%w.b.이하로 되게 하여 장기저장시 품질변화를 방지하며 이를 사용한 고춧가루 가공공정의 최종단계에서 과열증기를 이용한 살균장치를 도입하여 청결한 고춧가루 가공기술을 확립하고 있다. 고춧가루는 양념료로서 식품제조에 직접 사용하기 때문에 가스살균이나 방사선 조사 살균 등의 소비자가 기피하는 살균처리방법은 사용할 수 없어 현재 이 분야의 첨단 살균방법은 과열증기를 이용한 살균방법으로 알려지고 있다. 이러한 가공기술은 가공제품의 특성에 따라 국가별로 조금씩 차이가 있으며 대부분이 관련 식품가공공장에서 독자적으로 개발한 것으로 기술이전을 기피하고 있다. 따라서 본 연구는 고춧가루 가공제품의 수분이 12%w.b.으로 높고 평균 입도가 30~40mesh로 비교적 큰 국내산 고춧가루의 효과적인 살균방법을 개발하고자 시도되었으며 2차년도에 과열증기 살균장치 1차 시작품을 제작하여 고춧가루 시료의 살균실험을 수행하였다. 본 연구는 2차년도 시작품의 문제점으로 분석된 고춧가루 원료 예열과정과 외부로 비산되는 고춧가루 미세입자를 싸이클론으로 수집할 수 있는 장치를 추가한 2차 시작품을 설계 제작하고 살균처리에 따른 미생물 감균효과를 조사하고자 하였다. 또한 현행 고춧가루 가공공장에 사용중인 자외선 살균장치의 살균효과를 정확히 분석하

고자 고춧가루 자외선 살균 시작품을 설계 제작하고 살균실험을 수행하였다.

나. 실험재료 및 장치

고춧가루 시료는 국내 청결고춧가루 가공공장인 S사 제품이며 입도 0.73mm 초기 함수율은 14.7%w.b. 종자 함수율은 10%였다. 그림 5-42는 고춧가루 증기살균장치 2차 시작품의 살균방법에 관한 개략도를 나타낸 것이다. 본 실험장치는 원료 투입 흡퍼, 공급 및 배출 로터리 밸브, 원료 예열 실린더 증기 흡입관, 고압팬(1hp), 공기가열 전기히터(15Kw), 증기살균 실린더, 증기압력조절장치, 원료 교반축, 과열증기노즐, 과열증기 배출관, 싸이크론, 과열증기 배출관, 냉각실린더 제어판넬 등으로 구성되어 있다. 증기살균 및 냉각 실린더 내부는 테프론 코팅을 하여 150℃ 이상의 고온에서 원료가 부착되지 않도록 하였다. 공기 및 증기의 흡입량을 측정할 수 있는 공기 및 증기 유량계를 설치하였다. 원료공급 및 배출 로터리 밸브 및 살균 및 냉각 실린더의 원료 교반축의 구동모터는 0.5hp DC모터로서 회전속도를 조절할 수 있어 원료투입량과 원료의 살균 및 냉각실린더 내의 통과속도를 조정할 수 있게 하였다. 그림 5-43은 장치의 외형도이며 그림 5-44은 시작품의 모습이다. 2차 시작품은 원료를 초기에 예열할 수 있는 스크류 콘베어식의 예열 실린더와 과열증기 배출시 외부로 유출되는 미세 고춧가루 입자를 집진할 수 있는 싸이클론을 설계 제작하여 1차 시작품에 추가하였다. 또한 현재 고춧가루 가공공장에서 활용되는 자외선 살균기의 살균효과를 정확히 분석하고자 그림 5-45과 같은 고춧가루 자외선 살균장치 시작품을 제작하였으며 그림 5-46는 외형을 나타낸 것이다. 이 장치는 진폭이 미세한 진동공급기를 2대 설치하여 고춧가루 시료를 유동화시켜 자외선 살균 효과를 높일 수 있으며 자외선 살균등의 조사 강도를 조절하기 위하여 자외선 램프의 조사 높이를 조절할 수 있도록 하였다. 자외선 램프 사양은 미국의 자외선 살균 전문업체인 ULTRA dynamic corporation사의 No. 7001-804로서 UV출력 26.7watts이다.

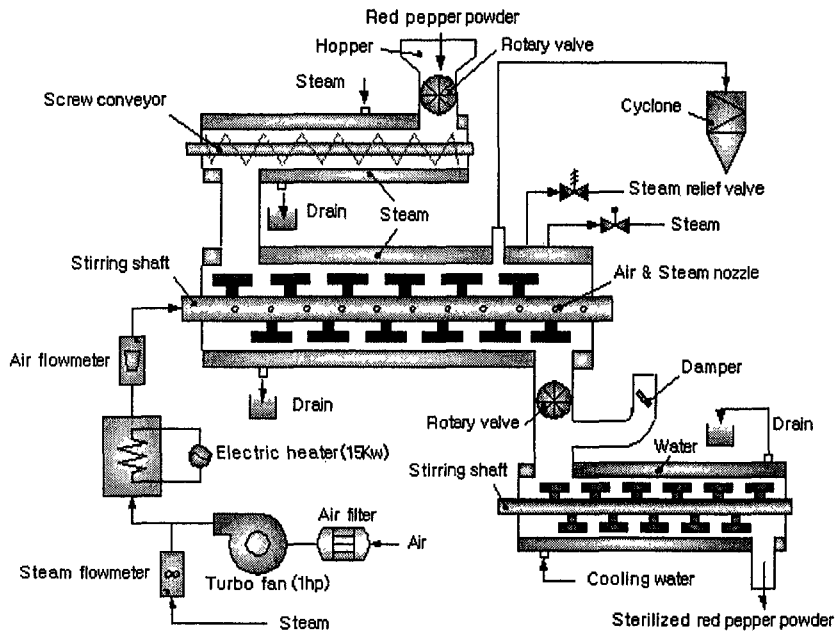


그림 5-42. 과열증기를 이용한 고춧가루 살균장치 개략도

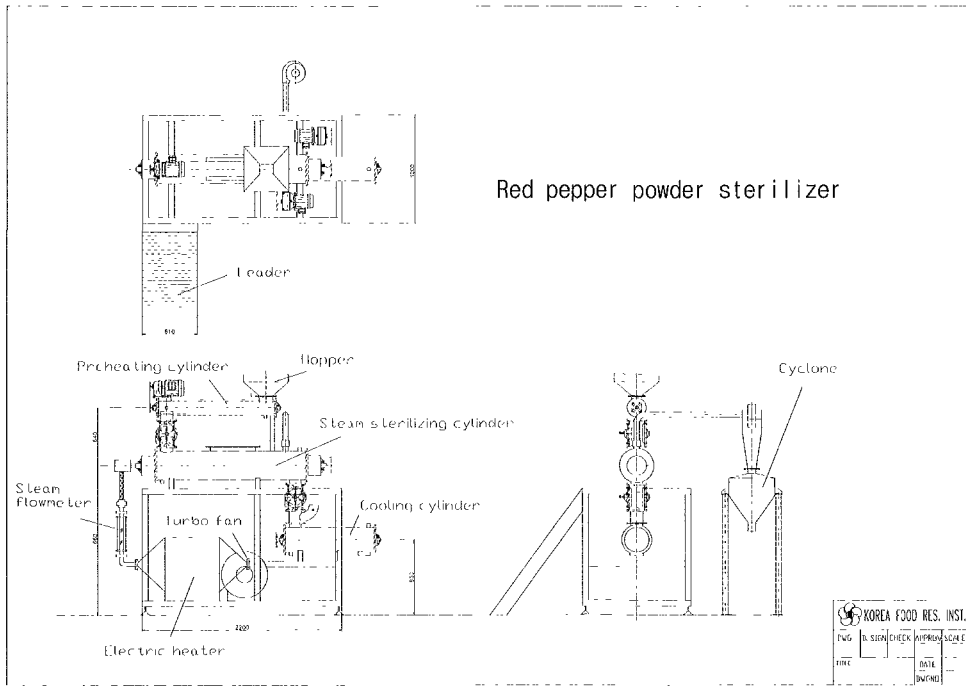
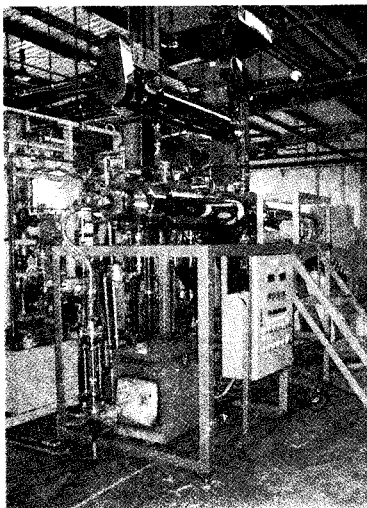
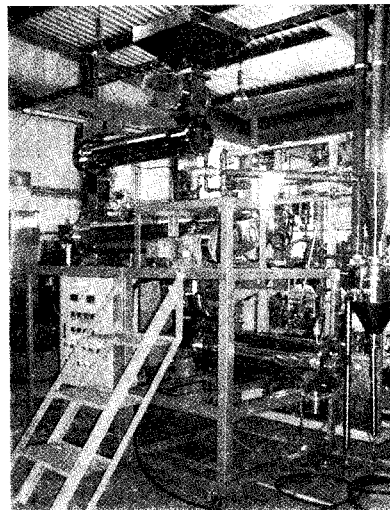


그림 5-43. 과일증기를 이용한 고춧가루 살균장치 외형도



(a) 측면



(b) 전면

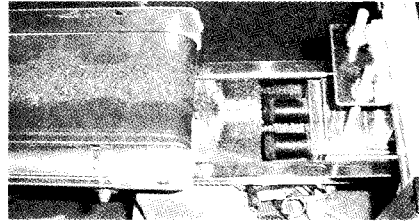
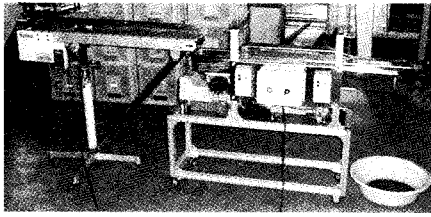


그림 5-45. 고춧가루 자외선 살균장치 시작품

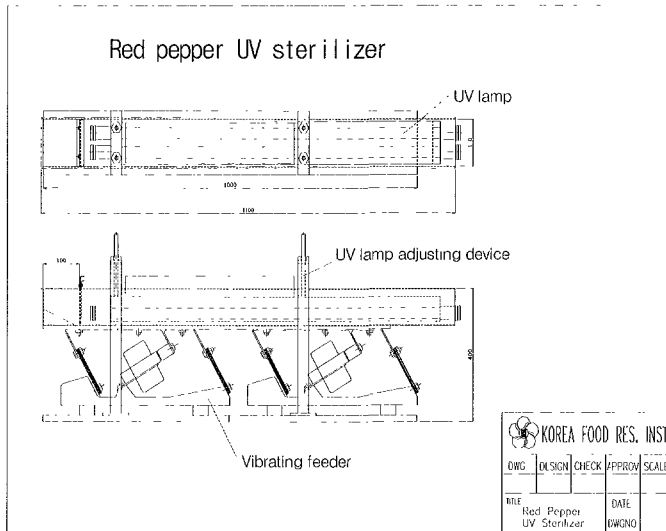


그림 5-46. 고춧가루 자외선 살균장치 시작품의 외형도

다. 실험방법

고춧가루 증기살균 실험방법은 실린더 내부로 투입되는 증기혼합 공기의 온도와 실린더 외부 온도를 120℃와 120℃, 138℃와 142℃ 2가지 수준으로 고온살균 하였다. 증기혼합 공기의 투입량은 500N ℓ/min 증기량은 8.0 kg/hr이었으며 예열 실린더의 스크류 콘베어 회전 속도는 20 rpm, 살균 실린더의 구동축 회전수는 75 rpm 였다. 1회 시료 투입량은 3 kg이며 살균실린더 통과속도는 평균 30~40초 사이였다. 고춧가루 시료의 살균횟수는 연속 3회로 하였으며 매회 살균시 시료를 채취하였다. 그리고 살균 횟수에 따른 시료의 수분, 색도, 신미성분, 미생물 균수 등을 분석하였다. 고춧가루 자외선 살균실험은 자외선 살균등의 조사 높이를 2, 4 cm 두 수준으로 하였다. 자외선 살균 횟수는 연속 3회이며 살균횟수에 따른 미생물 균수를 분석하였다. 증기 및 자외선 살균시 시료채취는 멸균된 약수저로 Stomacher bag에 약 30g씩 2반복 채취하였다. 채취된 약 0.1g의 고춧가루 시료를 멸균된 9.9ml 식염수에 가한 후, 약 30초간 강하게 현탁하여 미생물 검사용 모용액으로 하였다. 모용액 1ml를 9ml의 멸균 식염수에 첨가하여 단계별로 희석한 뒤 희석액 1ml를 다음과 같은 배지에 접종하였다. 총균수는 plate count agar(PCA)로, 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar(PDA)를 이용하여 pouring 배양방법으로 수행하였고, 대장균군은 Mackonkey agar를 이용하여 spreading 배양방법으로 미생물 검사를 수행하였다. 이때, 총균수와 효모 및 곰팡이는 30℃에서 24~48시간 배양하였으며, 대장균군은 37℃에서 24~48시간 배양하였으며, 미생물균수는 고춧가루 시료 1g 당으로 환산하였으며, 살균효과는 사멸율로서 표시하였다.

라. 실험결과 및 고찰

1) 고춧가루 살균 조건에 따른 시료의 물성 및 신미성분의 변화

표 5-31은 고춧가루의 고온증기 살균과정에서 살균온도 및 살균횟수에 따른 수분,

색도 등의 물성변화와 고추의 주요 신미성분인 Capsaicin의 함량 변화를 분석한 것이다. 고춧가루의 함수율 변화는 살균온도보다 살균횟수에 의한 것이 크며, 살균 실린더 내부, 외부 온도가 120, 120℃인 경우 1회 통과시 평균 1.7%w.b.의 수분이 감소되었으며 138, 142℃의 경우 2.4%w.b. 감소현상을 보였다. 국내 고춧가루 가공제품의 수분이 평균 12%w.b.인 것을 고려한다면 살균전 고춧가루의 함수율은 17~18%w.b. 이상 되어야 살균후 적정 함수율에 도달할 것으로 생각된다. 살균온도 120, 120℃에서 고춧가루의 밝기를 나타내는 L*값은 살균후 2.2 감소되었으며 붉은 색상과 관련있는 a*값은 1.5 정도 감소하나 2, 3회에서는 1정도로 감소되었다. b*값은 4.9 감소되었다. 살균온도 138, 142℃에서 L*값은 2.1 감소되었으며 a*, b*값은 각각 4.9, 5.5 감소되어 살균온도가 높을수록 색도 변화가 증가하는 경향을 보였다. 그러나 고춧가루의 색도는 살균 초기에 색도가 감소한 후 살균 2~3회까지는 큰 변화를 보이지 않아 살균초기의 온도 및 살균시간에 영향을 받는 것으로 보인다. 따라서 증기살균시 살균횟수는 1~2회로 하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 그림 5-47과 5-48은 실험결과를 그림으로 표시한 것이고 그림 5-49는 증기살균횟수에 따른 고춧가루의 색도 변화를 나타낸 것이다. 그림 5-50은 고춧가루 증기살균장치의 부위별 온도변화를 나타낸 것이다.

표 5-31. 증기 살균횟수에 따른 고춧가루의 물성 및 신미성분의 변화

(고춧가루 시료 입도: 0.73 mm, 살균시간: 30 sec/회)

살균 실린더 작동 조건	살균횟수 (회)	수분 (%w.b.)	색도			신미성분 (Capsaicin, mg%)
			L*	a*	b*	
내부: 120℃ 외부: 120℃	0*	14.6	33.4	28.1	28.3	48.1
	1	13.7	31.6	26.6	25.6	-
	2	11.2	32.1	25.6	24.9	-
	3	9.5	31.1	24.3	23.4	49.1
내부: 138℃ 외부: 142℃	0*	14.6	33.4	28.1	28.3	48.1
	1	13.2	30.9	25.1	24.7	-
	2	10.8	31.5	23.4	24.6	-
	3	7.4	31.3	23.2	22.8	46.8

* : 살균전 시료

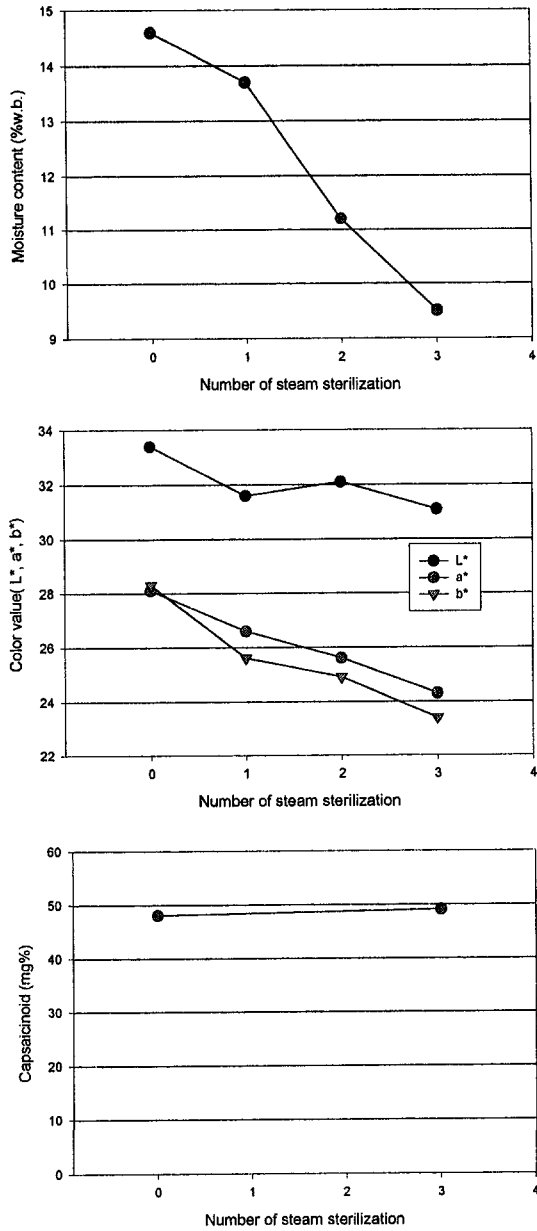


그림 5-47. 증기살균횟수에 따른 고춧가루 물성 및 신미성분의 변화
(살균조건 : 실린더 내부 온도 120°C, 외부온도 120°C, 살균시간 : 30~40sec)

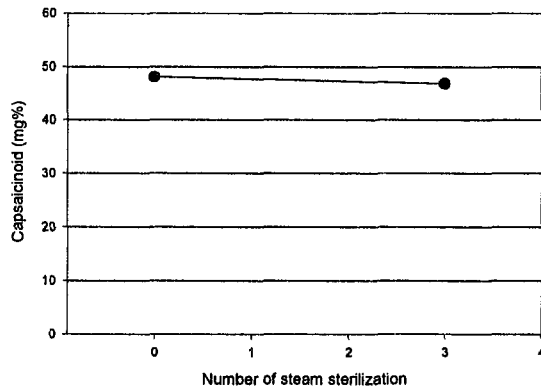
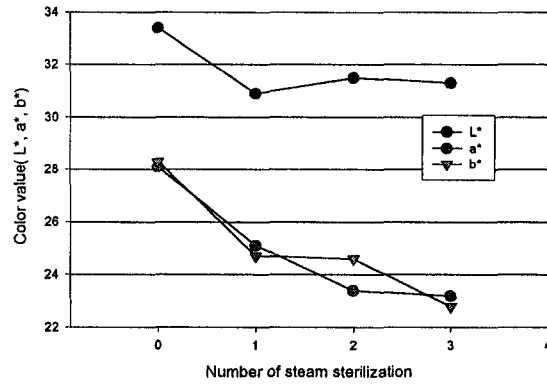
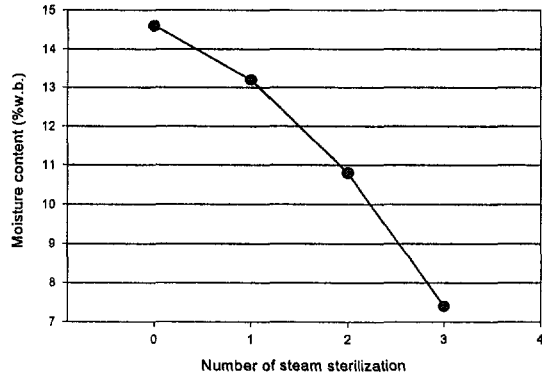
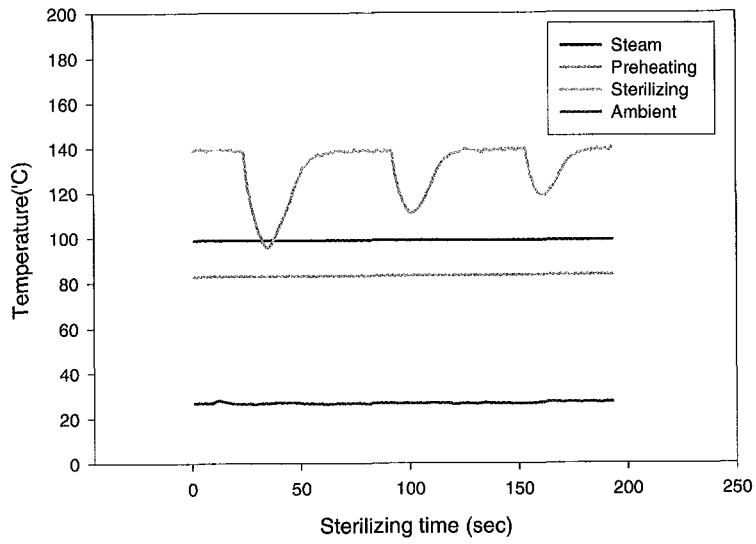


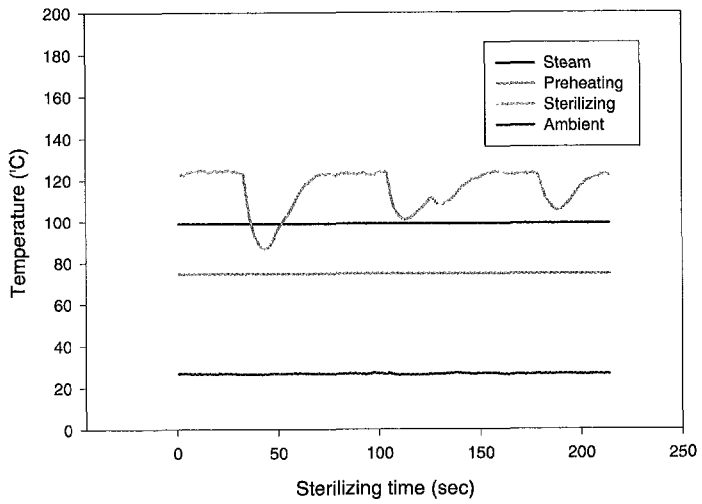
그림 5-48. 증기살균횟수에 따른 고춧가루 물성 및 신미성분의 변화
 (살균조건 : 실린더 내부 온도 138℃, 외부온도 142℃, 살균시간 : 30~40sec)



그림 5-49. 증기살균횟수에 따른 고춧가루의 색도변화



(a) 증기살균 실린더 내부 온도 (120°C)



(b) 증기살균 실린더 내부 온도 (138°C)

그림 5-50. 고춧가루 증기살균장치의 부위별 온도변화

표5-32는 자외선 살균횟수에 따른 고춧가루의 물성변화를 나타낸 것으로 자외선 살균등의 높이 2, 4cm와 살균횟수에서 수분이나 색도의 변화는 거의 없었으나 신미성분의 미세한 변화가 2.8~5.1 mg% 정도 일어났다. 이러한 원인이 자외선 조사에 의한 것인지, 시료의 신미성분 분석 오차인지 연구가 필요한 것으로 생각된다. 그림 5-51은 자외선 살균횟수에 따른 고춧가루 색도변화를 나타낸 것이다.

표 5-32. 자외선 살균횟수에 따른 고춧가루의 물성 및 신미성분의 변화
(고춧가루 시료 입도: 0.72 mm, 살균시간: 30~40 sec/회)

자외선살균 높이 (cm)	살균횟수 (회)	수분 (%w.b.)	색도			신미성분 (Capsaisin, mg%)
			L*	a*	b*	
2	0*	14.9	31.5	27.5	27.3	50.23
	3	15.1	31.6	25.3	25.4	45.13
4	0*	14.9	31.5	27.5	27.3	50.23
	3	14.5	31.4	27.0	25.4	47.4

* : 살균전 시료

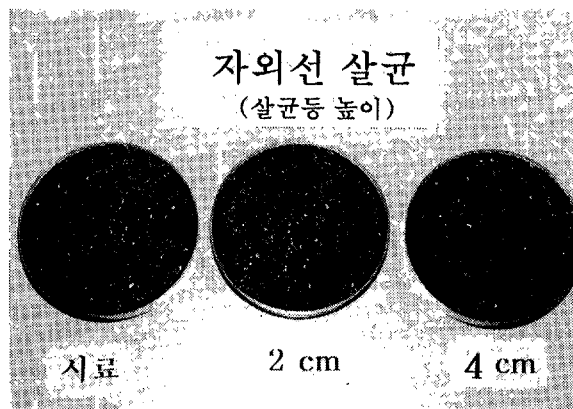


그림 5-51. 자외선 살균횟수에 따른 고춧가루 색도변화
(자외선 살균등 높이 : 2, 4cm, 살균횟수 : 3회)

2) 고춧가루 살균에 따른 미생물 감균효과

고춧가루 가공공장에서 생산된 고춧가루를 감균하기 위한 살균방법으로서 steam 살균처리와 자외선 조사를 선정하여 살균처리한 후 측정된 총균수와 효모 및 곰팡이 균수의 변화에 대한 비교 결과는 표 5-32과 표 5-33에 각각 나타내었다. Steam 살균 처리는 실린더 내부, 외부 온도를 각각 120, 120℃와 138, 142℃로 하여 3회 연속 반복하여 살균처리 하였으며, 이때, steam기의 통과 속도는 30~40초로 하였다. 자외선 살균처리는 조사 높이를 2cm와 4cm로 달리하여 앞서와 같이 3회에 걸쳐 연속 반복하여 실시하였으며, 자외선 조사지역의 통과 속도는 약 30~40초로 하였다. 총균수의 경우, 표 5-33에서 보는 바와 같이 살균처리 후 고춧가루내 총균수 변화는 살균횟수가 증가함에 따라 약간 감소하는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 보이지 않았다. 살균 처리정도가 강해질수록, 즉 자외선 조사거리가 짧거나 steam 내부온도가 높은 경우에 자외선 살균 사멸율은 살균높이 2, 4cm에서 각각 34.0, 40.3% 였다. steam의 경우 내부온도가 120℃보다 138℃일 때 사멸율이 높았으며, 그때의 사멸율은 평균적으로 64% 이었다. 효모 및 곰팡이의 경우, 표 5-34에서와 같이 살균처리 후 고춧가루내 효모 및 곰팡이의 균수 변화는 살균횟수가 증가함에 따라 약간 감소하는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 보이지 않았다. 오히려 살균처리정도가 강해질수록, 즉 자외선 조사거리가 짧거나 steam 내부온도가 높은 경우에 뚜렷한 살균효과를 보였으며, 자외선 조사의 경우 조사거리가 2 cm 일 때 64%의 사멸율을 보였으며, steam의 경우 내부온도가 140℃일 때 69%의 사멸율을 보였다. 전체적으로 자외선 살균방법보다는 steam 살균처리의 경우에 사멸효과가 높았으며, 이러한 효과는 효모 및 곰팡이보다는 총균수에서 뚜렷하였다. 대장균군의 경우, 대조구와 전체 살균처리구에서 대장균군이 검출되지 않아 살균처리에 대한 효과는 비교할 수 없었으며, 건조 식품원료인 고춧가루의 경우, 대장균은 문제가 없는 것으로 판단되었다. 그러나 고춧가루에는 내열성 포자형성 세균이 많이 존재하는 것으로 믿어지며, 3회 연속 반복처리 보다는 처리사이에 하루또는 이틀간의 시간을 두어 간헐적 살균처리를 하는 것이 효과적이라고 판단되었

다.

표 5-33. 자외선 살균과 steam 살균방법의 반복 처리에 따른 고춧가루의 총균수 감균 효과 비교 (단위 : CFU/g)

살균횟수	자외선 처리			Steam 처리		
	살균높이	총균수	사멸율(%)	살균온도	총균수	사멸율(%)
대조구		8.6×10^6	0		1.3×10^7	0
1회	높이 2cm	8.3×10^6	3	내부온도 120℃	7.1×10^6	45
2회		4.3×10^6	50		5.0×10^6	61
3회		5.7×10^6	34		5.8×10^6	55
1회	높이 4cm	5.9×10^6	31	내부온도 140℃	5.5×10^6	58
2회		5.4×10^6	37		3.4×10^6	74
3회		5.7×10^6	34		5.1×10^6	61

표 5-34. 자외선 살균과 steam 살균방법의 반복 처리에 따른 고춧가루의 효모 및 곰팡이 균수의 감균효과 비교 (단위 : CFU/g)

살균횟수	자외선 처리			Steam 처리		
	살균높이	효모 및 곰팡이균수	사멸율(%)	살균온도	효모 및 곰팡이균수	사멸율(%)
대조구		4.1×10^6	0		5.9×10^6	0
1회	높이 2cm	1.5×10^6	63	내부온도 120℃	3.7×10^6	37
2회		1.5×10^6	63		4.0×10^6	32
3회		1.4×10^6	66		2.9×10^6	51
1회	높이 4cm	2.2×10^6	46	내부온도 140℃	1.9×10^6	68
2회		2.4×10^6	41		1.7×10^6	71
3회		1.4×10^6	66		1.8×10^6	69

제 6 절 고춧가루 품질측정 시스템 개발

1. 고춧가루 품질측정시스템 개발 1차 연구

가. 서론

가시광선과 근적외선 분광분석법으로 고춧가루의 품질을 측정하는 연구와 이를 이용하여 실제로 고춧가루 가공공장에서 비파괴적으로 on-line 측정이 가능한 시스템을 구축하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

본 연구의 최종목표는 전국 주요 고추 주산지에 설립되어 있는 청결고춧가루 가공공장의 제품 품질관리의 종합적인 시스템을 구축하여 고춧가루 제품의 품질등급을 정확히 하고 규격화된 제품생산 및 고춧가루 품질관리에 기여하는데 있다. 1차년도 연구의 목표는 고춧가루의 품질지표중 가장 중요한 함수율, 고춧가루의 신미성분, 산가와 색도 L^* , a^* , b^* 값을 가시광선과 근적외선 분광분석법을 이용하여 비파괴적으로 측정할 수 있는 측정모델을 개발하는데 있었다.

나. 실험재료 및 방법

1) 실험재료

가시광선과 근적외선 분광분석법에 의한 고춧가루의 품질측정 모델을 개발하기 위하여 국내에서 생산되는 주요 고추품종에 대하여 생산지와 생산년도가 다른 24종의 시료와 고추의 신미성분 분포를 균일화하기 위하여 서로 다른 2개 품종을 혼합하여 4개의 시료를 제조하여 모두 28가지의 시료를 사용하였다. 품종은 다복, 광복, 금탑, 대명, 만냥, 금장, 조광, 풍촌, 다홍, 다모아, 청양 등 11개 품종이며, 생산지는 영월, 안동, 고창, 영양, 신태인, 의령, 정읍으로 1995년에서 1998년에 생산된 고추를 사용하였다. 본 시료는 0℃의 저온저장고에 보관하며 실험에 사용하였다.

2) 실험장치

고춧가루의 가시광선/근적외선 스펙트럼을 측정·분석하기 위하여 본 연구에 사용된 실험장치는 근적외선 분광분석기(Model 6500, NIRSystems, USA), 원거리 반사 모듈(remote reflectance module, 046C562-01), 개인용 컴퓨터(Pentium 150, IBM type)로 구성되어 있으며, 그림 5-52는 본 실험장치의 개략도이다.

근적외선 분광분석기는 회절격자형으로 400~2500nm의 파장범위에서 2nm간격으로 반사 및 투과 스펙트럼을 측정할 수 있으며, 파장의 정밀도는 $\pm 0.3\text{nm}$ 이다. 고춧가루 측정모듈은 고춧가루 제조공정상에서 on-line 측정이 가능하도록 원거리 반사 모듈을 사용하였으며, 개인용 컴퓨터를 이용하여 측정된 스펙트럼을 저장·분석하였다. 그림 5-53은 본 실험에 사용된 NIR 시스템의 광섬유 케이블로 NIR 본체와 연결되어 있는 원거리 반사 모듈의 구조와 고춧가루 시료 측정 과정을 나타낸 것이다.

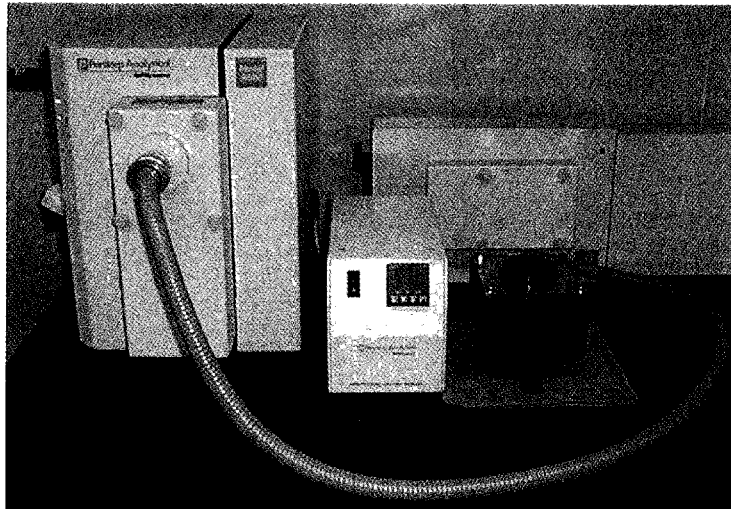


Fig. 5-52. NIR system for experiments (Mode 6500, NIR systems, USA)

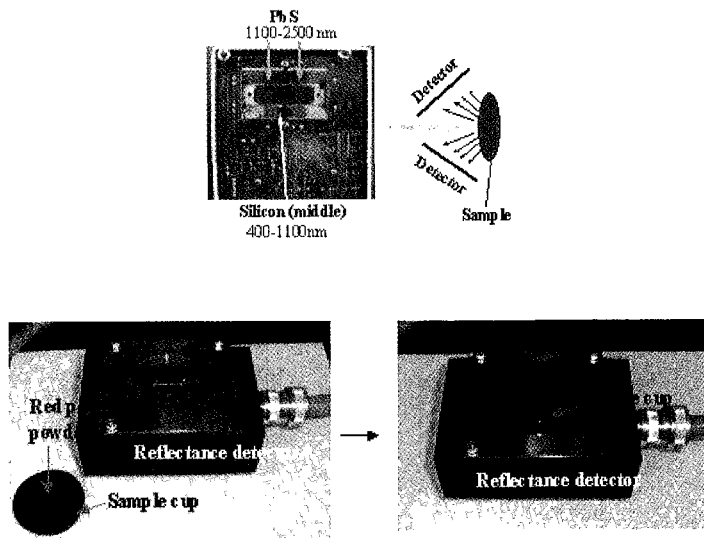


Fig. 5-53. Principle of reflectance detector and remote reflectance module for measuring red pepper powder sample

3) 실험방법

고춧가루 가공공장의 제조공정에서 고춧가루 품질평가의 주요항목은 고춧가루의 함수율(moisture content), 신미성분(capsaicin), 산가(acid value), 색도(L*, a*, b*)로서 시료별로 가시광선/근적외선 스펙트럼과 품질평가 항목을 측정하고 분석하여 고춧가루 품질항목 각각의 측정 모델을 개발하였다. 고춧가루 시료의 함수율, 신미성분, 산가, 색도의 분석방법은 앞에서의 분석방법과 동일하다.

가) 시료 전처리

스펙트럼 측정시 시료입자의 비선형성으로 인한 흡광도 차이로 빛의 산란이 발생하는 것을 방지하기 위하여 실험에 사용된 고춧가루 시료는 30mesh로 일정하게 분쇄하

여 사용하였으며, 고춧가루 품질의 균일성을 위하여 종자 혼입율을 10%로 일정하게 제조하여 사용하였다. 각 고추시료는 이와같은 전처리 과정을 거쳐서 30g이상의 고춧가루를 제조하여 스펙트럼 분석에 사용하였다.

나) 스펙트럼 측정

본 실험에서는 400~2500nm의 파장영역에서 2nm간격으로 스펙트럼을 측정하였으며, 근적외선 분광분석기의 구동을 위하여 전용 프로그램인 NSAS(NIRSystems, Silver Spring, USA)를 이용하였다. 근적외선 분광분석기는 32번 반복해서 반사된 에너지를 감지(scan)하고 평균하여 측정하며, 흡광도($\log(1/R)$)의 형태로 변환한 스펙트럼을 컴퓨터에 저장하였다. 스펙트럼 측정시 8.5g의 고춧가루를 측정셀에 넣은 후 빛의 산란을 방지하기 위하여 측정셀 뒷면에 부착된 스프링으로 고춧가루 시료를 밀착시킨 후에 스펙트럼을 측정하였으며, 각 고춧가루 시료는 3번 측정하여 스펙트럼 분석에 사용하였다.

다) 예측모델 개발

수분, 신미성분, 산가의 예측모델은 측정된 스펙트럼 중에서 가시광선 영역과 노이즈(noise)가 발생되는 2400nm 이상의 파장 영역을 제외한 700~2400nm의 파장 영역을 사용하였다. 스펙트럼 분석에는 Winisi II version 1.0(NIRSystems, USA) 프로그램을 사용하여, 수정된 부분최소자승(modified partial least square, MPLS) 방법으로 수분, 신미성분, 산가의 예측모델을 개발하였다. 기준선 이동으로 나타나는 영향 및 빛의 산란의 영향을 최소화하기 위하여 1차 미분(1st derivative)한 스펙트럼과 표준 정규화(standard normal variate and detrending, SNV and Detrend)된 스펙트럼을 사용하였다. 이때 최대 term수는 8, 교차검증그룹(cross validation groups)은 6, 원시 스펙트럼의 1차 미분시 분할간격(gap)은 10nm로 하였다.

본 연구에서 사용된 WinisiII 프로그램의 수정된 부분최소자승 방법은 교정부 스펙트럼에 대하여 모델을 결정하고 모델 개발에 이용되지 않은 나머지 스펙트럼을 사용하여 결정된 모델을 검증하는 교차검증을 수행하여 결정된 모델과 검증결과를 출력한다. 예측모델은 스펙트럼 분석결과 결정계수(R^2)가 높은 모델을 선정하였으며, 결정계수가 유사한 값을 나타낼 때에는 검증오차(standard error of cross validation, SECV)가 낮고, 검증계수(validation coefficient, VC)가 높은 모델을 선정하였다.

색도 L^* , a^* , b^* 값의 예측모델은 가시광선 영역인 400~750nm 파장 영역을 사용하였으며, 예측모델은 다중회귀 분석법(multiple linear regression, MLR) 방법에서 변수증감법(stepwise method)을 사용하여 개발하였다. WinisiII version1.0의 상용 프로그램을 사용하였으며, 최대 term 수는 8로 선정하였다. 색도의 예측모델은 전처리를 하지 않은 원시 스펙트럼을 사용하였으며, 최적 모델은 회귀모델의 결정계수(R^2)가 높고, 오차(standard error of calibration, SEC)가 낮으며, 최소의 파장으로 구성된 모델로 결정하였다.

4) 실험결과 및 고찰

가) 시료의 품질분석 및 스펙트럼

고춧가루 품질요인으로는 함수율(moisture content), 신미성분(capsaicin), 산가(acid value), 색도(L^* , a^* , b^*)를 분석하였으며, 본 실험에 사용한 고춧가루 시료와 품질요인 분석결과는 표 5-35과 같다. 실험에 사용된 시료의 함수율은 11.76~15.62% 범위로서 대부분 국내에서 유통되는 고춧가루 함수율 범위를 나타내고 있다. 함수율의 평균값은 13.6%, 표준편차는 0.99%이었다. 신미성분은 14.76 mg%에서 223.66 mg%의 범위를 나타내고 있으며, 평균값은 79.72 mg%, 표준편차는 58.30 mg%로 나타났다. 산가는 0.89에서 1.63의 범위로 나타났으며, 평균값은 1.24, 표준편차는 0.16이었다. 색도에서 L^* 값은 30.24에서 40.29의 범위로 나타났으며, 평균값은 35.14, 표준편차는 2.34이었다. a^* 값은 19.14에서 31.18의 범위로 나타났으며, 평균값은 25.53, 표준편차

는 2.71이었다. b^* 값은 16.83에서 37.81의 범위로 나타났으며, 평균값은 24.28, 표준편차는 4.68으로 나타났다. 가시광선/근적외선의 스펙트럼은 3회 반복하여 측정하여 사용하였으며, 이들 원시 스펙트럼은 그림 5-54과 같다.

Table 5-35. The moisture, capsaicin, acid value and L*, a*, b* of red pepper used for experiment

시료 (품종_수확지_생산년도)	Moisture (%)	Capsaicin (mg%)	Acid value	Color		
				L*	a*	b*
다복_의령	12.39	94.58	1.05	37.07	22.56	24.59
다복_1995	12.90	79.97	1.11	38.20	27.44	28.82
다복_1996	13.62	92.93	1.14	37.54	27.96	24.58
광복_영월	13.73	64.88	1.63	38.43	21.12	23.68
광복_1995	13.00	65.07	0.89	36.94	26.96	24.28
금탑_안동	13.85	46.56	1.38	35.88	23.53	26.38
금탑_원주	14.43	27.76	1.35	36.20	24.54	28.24
금탑_신태인	15.30	30.44	1.30	34.40	24.79	21.50
대명_1995	13.68	35.33	1.22	37.69	24.74	26.41
만남_1995	14.20	38.23	1.17	33.20	24.61	21.28
금장3호_안동	15.62	37.23	1.31	31.72	19.14	16.83
금장3호_영광	12.36	23.12	1.31	40.29	26.39	28.55
금장3호_신태인	12.73	14.76	1.11	35.85	23.53	26.38
조광_신태인	11.76	44.59	1.38	35.81	26.97	27.53
풍촌_1995	14.79	30.05	1.51	34.33	21.61	18.51
다흥_고창_1998	13.10	42.53	0.97	35.26	25.35	19.09
다흥_영양-1998	13.57	49.66	1.35	34.27	25.79	20.85
다흥_정읍_1998	13.01	59.85	1.34	33.61	24.30	20.10
영광_1998	14.03	51.20	1.20	35.91	27.92	22.61
전남_1998	12.95	26.47	1.09	35.21	27.89	22.82
다모아_1998	13.23	179.29	1.21	33.67	27.62	19.09
청양_영월	15.16	110.44	1.38	35.74	22.19	19.92
청양_1995	14.02	158.51	1.13	34.62	25.85	22.76
청양_1997	12.02	223.66	1.17	35.18	25.56	19.26
다복_1996+청양_1995	13.82	125.00	1.14	34.35	31.18	37.81
청양_1995+청양_영월	14.59	134.00	1.26	31.20	27.82	32.36
다모아_1998+청양_영월	14.20	145.00	1.30	30.24	27.97	27.67
다모아_1998+청양_1997	12.63	201.00	1.19	31.12	29.64	27.94
평 균	13.60	79.72	1.24	35.14	25.53	24.28
표준편차	0.99	58.30	0.16	2.34	2.71	4.68

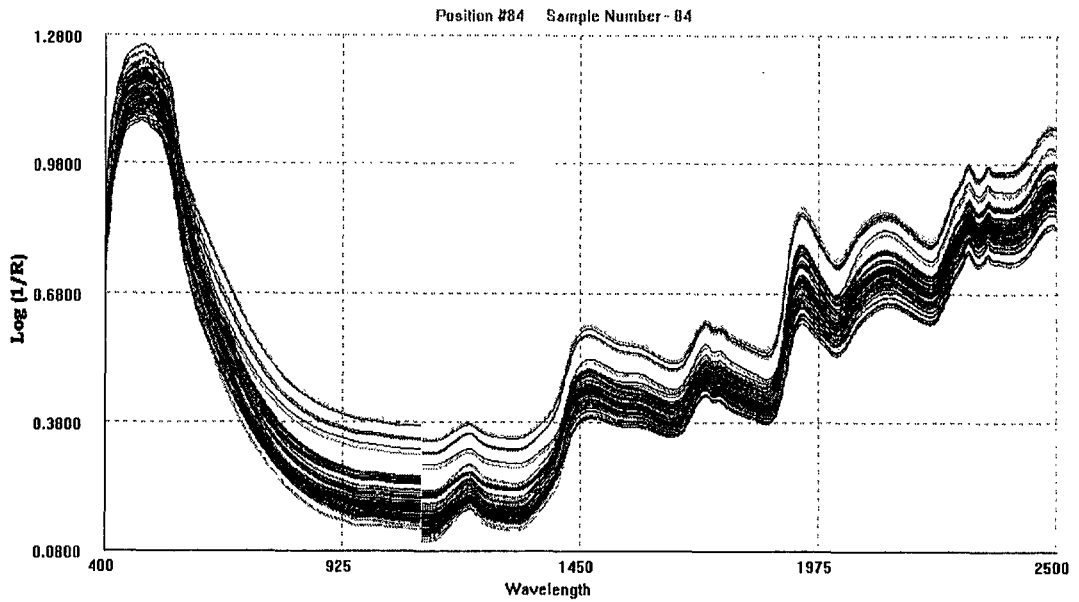


Fig. 5-54. Spectra of red pepper used for experiments.

나) 함수율 측정모델

수정된 부분최소자승법을 이용한 함수율 측정모델 개발의 결과는 표 5-36과 같다. 결정된 함수율 측정모델의 결정계수(R^2)는 0.976, 검증오차(SECV)는 0.173, 검증계수 (VR)는 0.979로 나타났으며, 이때 term 수는 8이었다.

Table 5-36. Calibration results of models for the moisture content of red pepper

Mathematical treatment	Preprocessing	No. of terms	SEC ¹⁾	R ²	SECV ²⁾	VR ³⁾
1st derivative	SNV & Dtr. ⁴⁾	8	0.102	0.989	0.142	0.979

1) SEC : Standard Error of Calibration

2) SECV : Standard error of Cross Validation

3) VR : Validation Coefficient

4) SNV & Dtr. : Standard Normal Variate and Detrending

선정된 모델의 고춧가루 함수율을 예측한 결과와 실측치와의 관계는 그림 5-55와 같다. 이때 R²는 0.992로서, 본 연구에서 개발된 고춧가루 함수율 측정모델은 우리 나라에서 생산되는 모든 고춧가루에 적용하여도 우수한 결과를 나타낼 것으로 사료되며, 특히 청결고춧가루 생산공장에서 함수율을 관리할 때 유용하게 사용될 것으로 판단된다.

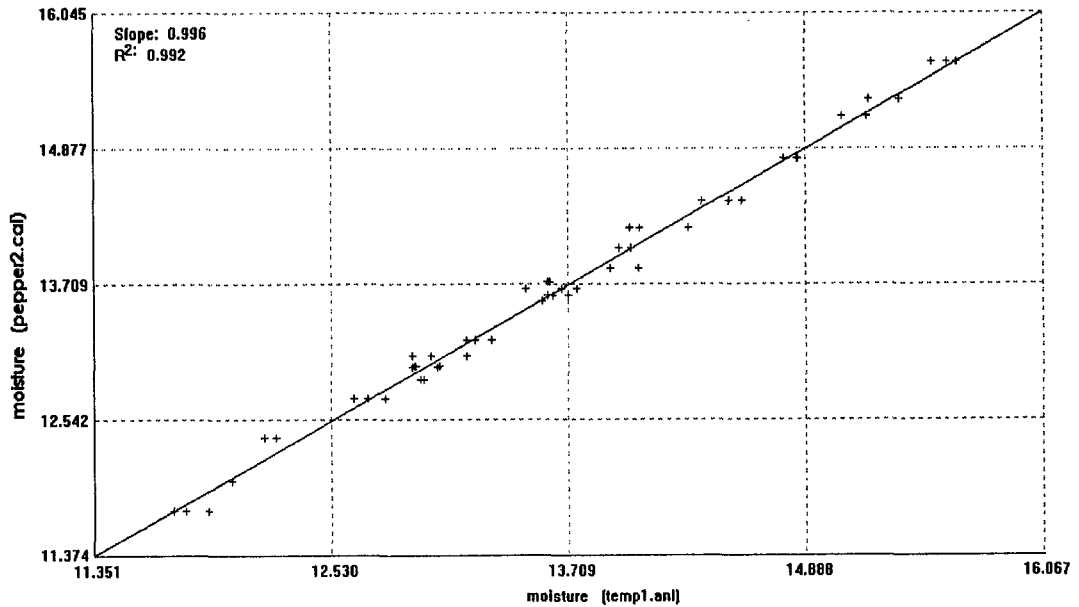


Fig. 5-55. Comparison of measured and predicted values of moisture content of red pepper by developed model.

다) 신미성분 측정모델

본 실험에 사용된 시료의 신미성분은 14.76~223.66 mg%로서 표준편차는 57.77 mg% 이었으며, 이는 국내에서 생산되는 대부분 고춧가루의 신미성분 범위를 포함하고 있다. 또한 캡사이신의 화학적 성분분석은 매우 정밀도를 요구하고 있어 근적외 분광법을 이용한 고춧가루의 신미성분의 측정모델 개발에서 정확한 스펙트럼의 측정 못지 않게 중요한 부분을 차지하고 있다. 본 연구에서는 앞절에서 설명한대로 HPLC를 이용한 캡사이신 분석방법을 확립하여 고춧가루의 신미성분인 캡사이신의 화학적 성분분석에 정밀도, 재현성을 높여 고춧가루의 신미성분 측정모델 개발에 사용하였다.

근적외 분광법을 이용한 고춧가루의 신미성분 측정모델 개발결과는 표 5-37과 같다. 결정된 신미성분 측정모델의 결정계수(R^2)는 0.960, 검증오차(SECV)는 14.094

mg%, 검증계수(VR)는 0.940으로 나타났으며, 이때 term 수는 8이었다.

Table 5-37. Calibration results of models for the capsaicin of red pepper

Mathematical treatment	Preprocessing	No. of terms	SEC ¹⁾	R ²	SECV ²⁾	VR ³⁾
1st derivative	SNV & Dtr. ⁴⁾	8	11.654	0.960	14.094	0.940

1) SEC : Standard Error of Calibration

2) SECV : Standard error of Cross Validation

3) VR : Validation Coefficient

4) SNV & Dtr. : Standard Normal Variate and Detrending

선정된 모델의 고춧가루 신미성분을 예측한 결과와 실측치와의 관계는 결정계수가 0.958로서 그림 5-56과 같다. 본 연구에서 개발된 고춧가루 신미성분 측정모델은 우리나라에서 생산되는 모든 고춧가루의 신미성분 분석에 우수한 결과를 나타낼 것으로 사료되며, 특히 청결고춧가루 생산공장에서 고춧가루의 신미성분을 관리할 때 유용하게 사용될 것으로 판단된다.

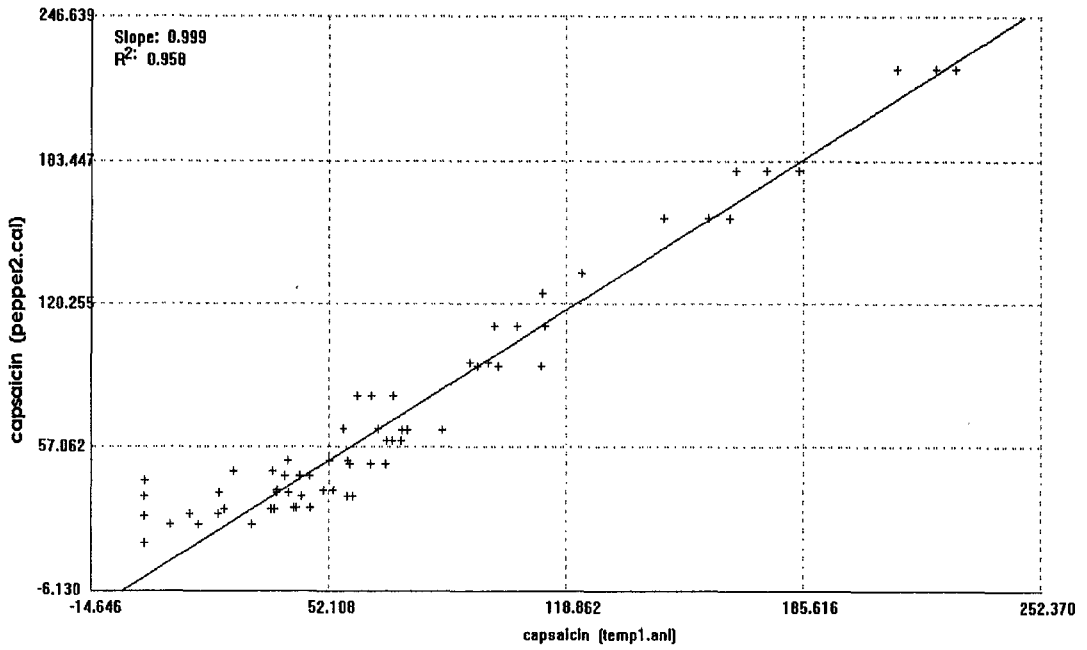


Fig. 5-56. Comparison of measured and predicted values of capsaicin of red pepper by developed model.

라) 산가 측정모델

근적외 분광법을 이용한 고춧가루의 산가 측정모델 개발결과는 표 5-38과 같다. 결정된 산가 측정모델의 결정계수(R^2)는 0.935, 검증오차(SECV)는 0.050, 검증계수(VR)는 0.881로 나타났으며, 이때 term 수는 8이었다.

Table 5-38. Calibration results of models for the acid value of red pepper

Mathematical treatment	Preprocessing	No. of terms	SEC ¹⁾	R ²	SECV ²⁾	VR ³⁾
1st derivative	SNV & Dtr. ⁴⁾	8	0.037	0.935	0.050	0.881

- 1) SEC : Standard Error of Calibration
- 2) SECV : Standard error of Cross Validation
- 3) VR : Validation Coefficient
- 4) SNV & Dtr. : Standard Normal Variate and Detrending

선정된 모델의 고춧가루 산가를 예측한 결과와 실측치와의 관계는 결정계수가 0.951로서 그림 5-57와 같다. 본 연구에서 개발된 고춧가루 산가 측정모델은 우리 나라에서 생산되는 고춧가루의 산가측정에 사용 가능할 것으로 사료되며, 향후 고춧가루 산가의 범위를 좀더 다양하게 하여 고춧가루 산가 측정모델을 개발하면 좀더 좋은 성능의 모델을 개발 할 수 있을 것이다.

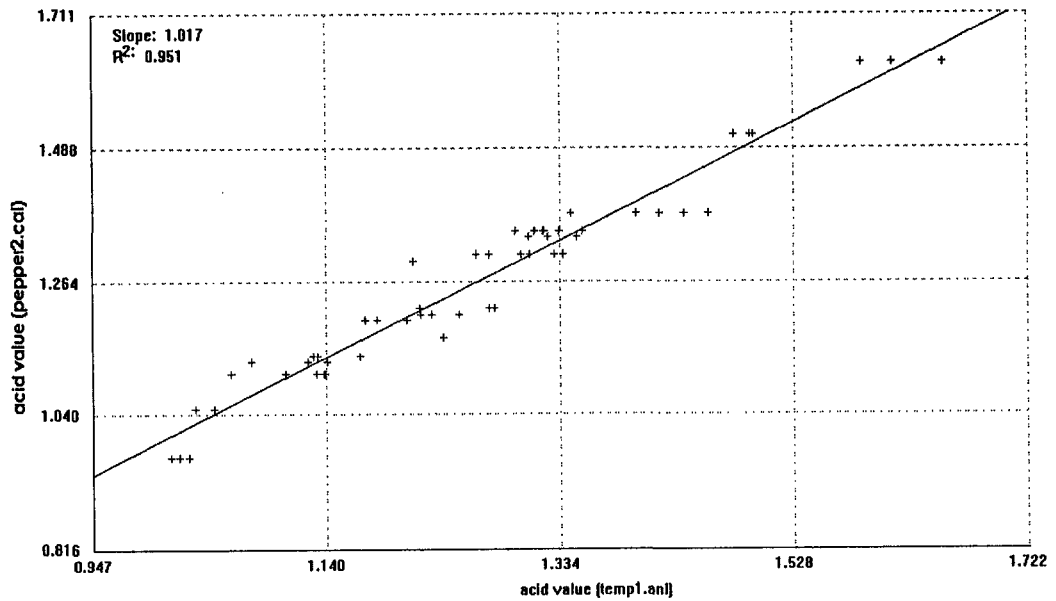


Fig. 5-57. Comparison of measured and predicted values of acid value of red pepper by developed model.

마) 명도(L* value) 측정모델

반사 스펙트럼의 흡광도를 이용하여 다중회귀방법으로 고춧가루의 명도 측정모델 개발 결과는 표 5-39와 같다. 고춧가루의 명도 예측모델의 결정계수(R^2)는 0.86, 교정 오차(SEC)는 0.388이었다. 모델에 사용된 파장은 592, 528, 488, 512 nm로, 선정된 고춧가루 명도 예측 방정식은 다음과 같다.

Table 5-39. Calibration results of models for the L* value of red pepper

Spectrum	Preprocessing	No. of wavelength	SEC ¹⁾	R ²
Raw	None	4	0.559	0.915

1) SEC : Standard Error of Calibration

$$L^* \text{ value} = 62.285 - 18.910W_{592} - 58.406W_{528} + 97.491W_{498} - 53.295W_{511}$$

where, $W_{\lambda} = \log(1/R(\lambda))$

선정된 모델의 고춧가루 명도를 예측한 결과와 실측치와의 관계는 결정계수가 0.872으로서 그림 5-58와 같다.

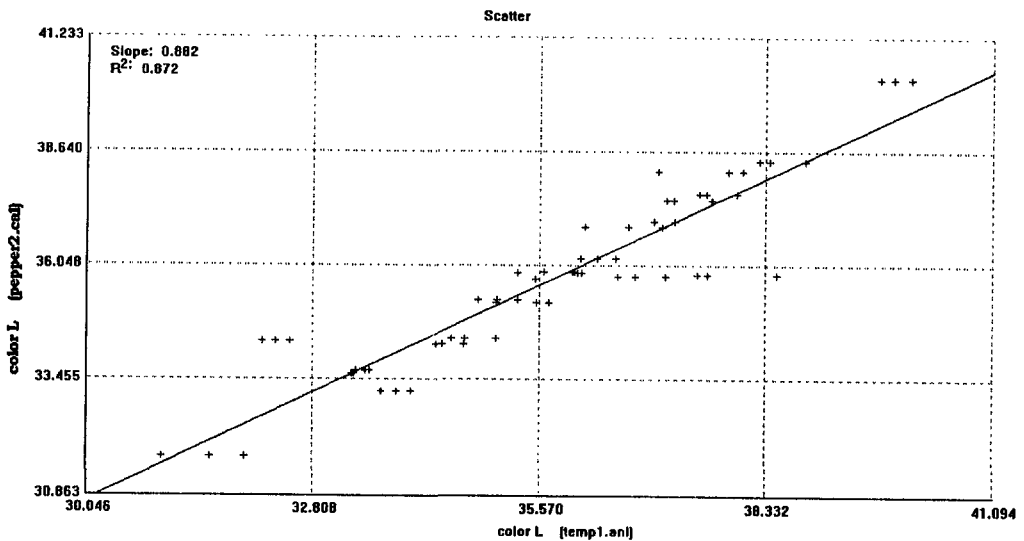


Fig. 5-58. Comparison of measured and predicted values of L* value of red pepper by developed model.

바) 적색도(a* value) 측정모델

고춧가루의 적색도 측정모델 개발 결과는 표 5-40과 같다. 고춧가루의 적색도 예측 모델의 결정계수(R^2)는 0.962, 교정오차(SEC)는 0.449이었다. 모델에 사용된 파장은 648, 540, 558, 486, 478nm의 5개 파장으로서, 선정된 고춧가루 적색도 예측 방정식은 다음과 같다.

Table 5-40. Calibration results of models for the a* value of red pepper

Spectrum	Preprocessing	No. of wavelength	SEC ¹⁾	R ²
Raw	None	5	0.449	0.962

1) SEC : Standard Error of Calibration

$$a^* \text{ value} = 20.891 - 52.149W_{648} + 99.820W_{540} - 32.878W_{558} - 100.585W_{486} + 66.138W_{478}$$

$$\text{where, } W_{\lambda} = \log(1/R(\lambda))$$

선정된 모델의 고춧가루 적색도를 예측한 결과와 실측치와의 관계는 결정계수가 0.964로서 그림 5-59와 같다.

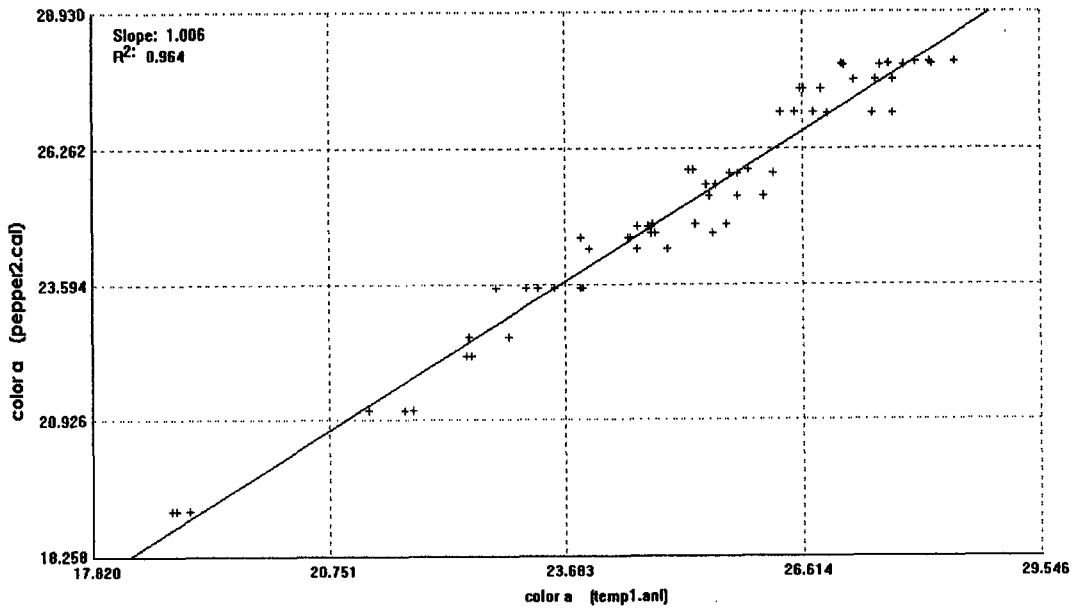


Fig. 5-59. Comparison of measured and predicted values of a* value of red pepper by developed model.

사) 황색도(b* value) 측정모델

고춧가루의 황색도 측정모델 개발 결과는 표 5-41과 같다. 고춧가루의 황색도 예측 모델의 결정계수(R^2)는 0.856, 교정오차(SEC)는 1.314이었다. 모델에 사용된 파장은 576, 488, 516nm로, 선정된 고춧가루 황색도 예측 방정식은 다음과 같다.

Table 5-41. Calibration results of models for the b* value of red pepper

Spectrum	Preprocessing	No. of wavelength	SEC ¹⁾	R ²
Raw	None	3	1.314	0.856

1) SEC : Standard Error of Calibration

$$b^* \text{ value} = 25.225 - 104.944 W_{576} - 114.453 W_{488} + 193.584 W_{516}$$

$$\text{where, } W_{\lambda} = \log(1/R(\lambda))$$

선정된 모델의 고춧가루 황색도를 예측한 결과와 실측치와의 관계는 결정계수가 0.862로서 그림 5-60과 같다.

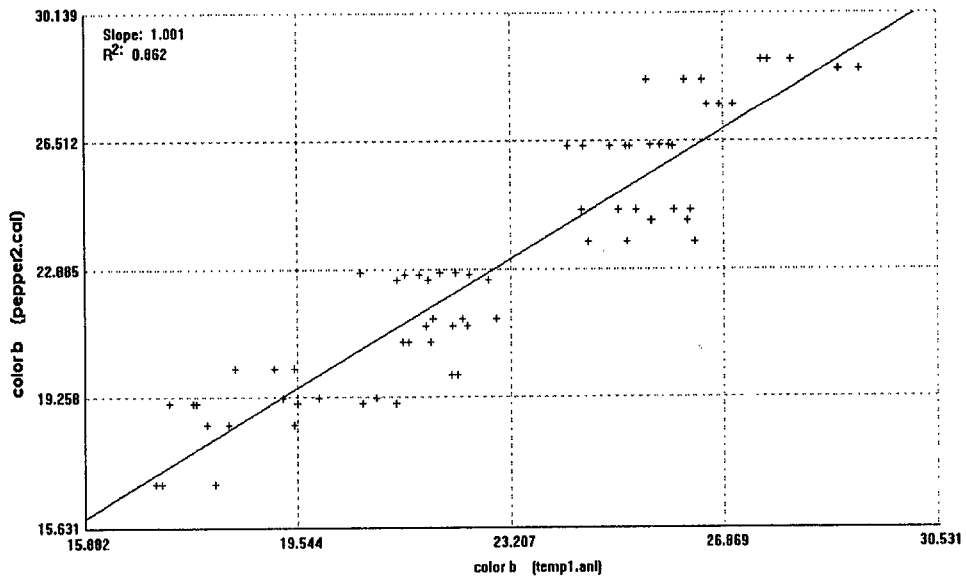


Fig. 5-60. Comparison of measured and predicted values of b* value of red pepper by developed model.

개발된 고춧가루의 색도 측정모델은 고춧가루 생산공장에서 고춧가루의 색도 관리할 때 유용하게 사용될 것으로 판단되며, spectrophotometer로 고춧가루 색도 분석시 산란의 영향을 줄여서 측정모델을 수정한다면 좀더 좋은 성능의 모델을 개발할 수 있을 것이다.

아) NIR을 이용한 고춧가루 품질 on-line 측정 시스템 설계방안

그림 5-61은 고춧가루 가공공장에서 NIR을 이용한 고춧가루 품질 on-line 측정 시스템의 개략도를 표시한 것이다. 측정 시스템은 NIR system Model 6500과 원격 반사율 측정 모듈(remote reflectance module), 시료 채취 장치, NIR과 컴퓨터를 연결하는 RS422 케이블 등으로 구성하고자 한다. 그리고 본 장치를 고춧가루 가공 공정 중 포장 공정 전 부분에 설치하여 일정한 시간 간격으로 고춧가루 시료를 채취하여 고춧가루의 수분, 색상, 산가, 신미성분, 유리당, 종자 혼입율 등의 품질 주요인자를 분석할 예정이다.

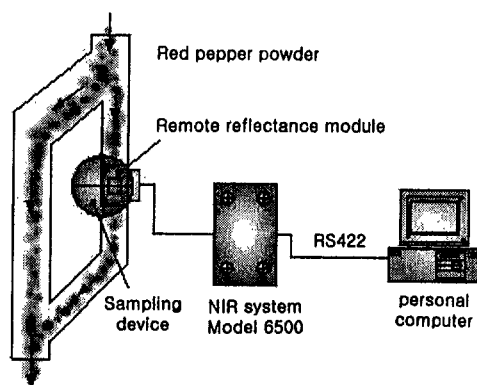


그림 5-61. NIR을 이용한 고춧가루 품질 on-line 측정 시스템 개략도

(별첨 1) WinisiII 프로그램에서 수정된 PLS방법을 이용한 캡사이신 회귀모델 결과

가. Cross validation errors for capsaicin

Input File	PEPPER2.CAL	REP File	None
Validation File	None	Equation File	None

Pass #1 - 84 CAL samples

Pass	Term	SECV	5-VR
1	8	14.585	0.919
2	8	13.629	0.931
3	8	19.974	0.861
4	8	18.289	0.915
5	8	18.715	0.907
6	8	16.826	0.925

Average

6	8	17.153	0.910
---	---	--------	-------

Pass #2 - 81 CAL, 3 outlier samples

Pass	Term	SECV	5-VR
1	8	14.405	0.921
2	8	13.417	0.933
3	8	16.490	0.901
4	8	14.265	0.951
5	8	22.822	0.862
6	8	15.152	0.942

Average

6	8	16.436	0.918
---	---	--------	-------

Pass #3 - 79 CAL, 5 outlier samples

Pass	Term	SECV	5-VR
1	8	14.333	0.922
2	8	13.613	0.931
3	8	16.190	0.904

4	8	15.732	0.940
5	8	14.041	0.951
6	8	17.763	0.920
Average			
6	8	15.329	0.930

Pass #4 - 76 CAL, 8 outlier samples

Pass	Term	SECV	5-VR
1	8	13.514	0.927
2	7	16.583	0.899
3	8	16.170	0.904
4	8	11.504	0.968
5	8	12.404	0.962
6	8	14.969	0.944
Average			
6	8	14.398	0.938

Pass #5 - 73 CAL, 11 outlier samples

Pass	Term	SECV	5-VR
1	8	9.655	0.962
2	8	16.038	0.899
3	8	17.575	0.887
4	8	12.562	0.962
5	8	13.109	0.957
6	8	13.709	0.955
Average			
6	8	14.094	0.940

4. Modified PLS Regression Statistics

Input File	PEPPER2.CAL	REP File	None
Validation File	None	Equation File	None

Math Treatment	1, 4, 4, 1	Number of variables	209
Scatter Corr.	SNV and Detrend	Downweight outliers	No
Constituent	capsaicin	Number of samples	73
Mean	87.175	Range	23.12 - 223.66
		Std Dev.	58.074

	SEC	RSQ	F	SECV	5VR
1	42.744	0.458	61.91	44.388	0.408
2	33.543	0.666	45.29	35.942	0.612
3	27.806	0.771	32.86	29.288	0.742
4	25.819	0.802	12.03	26.829	0.784
5	20.033	0.881	45.95	23.054	0.840
6	17.712	0.907	19.71	19.217	0.889
7	13.982	0.942	40.91	16.042	0.923
8	11.654	0.960	29.56	14.094	0.940

2. 고춧가루 품질측정시스템 개발 2차 연구

가. 국내산 고추의 품종별 성분 분석

1) 실험 재료

국내에서 생산되는 주요 고추 품종에 대하여 생산지와 생산 연도가 다른(1995년~1998년) 24종의 건고추와 종묘회사로부터 구입한 27종의 98년산 건고추를 roll mill로 분쇄한 후 30mesh 체로 쳐서 통과하는 것만 시료로 이용하였다. 시료는 4℃의 저장고에 냉장보관하며 실험에 사용하였다.

2) 실험방법

가) 수분

수분은 A.O.A.C법¹⁾에 따라 상압 가열 건조법을 사용하여 측정하였다. 항량이 된 칭량병에 시료를 넣고 105℃ oven에서 3 시간 건조시켰다.

$$\text{수분(\%)} = \frac{A-B}{W} \times 100$$

W : 건조 전 시료 무게 (g)

A : 건조한 시료와 칭량병 무게 (g)

B : 칭량병 무게 (g)

나) 조단백질

Semimicro Kjeldahl법(Kjeltec Auto sampler system 1030 Analyzer, Digester 2020, Tecator, Sweden)으로 측정된 질소량에 질소계수 6.25를 곱하여 산출하였다.

다) 신미성분(capsaicinoid)

(1) 총 capsaicinoid 추출 및 정량

분말 고추는 cyclotec(Tecator co.)를 이용하여 30mesh를 통과하도록 갈았다. 그 중 약 4g을 취하고 acetonitrile 20 ml를 가한 뒤 vortex mixer로 2분간 추출하였다. 추출액 1ml를 취해 증류수 9ml를 가하고 잘 섞은 후 conditioned C₁₈ Sep-pak(Waters, acetonitrile 5ml와 2차 증류수 5ml로 activation 시킨 것)을 통과시켰다. capsaicinoid는 acetonitrile 4ml와 1% acetic acid를 함유한 acetonitrile로 용출하였다.

(2) capsaicinoid의 분리 및 동정

Capsaicinoid는 HPLC(Jasco)를 이용하여 정량하였다. column은 μ -Bondapak C₁₈(Waters)을 이용하였으며 용매는 MeOH : Water = 70 : 30으로 하였다. flow rate은 1ml/min. 였으며 sample 20 μ l를 주입하였다. UV 280 nm에서 측정하였다. standard 물질로는 capsaicin과 dihydrocapsaicin의 혼합물(Fluka)을 사용하였다.

라) 유리당

유리당은 HPLC(Jasco)를 이용하여 정량하였다. 고춧가루 2g을 정확히 측정하고 80% ethanol 40ml를 가하고 vortex mixer에서 1분간 추출하였다. syringe filter로 여과한 후 20 μ l를 주입하였다. carbohydrate analysis column(Waters)을 사용하였고 용매는 Acetonitrile : water = 85 : 15 로 하였다. flow rate은 1.2 ml/min였으며 RI

detector로 검출하였다. standard 물질로는 fructose, glucose, sucrose, maltose를 사용하였다.

마) ASTA(American Spice Trade Association) value

고춧가루 약 0.15g을 정확히 달아 50 ml volumetric flask에 넣고 acetone으로 표선까지 채우고 shaking 한 뒤 암소에 4시간 방치하였다. 460 nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$\text{ASTA value} = \frac{A \times 5.614}{W} \times \frac{1}{2}$$

A : absorbance at 460 nm

W : sample weight (g)

마) 색도

저장 조건별 색의 변화를 알아보기 위하여, 고추를 분쇄한 뒤 30 mesh체를 통과시키고 색차계(Minolta, CE 300)를 이용하여 L*, a*, b*값을 측정하였다.

사) 산가

시료 5g을 정확하게 달아서 증성용매(ether-ethanol 의 1:1 혼합액을 사용전에 phenolphthalein을 지시약으로 하여 N/10-KOH 용액으로 중화한 것) 100ml을 가하여 완전히 용해시키고 phenolphthalein 몇 방울을 가하여 잘 섞은 후 N/10-KOH로 적정했다. 지시약의 분홍색이 20~30초간 지속하는 때를 종말점으로 하였다.

$$\text{산가} = \frac{56.108 \times S \times N \times F}{\text{시료의 채취량}(g)}$$

56.108 : 1N-KOH 1ml 에 상당하는 KOH mg

S : KOH 용액의 소비량 (ml)

N : KOH 용액의 규정도

F : KOH 용액의 규정도 계수 (factor)

3) 실험결과 및 고찰

근적외선 분광분석방법(near infrared radiation analysis)을 이용한 성분분석과의 상관관계를 살펴보기 위하여 수분, 조단백질, 신미성분(capsaicinoid), 유리당, ASTA value, L*, a*, b*, 산가를 측정 한 결과는 표 5-42와 같았다.

표 5-42. 고춧가루의 성분분석

Sample	moisture	crude protein(%)	capsaicinoid(mg%)	free sugar(%)
국보	11.68	13.227	181.920	14.961
명품	12.40	15.757	226.590	10.907
청양	11.56	13.695	397.750	11.329
재상	13.18	13.254	49.240	13.094
시교114C호	12.19	15.339	241.210	13.647
시교107호	14.40	14.183	214.700	14.071
슈퍼금탑	12.40	13.955	91.580	15.561
다보탑	11.27	13.246	107.830	10.120
부강	12.96	14.790	79.410	10.676
대명	12.60	14.019	102.610	13.576
1. 금탑	9.72	13.604	40.520	12.622
2. 슈퍼금탑	11.22	13.430	186.980	15.303
3. 조광	10.16	14.509	19.660	13.278
4. 신조광	10.59	13.790	117.120	15.667
5. 신품	9.65	12.884	83.740	17.862
6. 풍촌	10.22	13.959	101.080	16.099
7. 다보탑	8.90	13.657	47.730	14.794
8. 부강	11.00	13.720	67.810	14.861
9. 삼관왕	10.34	13.320	82.830	19.037
10. 부촌	9.80	13.319	25.970	13.233
11. 청복	10.03	14.904	92.980	12.439
12. 신향	8.92	16.459	204.470	9.154
13. 98114	10.04	12.876	100.770	14.552
14. 98115	10.96	13.236	125.510	14.107
15. 98116	10.46	12.961	101.440	20.924
16. 98117	10.80	13.564	53.710	17.920
17. 98130	8.83	13.942	21.250	13.174

	moisture	crude protein(%)	capsaicinoid(mg%)	free sugar(%)
다복(의령)	12.60	13.377	94.577	15.845
다복'95	12.64	13.152	79.966	19.816
다복(양건)'96	13.39	15.135	92.930	14.898
광복(영월)	13.74	11.288	64.882	17.079
광복'95	13.46	15.499	65.067	10.373
금탑(안동)	13.92	14.051	46.561	17.295
금탑(원주)	14.75	14.060	27.759	14.990
금탑(신태인)	15.32	13.163	30.440	13.633
대명'95	13.78	15.304	35.330	12.802
만남'95	14.16	12.626	38.226	18.618
금장3호(안동)	15.92	12.149	37.233	19.820
금장3호(영광)	12.72	14.996	23.124	11.373
금장3호(신태인)	13.18	13.059	14.763	14.366
조광(신태인)	12.47	13.314	44.588	13.398
풍촌'95	15.54	12.665	30.051	17.559
다흥(전북 고창)'98	13.44	15.388	42.525	12.701
다흥(경북 영양)'98	13.71	13.953	49.658	15.025
다흥(전북 정읍)'98	12.88	13.175	59.846	17.297
전남 영광'98	14.51	13.465	51.195	19.007
전남'98	13.32	13.799	26.471	13.611
다모아'98	12.70	11.858	179.290	18.817
청양(영월)	15.33	12.416	110.440	11.832
청양'95	13.15	13.290	158.510	11.166
청양'97	11.67	13.389	223.660	11.371
max.	15.92	16.46	397.750	20.92
min.	8.83	11.29	14.763	9.15
average	12.25	13.73	93.990	14.62
standard deviation	1.85	1.01	75.190	2.84

Sample	ASTA value	L*	a*	b*	acid value
국보	68.434	38.16	28.02	21.98	1.2553
명품	81.885	36.02	22.78	17.63	1.0088
청양	69.545	40.37	27.82	24.53	0.8248
재상	50.302	37.83	25.21	20.81	0.7114
시교114C호	64.751	36.26	25.39	19.11	0.8949
시교107호	71.154	35.91	24.59	18.20	0.7596
슈퍼금탑	67.532	36.76	25.73	19.52	0.8435
다보탑	53.506	38.78	26.95	22.56	1.1410
부강	49.921	38.94	26.29	23.27	1.0705
대명	41.142	39.00	24.63	21.55	0.7292
1. 금탑	109.027	33.79	31.62	34.18	0.9961
2. 슈퍼금탑	87.785	35.57	31.84	33.71	1.1625
3. 조광	112.299	35.11	30.90	32.87	1.0622
4. 신조광	85.359	37.60	32.67	35.89	0.6492
5. 신평	69.839	39.03	32.16	35.42	1.3473
6. 풍촌	73.336	39.45	30.61	31.27	1.0286
7. 다보탑	80.009	39.85	30.79	31.42	0.8694
8. 부강	81.067	37.51	28.80	26.39	0.8629
9. 삼관왕	82.392	37.44	28.75	24.84	0.9163
10. 부촌	60.927	40.03	29.17	29.92	0.8837
11. 청복	85.745	42.12	30.84	32.82	0.9298
12. 신향	79.582	42.08	31.09	31.02	0.9155
13. 98114	90.543	36.51	27.93	23.53	1.1289
14. 98115	75.371	37.97	27.81	24.85	1.0265
15. 98116	65.209	38.78	29.37	27.81	1.0248
16. 98117	78.681	38.61	26.27	24.15	0.9469
17. 98130	120.896	38.75	27.57	22.93	1.0190

Sample	ASTA value	L*	a*	b*	acid value
다복(의령)	29.252	38.23	21.24	22.33	0.9179
다복'95	36.716	39.56	24.62	24.61	0.8464
다복(양건)'96	58.995	40.13	25.38	25.19	0.8454
광복(영월)	20.390	38.74	20.37	22.85	1.0559
광복'95	56.673	38.31	25.51	23.75	1.1240
금탑(안동)	36.743	36.41	20.70	21.32	1.3057
금탑(원주)	31.085	37.34	22.58	23.61	1.0051
금탑(신태인)	52.305	35.75	23.54	19.87	1.2860
대명'95	38.455	38.37	23.38	23.33	1.3164
만남'95	33.827	34.71	23.00	19.56	1.5543
금장3호(안동)	36.847	32.05	18.10	14.78	1.6550
금장3호(영광)	34.252	39.72	24.47	26.27	1.3792
금장3호(신태인)	30.290	37.88	22.64	21.74	1.4177
조광(신태인)	42.194	38.20	24.05	22.50	1.2200
풍촌'95	36.446	34.39	19.92	15.30	1.2692
다홍(전북 고창)'98	91.429	34.47	23.57	16.46	1.3288
다홍(경북 영양)'98	82.122	35.16	23.67	17.89	1.1667
다홍(전북 정읍)'98	64.477	34.26	22.08	17.69	1.5815
전남 영광'98	85.059	36.95	26.70	21.05	1.1135
전남'98	69.816	38.08	25.41	20.00	1.1351
다모아'98	98.621	35.57	25.04	16.35	1.5169
청양(영월)	43.245	37.02	20.74	18.00	1.5404
청양'95	51.127	36.11	23.50	18.04	1.5608
청양'97	62.199	36.65	23.89	17.77	1.5052
max.	120.90	42.12	32.67	35.89	1.66
min.	20.39	32.05	18.10	14.78	0.65
average	64.29	37.50	25.88	23.58	1.11
standard deviation	23.52	2.07	3.57	5.52	0.26

수분함량은 8.83~15.92% 범위로 평균 12.25%였다. 조단백질은 11.29~16.46% 범위로 평균 13.73%였으며 시료간 편차도 적었다. 신미성분은 14.763~397.750 mg%(dry basis)로 넓은 범위에 걸쳐 분포했으나 청양 등 일부 매운 품종을 제외하고는 대부분 100 mg%미만으로 존재했다. 유리당은 fructose와 glucose가 90% 이상 차지했으며

sucrose는 미량, maltose는 거의 존재하지 않았다. 4개 당류의 총합은 15% 정도였으며 시료별로 편차가 컸다. 고추의 붉은 색소 함량지표로 ASTA value를 사용하였다. 색소함량은 시료간에 차이가 컸는데 98년산은 색소파괴가 적게 일어나 ASTA value가 높았고 저장기간이 오래된 시료들은 색소파괴가 많이 일어나 낮은 값을 나타냈다. L*값은 시료별로 큰 차이가 없었으나, 고추의 붉은 정도를 나타내는 a*값은 ASTA value와 마찬가지로 오래된 시료일수록 값이 작았고 98년산 시료는 대부분 높은 값을 나타냈다. 황색을 나타내는 b*값은 시료별로 유의적인 상관관계를 나타내지 않았다. 산가는 저장기간이 오래된 시료일수록 산화가 많이 일어나 높은 값을 나타냈고 98년산 시료는 산화가 덜 진행되어 낮은 값을 나타냈다. 본 실험에 사용된 시료의 산가는 최대값이 1.66이었고 가장 낮은 값이 0.65였다.

나. 고춧가루 품질 측정 시스템 개발(II)

1) 서론

본 연구는 3차년도에 수행된 근적외선 분광분석법에 의한 고춧가루 품질 측정에 관한 1차 연구 결과를 토대로 고춧가루 품질 관련 항목을 증가시키고 항목별 예측모델식을 개발하고 이를 검증하여 고춧가루 성분의 화학적 성분 분석치와 모델에 의한 예측치간의 오차를 최소화하고 정확도를 높이고자 하였다. 그리고 근적외선 분광장치(NIR System)을 이용한 고춧가루 품질측정 시스템의 시작품을 제작하고 개발된 품질 측정 모델식을 사용하여 고춧가루 원료의 성분을 분석하고 품질을 평가하고자 한다. 이러한 연구결과는 앞으로 전국 주요 고추 주산지에 설립되어 있는 청결 고춧가루 가공공장의 제품 품질 관리에 활용되어 고춧가루 제품의 품질 등급화 및 규격화 생산에 기여하게 될 것이다.

2) 근적외선 분광분석장치를 이용한 고춧가루 품질 측정 모델 개발

(가) 실험재료

앞서 국내산 고추의 품종별 성분분석에 사용한 51종류의 고추시료와 동일하며 종자 혼입율은 10%였다. 시료의 입도는 시료를 roll mill로 분쇄후 진동체 18mesh를 통과하고 30mesh에 남는 시료를 사용하였다. 이것은 근적외선 분광분석시 시료의 입도차이에 의한 실험오차를 최소화 할 수 있기 때문이다.

(나) 실험장치

고춧가루 시료의 원시 스펙트럼을 측정하기 위한 실험장치는 분광분석기(NIRSystems, model 6500, USA), 원거리 반사모듈(remote reflectance module), 시료 컵(sample cup), 개인용컴퓨터(PC, pentium 200, IBM type)으로 구성되었다. 근적외선 분광분석기는 회절격자형으로 400~2500 nm 의 파장 범위에서 2 nm 간격으로 반사 및 투과 스펙트럼을 측정할 수 있으며, 파장의 정밀도는 ± 0.3 nm이다. 고춧가루의 스펙트럼 측정 모듈은 공장에서 on-line 측정이 가능한 원거리 반사모듈을 사용하였다. 그림 5-62는 본 실험장치이다.

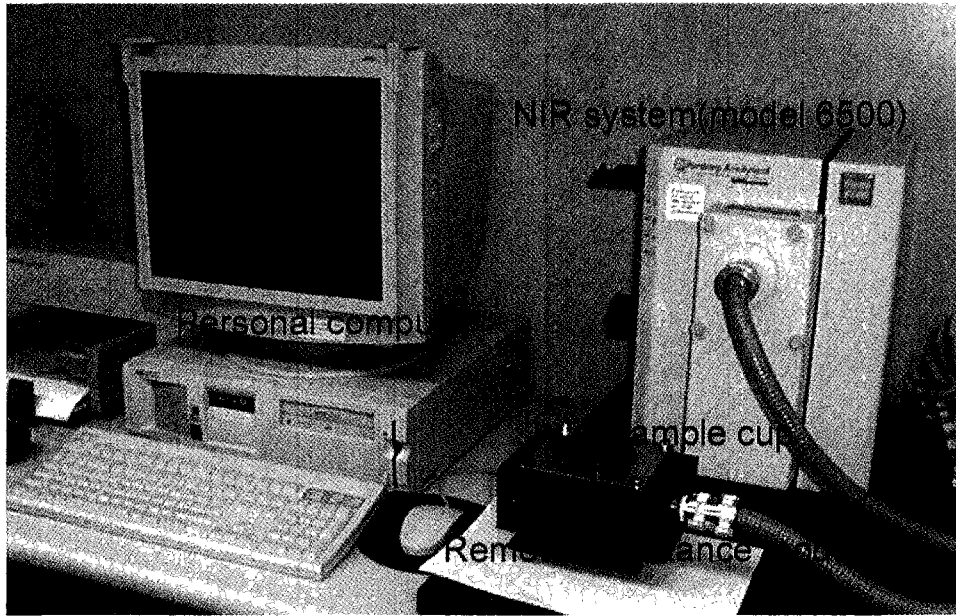


Fig. 5-62. NIRSystem for experiments(Model 6500, NIRSystems, USA)

(다) 실험방법

고춧가루 품질평가의 주요항목은 시료의 수분, 신미성분(capsaicinoids), 산가(acid value), 색도(L*, a*, b*), ASTA value, 종자 혼입율 등이 있으며 그 밖의 화학적 성분으로 조단백질(crude protein), 유리당(free sugar) 등이 있다. 근적외선 분광분석기를 사용하여 시료별로 원시 스펙트럼을 측정하고 이를 통계적 처리 방법을 이용하여 측정모델을 개발하고자 하였다.

(1) 스펙트럼 측정

시료는 400~2500 nm 파장영역에서 2mm간격으로 스펙트럼을 측정하였으며 이때 근

적외선 분광분석기 운영 프로그램은 NSAS(NIRSystems, Silver Spring USA)를 사용하였다. 측정된 시료의 스펙트럼은 흡광도($\log(1/R)$)의 형태로 변환되어 저장된다. 측정시료를 시료컵(sample cup)에 넣은 후 시료덮개와 스프링으로 밀착하여 시료밀도가 균일한 상태가 되도록 하였으며 각각의 시료는 3반복 측정하였다.

(2) 고춧가루 품질측정 모델 개발

고춧가루의 품질측정을 위한 주요 항목별 스펙트럼분석의 파장영역을 보면, 수분, 신미성분, 산가, ASTA value, 종자혼입율은 408~2492 nm의 파장영역을 사용하였으며 색도(L^* , a^* , b^*)는 가시광선 영역을 중심으로 408~1092 nm의 파장영역을 이용하였다. 스펙트럼의 통계적인 분석방법에 의한 고춧가루 품질측정 모델식 개발에는 Winisi II version 1.02a(Foss NIRSystems, USA)프로그램을 사용하였다.

수분, 신미성분, 산가, ASTA value, 종자혼입율의 측정모델식 개발은 수정된 부분최소자승법(modified partial least square, MPLS)을 이용하였으며, 여기서 시료의 입도 및 빛의 산란에 의한 영향을 최소화하기 위하여 원시스펙트럼을 1차 미분(1st derivative)하고, 표준정규화(standard normal variation and detrend, SNV&Detrend)된 스펙트럼을 사용하였다.

이때 최대요인 (maximum number of terms)은 11이며 교차검증그룹(cross variation groups)은 5였다. 원시스펙트럼의 1차 미분시 분할간격(gap)은 4nm였으며 smooth, smooth2의 값은 각각 4,1였다.

색도(L^* , a^* , b^*) 측정모델식 개발은 다중회기분석법(multiple linear regression, MLR)에서 변수증감법(stepwise method)을 사용하였으며 최대요인수는 8로 정하였다. 색도의 측정모델은 원시스펙트럼을 사용하였으며 분할간격은 10이며 smooth, smooth2의 값은 앞서와 동일하였다.

고춧가루 품질측정 최적 모델식 개발을 위하여 고춧가루 시료 51개를 3반복 측정하여 원시스펙트럼을 얻어 교정부의 최적 모델식을 얻었으며 그리고 이중 24개의 시료를 모델식의 검증분석에 사용하였다. 최적 모델식은 시료스펙트럼의 교정 및 검증부의 결정계수(R^2)이 높고 교정오차(standard error of calibration, SEC)와 검증오차(standard error of prediction, SEP)가 가장 낮은 모델식으로 정하였다.

(라) 결과 및 고찰

(1) 시료의 스펙트럼

고춧가루 품질 측정 모델식 개발에 사용된 51개 시료의 3반복 측정된 원시 스펙트럼은 그림 5-63과 같다.

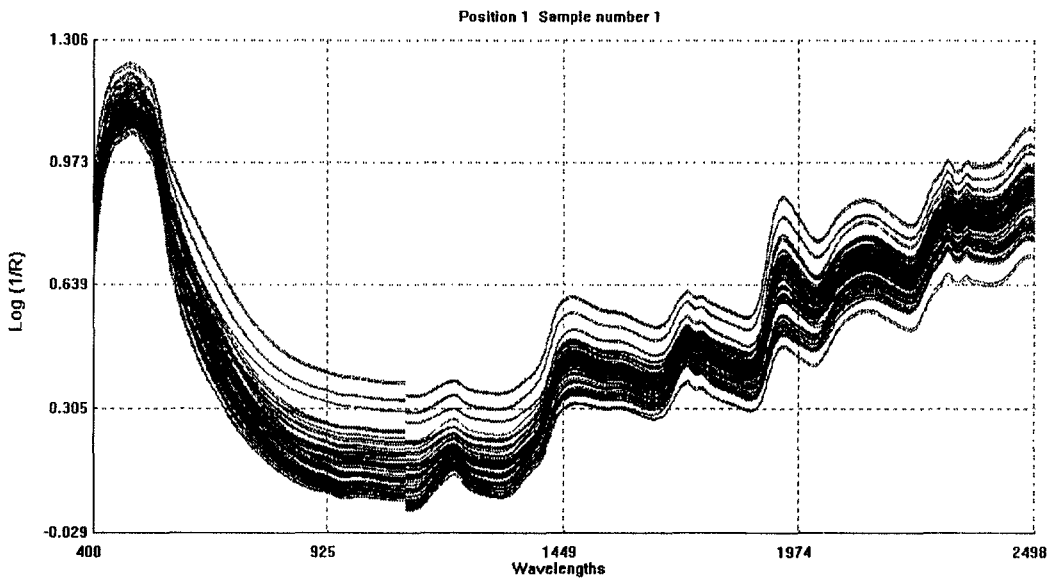


Fig 5-63. Spectra of red pepper powder

(2) 고춧가루 품질측정 모델식 분석

표 5-43은 고춧가루 품질 측정에 필요한 수분, 신미성분, 산가, ASTA value와 고추 성분요소인 조단백질, 유리당 등에 관한 수정된 부분최소자승법(MPLS)로 분석된 항목별 모델식의 교정 및 검증부의 결정계수(R^2) 및 표준오차(SEC, SEP)를 나타낸 것이다.

(가) 수분 측정 모델

표 5-43은 수분측정 모델식의 분석 결과이며 그림 5-63은 실측치와 검정치를 비교한 것이다. 수분측정 모델식은 교정부의 결정계수(R^2) 및 표준오차(SEC)는 0.99, 0.18이며 검증부는 0.95, 0.24로 매우 정확한 고춧가루 수분측정이 가능한 것으로 나타났다.

Table 5-43. The results of model for measuring moisture content of red pepper powder by modified partial least square method (MPLS)

Component	Value				Calibration		Validation	
	min.	max.	aver.	std	R^2	SEC ¹⁾	R^2	SEP ²⁾
moisture content (%)	8.83	15.92	12.25	1.85	0.99	0.18	0.95	0.24

¹⁾SEC : standard error of calibration

²⁾SEP : standard error of prediction

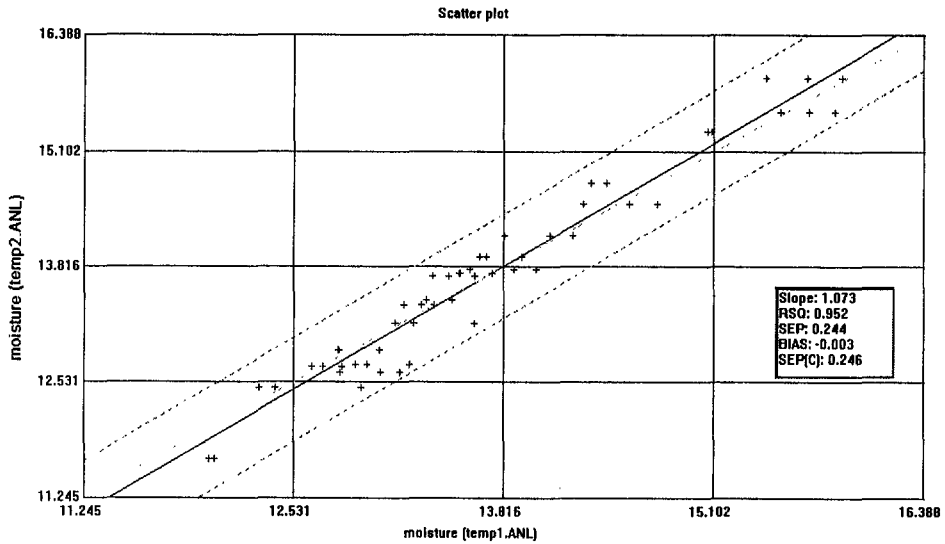


Fig. 5-63. Comparison of measured and predicted values of moisture content of red pepper by developed model.

(나) 신미성분 측정 모델

표 5-44는 고춧가루 품질 측정에서 매우 중요한 요소인 신미성분 측정 모델식의 분석결과이며 그림 5-64는 실측치와 검정치를 비교한 것이다. 이 모델식의 교정부의 결정계수와 표준오차는 0.96, 11.32로 비교적 높았으나 검증부의 경우 0.90, 16.2로 교정부에 비해 결정계수가 0.06 낮고 표준오차는 4.88로 높았다. 개발된 신미성분 측정 모델식을 이용하여 고춧가루 가공공정에서 제품의 신미성분 측정이 가능할 것으로 판단된다. 그리고 국내산 고추원료의 신미성분 범위가 40-150 mg%인 것을 고려할 때 본 연구에서 분석한 신미성분의 측정범위, 14.8~241.2 mg%을 두 부분으로 나누어서 검증부의 표준 오차가 10 mg% 이하가 되는 최적 모델식 개발이 필요할 것으로 생각된다.

Table 5-44. The results of model for measuring capsainoid of red pepper powder by modified partial least square method (MPLS)

Component	Value				Calibration		Validation	
	min.	max.	aver.	std	R ²	SEC ¹⁾	R ²	SEP ²⁾
capsaicinoid (mg%)	14.76	241.21	108.18	61.76	0.96	11.32	0.90	16.2

¹⁾SEC : standard error of calibration

²⁾SEP : standard error of prediction

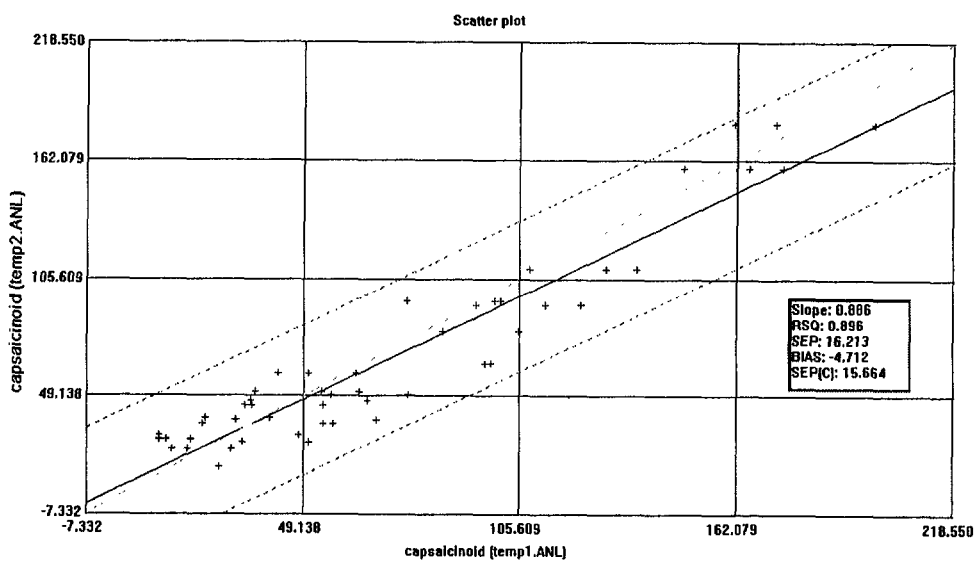


Fig. 5-64. Comparison of measured and predicted values of capsaicinoid of red pepper by developed model.

(다) ASTA 값 측정 모델

표 5-45는 고춧가루에 함유된 색소량과 관계되는 ASTA 값 측정 모델식의 분석결과이며 그림 5-65는 실측치와 검정치를 비교한 것이다. 교정부의 결정계수 및 표준 오차는 0.95, 0.06 였으나 검증부의 경우 0.78, 0.09로 검증부의 결정계수가 다른 측정항목보다 비교적 낮게 나타났다.

Table 5-45. The results of model for measuring ASTA value of red pepper powder by modified partial least square method (MPLS)

Component	Value				Calibration		Validation	
	min.	max.	aver.	std	R ²	SEC ¹⁾	R ²	SEP ²⁾
ASTA value	20.39	120.90	64.29	23.52	0.99	2.18	0.95	4.06

¹⁾SEC : standard error of calibration

²⁾SEP : standard error of prediction

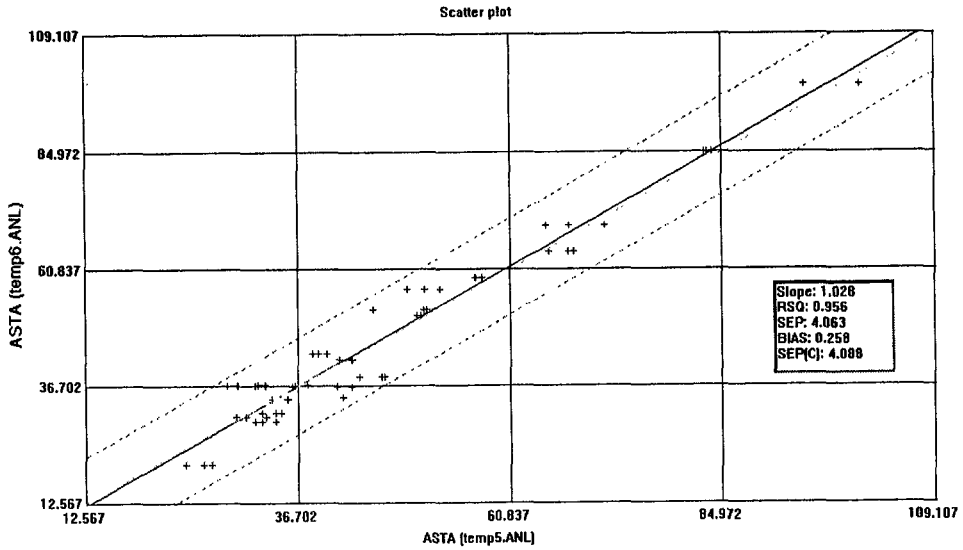


Fig. 5-65. Comparison of measured and predicted values of ASTA of red pepper by developed model.

(라) 조단백질 측정 모델

표 5-46은 고춧가루의 조단백질 측정 모델식의 분석결과 이며 그림 5-66은 실측치와 검증치를 비교한 것이다. 교정부의 결정계수와 표준오차는 0.96, 0.18이며 검증부의 경우 0.91, 0.30으로 나타나 교정부 및 검증부 모두 상관도가 높았다.

Table 5-46. The results of model for measuring crude protein of red pepper powder by modified partial least square method (MPLS)

Component	Value				Calibration		Validation	
	min.	max.	aver.	std	R ²	SEC ¹⁾	R ²	SEP ²⁾
crude protein (%)	11.29	16.46	13.73	1.01	0.96	0.18	0.91	0.30

¹⁾SEC : standard error of calibration

²⁾SEP : standard error of prediction

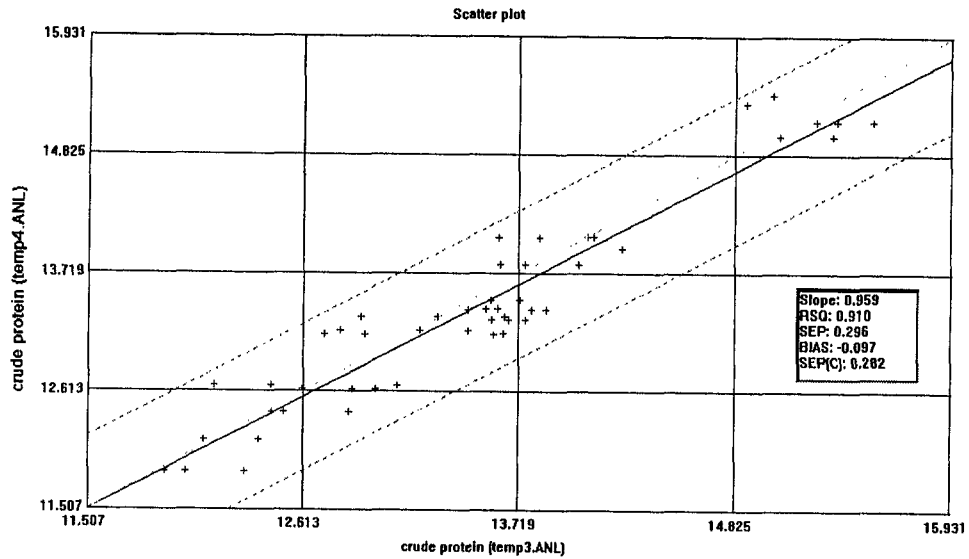


Fig. 5-66. Comparison of measured and predicted values of crude protein of red pepper by developed model.

(마) 유리당 측정 모델

표 5-47은 고춧가루의 유리당 측정 모델식의 분석결과 이며 그림 5-67은 실측치와 검증치를 비교한 것이다. 교정부의 결정계수와 표준오차는 0.96, 0.56이며 검증부의 경우 0.94, 0.75로 나타나 교정부 및 검증부 모두 상관도가 비교적 높았다.

Table 5-47. The results of models for measuring free sugar of red pepper powder by modified partial least square method (MPLS)

Component	Value				Calibration		Validation	
	min.	max.	aver.	std	R ²	SEC ¹⁾	R ²	SEP ²⁾
free sugar(%)	9.15	20.92	14.62	2.84	0.96	0.56	0.94	0.75

¹⁾SEC : standard error of calibration

²⁾SEP : standard error of prediction

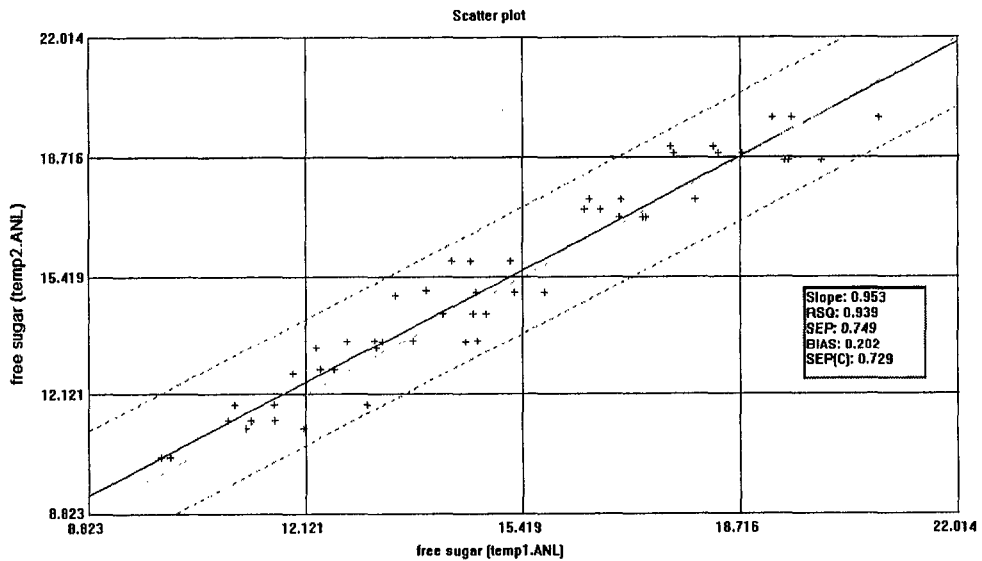


Fig. 5-67. Comparison of measured and predicted values of free sugar of red pepper powder by developed model.

(바) 산가 측정 모델

표 5-48은 고춧가루의 산가 측정 모델식의 분석결과 이며 그림 5-68은 실측치와 검증치를 비교한 것이다. 교정부의 결정계수와 표준오차는 0.96, 0.066이며 검증부의 경우 0.78, 0.09로 나타나 검정부의 상관도가 다른 품질 측정 인자보다 낮게 나타났다.

Table 5-48. The results of models for measuring acid value of red pepper powder by modified partial least square method (MPLS)

Component	Value				Calibration		Validation	
	min.	max.	aver.	std	R ²	SEC ¹⁾	R ²	SEP ²⁾
acid value	0.65	1.66	1.11	0.26	0.95	0.06	0.789	0.09

¹⁾SEC : standard error of calibration

²⁾SEP : standard error of prediction

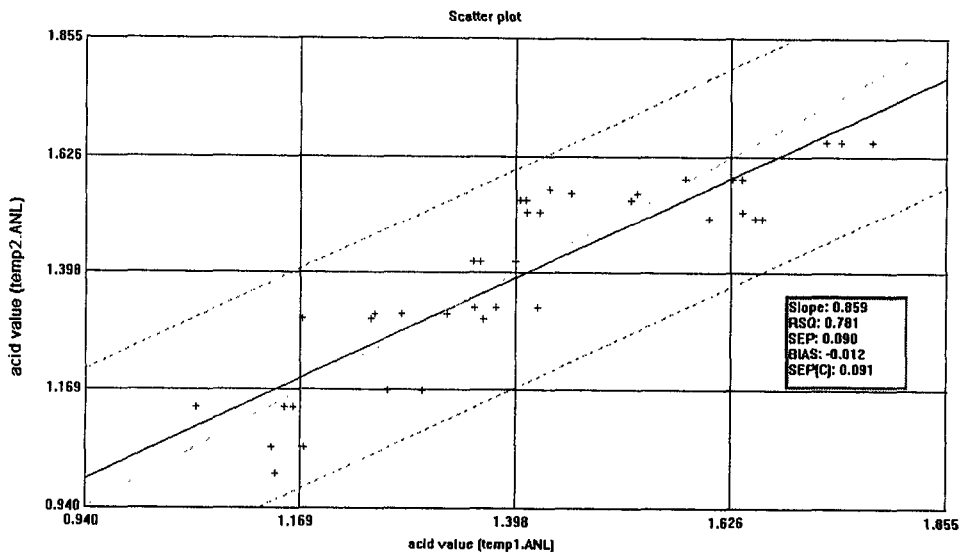


Fig. 5-68. Comparison of measured and predicted values of acid of red pepper powder by developed model.

(사) 종자 함유량 측정모델

표 5-49는 고춧가루 종자 함유량 측정 모델식의 분석결과 이며 그림 5-69은 모델식 개발시의 실측치와 검증치를 비교한 것이다. 고춧가루 종자 함유량 측정 모델식은 교정부의 결정계수 및 표준오차가 0.99, 0.125로 매우 높은 상관도를 보여 앞으로 검증 실험을 거쳐 최적 모델식을 만들 수 있을 것으로 판단된다.

Table 5-49. The results of models for measuring seed mixing rate of red pepper powder by modified partial least square method (MPLS)

Component	Value				Calibration		Validation	
	min.	max.	aver.	std	R ²	SEC ¹⁾	R ²	SEP ²⁾
seed mixing rate (fat, %)	5.68	10.02	7.49	1.21	0.99	0.125	-	-

¹⁾SEC : standard error of calibration

²⁾SEP : standard error of prediction

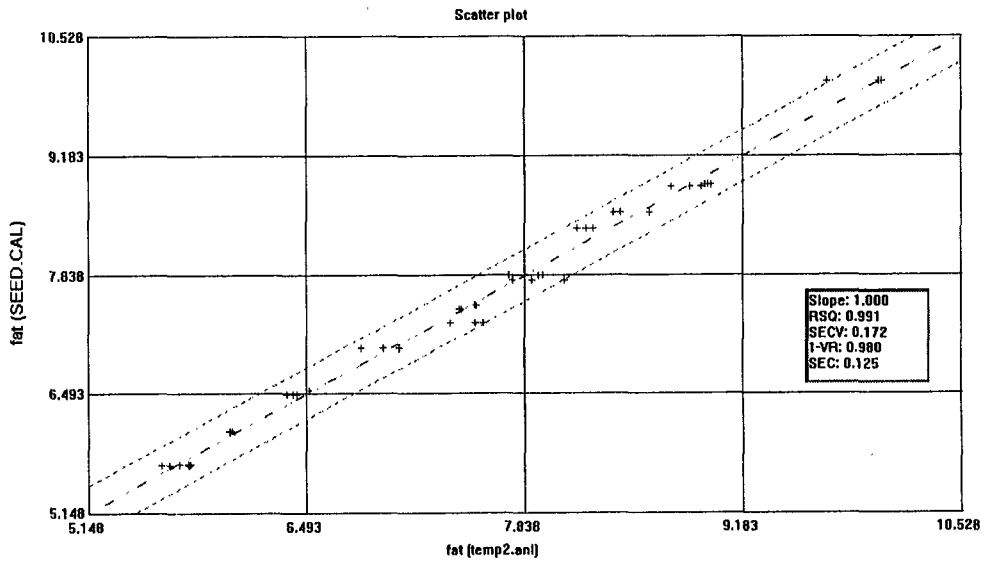


Fig. 5-69. Comparison of measured and predicted seed mixing rater of red pepper powder by developed model.

(아) 색도 측정 모델

표 5-50은 고춧가루의 색도(L*, a*, b*) 측정 모델식의 교정 및 검증시 결정계수(R²) 과 표준오차(SEC, SEP)를 나타낸 것이며 그림 5-70, 5-71, 5-72는 각각의 실측치와 검증치를 비교한 것이다. 여기서는 앞서와는 달리 원시 스펙트럼을 사용하고 파장 영역도 408~1092nm였다. 색도 L*값 측정 모델식 분석에는 앞서의 수정된 부분최소자승법(MPLS)를 사용하였으며 a*, b*값 측정 모델식 경우는 다중회귀분석법(multiple linear regression method, MLR)을 사용하였다. L* 값 측정 모델식의 교정부의 결정계수 및 표준오차는 0.94, 0.49이며 검증부의 경우 0.82, 0.84였다. a* 값 측정 모델식의 경우 교정부 및 검증부의 결정계수는 0.93, 0.91 이며 각각의 표준 오차는 0.95, 0.68로 매우 상관도가 높게 나타났다. b*의 경우 검증부의 결정계수가 0.87로 조금 낮게 나타났다.

Table 5-50. The results of models for measuring the color of red pepper powder by MLPS and MLR method

Component	Value				Calibration		Validation	
	min.	max.	aver.	std	R ²	SEC ¹⁾	R ²	SEP ²⁾
L*	32.05	42.12	37.50	2.07	0.94	0.49	0.82	0.84
a*	18.10	32.67	25.88	3.57	0.93	0.95	0.91	0.68
b*	14.78	35.89	23.58	5.52	0.91	1.50	0.87	1.31

¹⁾SEC : standard error of calibration

²⁾SEP : standard error of prediction

<Multiple linear regression method for a* and b* value>

$$a^* = -22.435 + 150.314W_{752} - 155.082W_{712} + 31.178W_{528} - 276.001W_{952}$$

$$b^* = -105.226 - 250.323W_{960} + 95.851W_{480} + 47.614W_{496} - 59.054W_{408}$$

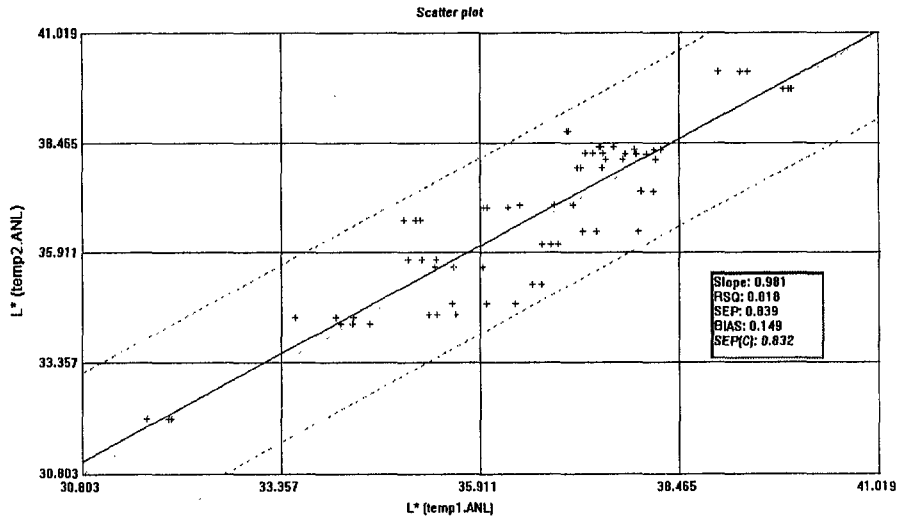


Fig. 5-70. Comparison of measured and predicted L* of red pepper powder by developed model.

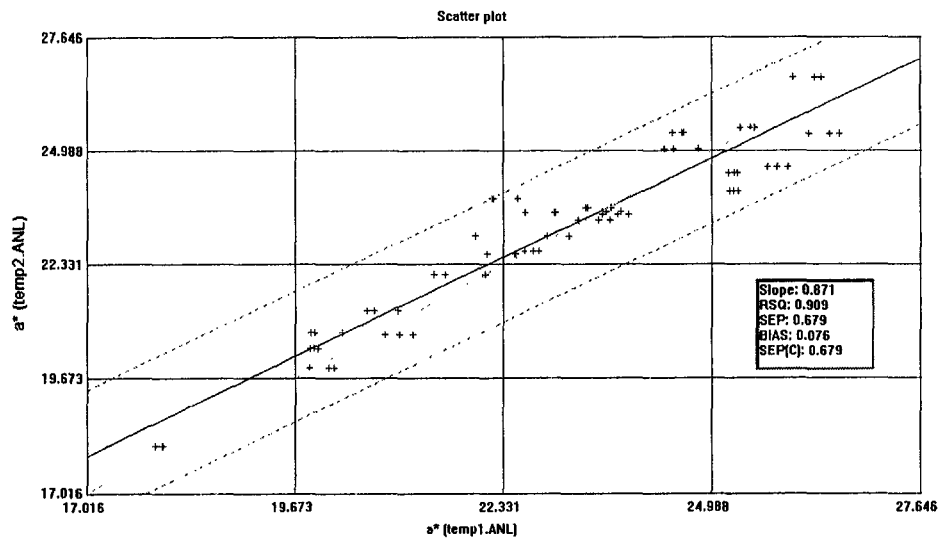


Fig. 5-71. Comparison of measured and predicted a* of red pepper powder by developed model.

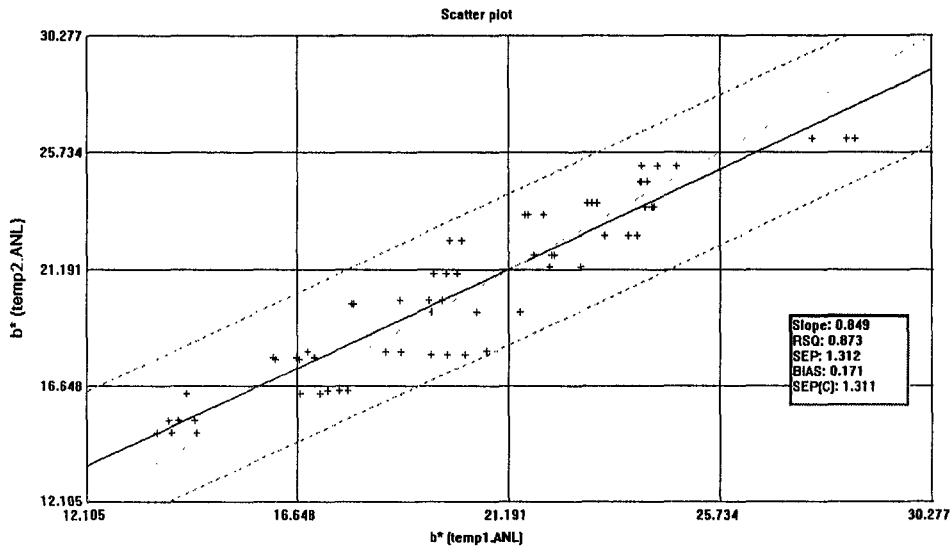


Fig. 5-72. Comparison of measured and predicted b^* of red pepper powder by developed model.

3. 고춧가루 품질 online 측정시스템 개발

가. 고추 원료의 혼합 시스템의 개발

그림 5-73은 고추원료 혼합 시스템 시작품의 개략도이다. 색도와 신미성분이 서로 다른 고춧가루 원료를 두 개의 저장탱크에 적재한 후일정한 품질의 고춧가루 원료를 혼합하도록 되어 있다. 저장탱크 내부에는 적재된 고춧가루 원료가 굳어지지 않고 하부로 잘 이송되도록 교반장치가 설치되어 있으며 원료공급량을 조절할 수 있는 로터리 밸브가 탱크하부에 부착되어있다. 탱크에서 배출되는 고추원료는 혼합 스크류 콘베어에 의하여 균일하게 섞어진 후 다음 공정으로 이송된다. 본 시작품은 고춧가루 on-line 품질측정 시스템에 부착되어 원료혼합성능 및 품질측정에 관한 실험에 사용하고자 하였다.

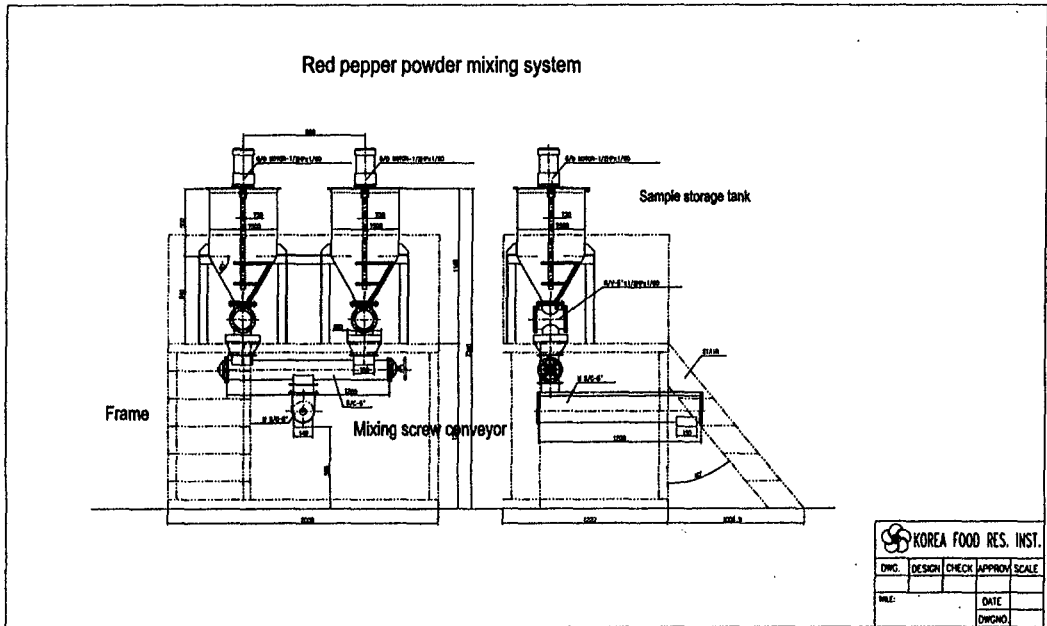


Fig. 5-73. The prototype of red pepper powder mixing system

나. 고춧가루 품질 online 측정시스템 개발

앞서 개발된 고춧가루 품질측정 모델식을 토대로 근적외선 분광분석장치를 이용하여 고춧가루 가공공장에서 on-line 상태로 고춧가루 품질을 정확히 측정할 수 있는 시스템을 구성하면 그림 5-73과 같다. 건고추 원료가 분쇄된 후 품질 및 신미성분에 따라 각각 분리되어 고춧가루 원료 저장탱크에 공급된후 저장탱크 하부에 있는 로터리 밸브의 회전속도에 의하여 저장탱크별로 일정량의 고춧가루가 원료혼합 스크류 콘베어에 공급되어 균일하게 혼합된다. 그리고 고춧가루 원료는 스크류 콘베어에 의하여 소량이 채취된다. 채취된 고춧가루 시료는 진동체로 공급되어 18~30mesh 시료가 만들어진다. 입도가 선별된 고춧가루 시료는 근적외선 분광분석장치(NIRSystem model 6500)의 원거리 반사모듈(remote reflectance module)이 부착된 고춧가루 품질측정장

치로 공급된다. 품질 측정장치는 흡파, 공기분사노즐, 근적외선 원거리 반사 모듈 (remote reflectance module), 2개의 공기실린더, 압축판, 시료배출판, 프레임등으로 구성되어 있다. 이송된 고춧가루시료는 압축판이 부착된 공기실린더로 일정한 깊이로 압축하여 고춧가루시료의 밀도를 일정하게 유지한다. 측정이 완료되면 공기실린더가 시료배출판을 열어 시료를 아래로 배출한다. 근적외선 분석장치에 수집된 시료의 스펙트럼에서 개발된 고춧가루 품질측정 모델식을 이용하여 시료의 수분, 신미성분, 색도, 종자혼입율, 산가, ASTA value등이 분석된다.

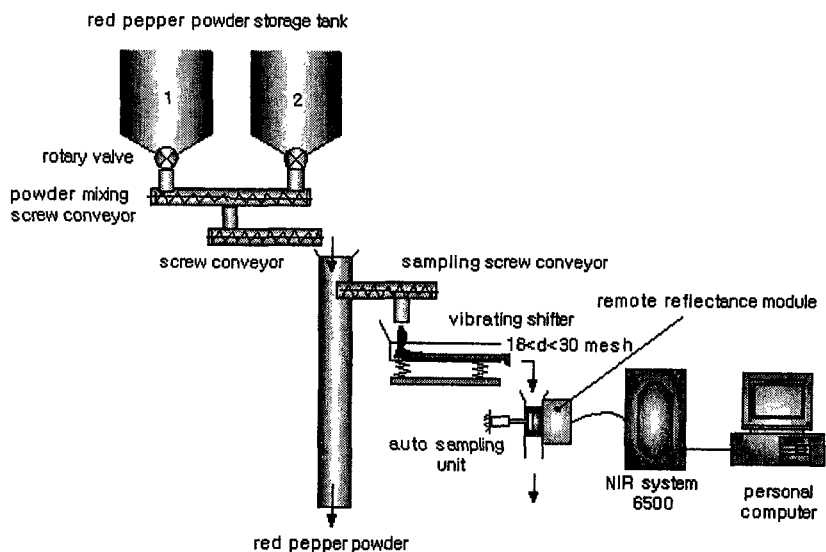


Fig. 5-73. The prototype of quality measurement for red pepper powder by NIR system

그림 5-74는 고춧가루 품질측정 장치 시작품의 개략도이며 그림 5-75는 개발된 시작품이다. 본 시작품은 고춧가루 혼합장치, 시료 진동체, 고춧가루 품질측정장치, 근적외선 분광분석장치(NIRSystem model 6500)의 원거리 반사모듈(remote reflectance module), 개인용 컴퓨터로 구성되어 있다. 그림 5-76은 고춧가루 시료가 공급되어 근적외선 분광분석 장치에 의하여 시료의 품질을 측정하는 것을 나타낸 것이다. 그림 5-77은 3종류의 고춧가루 시료를 각각 3반복하여 얻은 원시스펙트럼이며 개발된 고춧가루 품질측정 모델식을 이용한 시료의 품질 분석결과는 표 5-51과 같다. 근적외선 분광분석 방법을 이용한 고춧가루 품질측정장치는 앞으로 고춧가루 가공공장의 품질 관리시스템에 활용되어 고품질의 규격화된 고춧가루 제품생산에 기여할 수 있을 것이다.

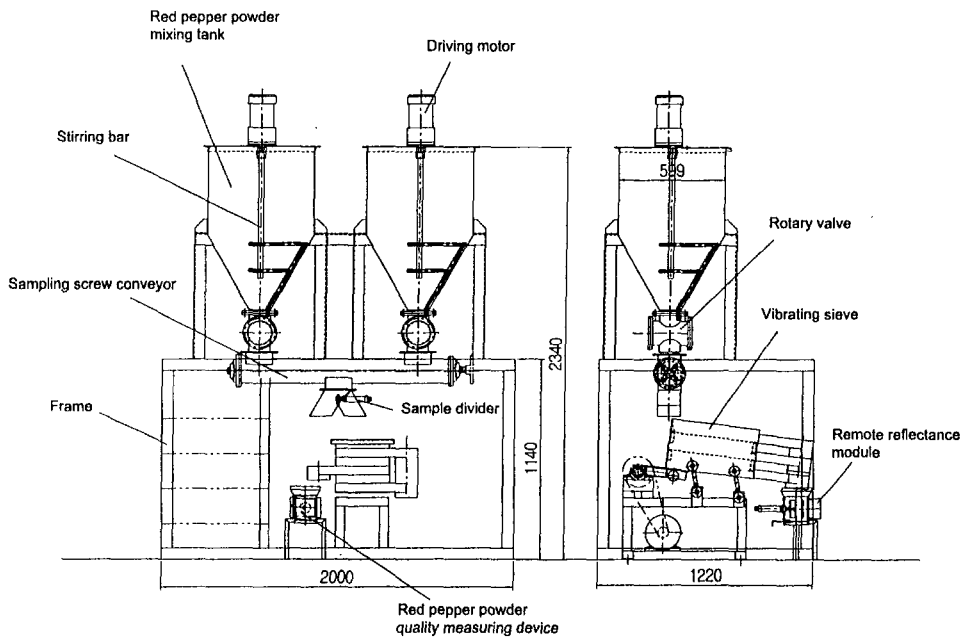


Fig. 5-74. Schematic diagram of the prototype of quality measuring system for red pepper powder

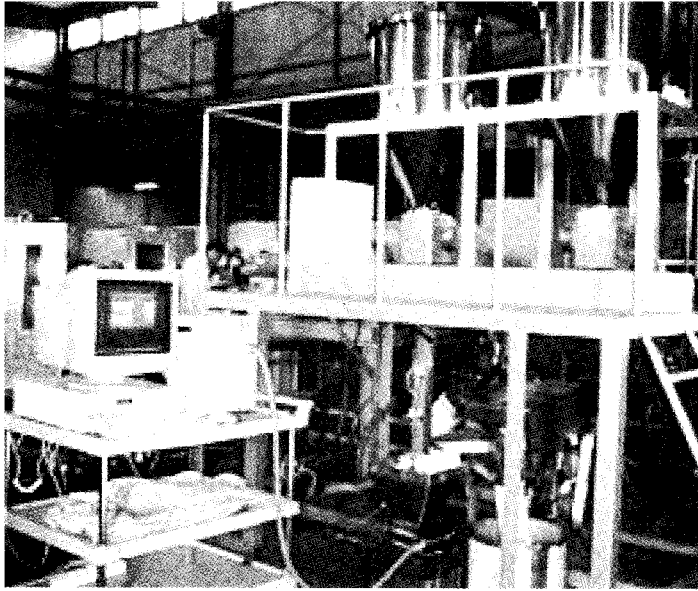


Fig. 5-75. The prototype of quality measuring system for red pepper powder



Fig. 5-76. Vibrating sieve and remote reflectance module in quality measuring system for red pepper powder

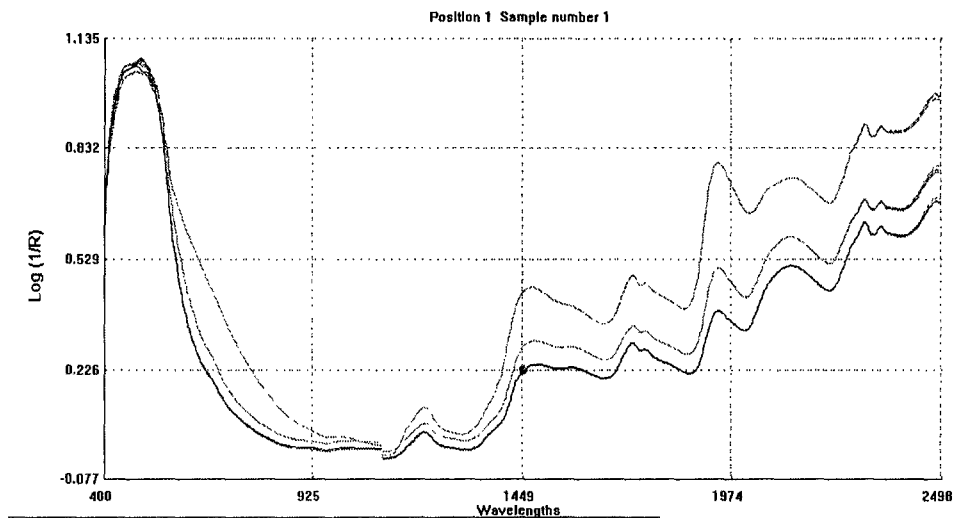


Fig. 5-77. Spectra of red pepper powder sample

Table 5-51. Results of quality measurement of red pepper powder sample by NIR model equations.

Item \ Sample	I	II	III
Moisture content(%w.b.)	9.6	13.2	15.6
Capsaicinoid(mg%)	33.1	18.2	49.3
ASTA value	69.7	61.2	60.2
Crude protein(%)	11.5	11.6	14.5
Acid value	1.66	1.78	1.5
Free sugar(%)	19.8	17.9	15.6
Seed mixing rate(%)	5.9	6.3	11.1
L*	40.5	39.4	37.5
a*	35.5	33.0	25.6
b*	31.0	32.7	21.5

여 백

제 6 장 첨단 고춧가루 가공공장 모델 개발

여 백

제 1 절 서론

고추는 우리 식생활에 가장 많이 사용되고 있는 조미 채소류로서 양념류, 김치류, 고추장등의 식품에 이용되고 있으며 국민일인당 연간 소비량은 고춧가루를 기준으로 2.5 kg에 달하고 있다. 고추의 소비형태는 크게 생고추와 건고추로 구분되며 건고추는 대부분 고춧가루로 분쇄되어 분말상태로 이용하고 있다. 현재 국내의 고춧가루 가공공장은 30여개가 넘는 것으로 추정되고 있으며 고춧가루의 소비형태도 건고추원료를 소비자가 직접구매하여 소형 방앗간에서 수작업으로 단순분쇄하여 이용하는 방법에서 대규모 고춧가루 가공공장에서 생산되는 고춧가루 제품구매로 전환되고 있다.

국내의 고춧가루 이용방법은 외국과 같은 수프용 단순 조미료 형태를 벗어나 사용되는 음식물에 따라 김치용, 양념용, 찌개용, 고추장용 등 매우 다양하다. 고춧가루를 구매할 때 소비자가 가장 관심을 가지는 품질요소는 고춧가루의 색도와 신미성분이다. 이밖에 고추의 주요성분으로 조단백질, 유리당, 아미노산, 섬유질 등이 있지만 국내에서 재배되는 대부분의 고추원료는 색도와 신미성분을 제외하고는 함량이 큰 차이가 없는 것으로 알려져 있다.

고춧가루 가공공장에서 중요시 여기는 고춧가루의 품질요소는 상기의 색도와 신미성분이외에 수분과 종자혼입율이다. 고춧가루의 수분은 분쇄공정에서 고춧가루의 입도와 색상에 큰 영향을 미치며 분쇄효율에도 밀접한 관계가 있다. 또한 고추종자의 혼입율은 고춧가루의 품질과 가격에 가장 큰 영향을 주게된다. 고춧가루 가공공장에서 생산되는 제품의 품질은 공장의 제조공정 및 제조설비 성능에 따라 차이가 있겠지만 근본적으로 건고추 원료의 품질이 매우 중요하다. 양질의 건고추 생산 및 저장 방법은 본 연구에서 수행된 가공용 고추원료 건조 및 저장 시스템을 이용하는 것이 바람직 할 것이다. 그러나 전국의 고추 주산지에 가공용 고추원료 건조 및 저장 시스템이 보급되려면 앞으로 상당한 시일과 비용이 필요하며 이러한 움직임은 점진적으로

추진될 것으로 예측된다.

따라서 첨단 고춧가루 가공공장 모델 개발에서도 현행 건고추원료 유통형태를 고려하여 원형 상태의 건고추원료가 공장에 입고되는 것을 기준으로 원료 세척 및 고춧꼭지 제거 장치 등의 원료 전처리 공정을 제외하지는 않았다. 공장 모델 설계시 현행 고춧가루 가공공장의 문제점을 최대한으로 개선하고 소비자의 신뢰감을 얻을 수 있는 고품질의 규격화된 고춧가루 제품생산이 가능한 제조공정 및 제조설비를 제시하고자 하였다. 첨단 고춧가루 가공공장의 주요특징을 보면 제조설비의 배치가 현행 수평배치에서 원료가 상부에서 중력에의하여 하부로 이송되는 수평배치를 원칙으로 하였으며 본 연구에서 개발된 고추원료의 신미성분을 분리하는 방법과 고춧가루의 품질을 근적외선 분광분석장치를 이용하여 on-line 상태에서 측정하여 제품품질관리를 철저히 할 수 있는 방법을 도입하였다. 첨단 고춧가루 가공공장의 모델 개발은 국내 고춧가루 가공공장의 제품품질 및 생산성 향상에 기여하며 고품질의 규격화된 고춧가루 제품은 소비자에게 좋은 반응을 불러 일으켜 국내 고추산업 기반을 견고히 하며 고춧가루를 이용하는 김치 및 고추장, 천연조미료 시장의 활성화에 기여할 것으로 생각한다.

제 2 절 첨단 고춧가루 가공공장 모델 개발

1. 제조공정

그림 6-1은 고추원료의 신미성분을 분리 및 고춧가루 품질을 on-line 상태로 측정하여 고품질의 규격화된 고춧가루 제품을 생산하는 첨단 고춧가루 가공공장의 제조공정도이다. 제조공정별 특성을 살펴보면 다음과 같다. 건고추원료는 원료투입기에 의하여 일정량이 공기세척기로 이송된다. 공기세척기는 내마모성 합성수지 브러쉬와 고압의 싸이클론으로 구성되어 있으며 고춧표면에 부착된 흙, 먼지 같은 이물질을 제거한다.

공기세척이 완료된 건고추원료는 증기세척기로 이송되며 120℃의 수증기를 고압의 증기노즐을 통하여 건고추표면에 분사시키면 고추표면에 수증기의 응축현상이 발생하고 앞서 공기로 세척되지 않은 이물질들이 증기와 응축되고 이를 고압공기를 분사하여 제거한다. 이 때 고온 증기에 의해 건고추의 품질변화 현상을 방지하기 위하여 증기 온도는 120℃이하, 세척시간은 5-10 초로 제한한다. 표면의 이물질이 제거된 건고추는 압축롤러와 인장롤러 조합, 원통형 고추꼭지선별장치로 구성된 고추꼭지제거기를 통과하여 꼭지를 완전제거한다. 압축롤러의 압력은 80-100kg으로 하며 인장롤러의 상대 선속도는 20-30cm이다. 꼭지가 제거된 건고추원료는 조파쇄시 고추의 태좌 및 격막 부위가 미세한 분쇄가 되며 고추과피 분쇄효율을 높이기 위하여 원료수분이 13-15%w.b.가 되도록 다단의 벨트건조기를 이용하여 열풍건조를 한다. 이 때 건조온도는 40-50℃, 건조시간은 35-45min으로 한다. 건조된 고추원료는 송풍팬이 부착된 냉각기를 거쳐 고추원료의 온도를 상온으로 냉각한 후 햄머밀로 평균입도가 14-16mesh가 되도록 조파쇄한하고 고추과피와 종자를 분리한 후 조파쇄된 고추과피는 입도선별진동체를 통하여 10-14, 15-30, 31-50 mesh 등의 3단계로 입도를 구분하여 고추원료 저장탱크에 이송한다. 그리고 종자는 저장탱크에 이송후 핀크러셔로 입도 5-10 mesh로 분쇄한후 고추원료 혼합기로 이송되어 신미성분이 입도에 따라 구분된 조파쇄된 고추과피 원료와 혼합되어 2대의 연속식 롤밀로 이송된다. 연속식 롤밀은 롤표면에 고추분쇄시 고추원료의 압축 및 절단 분쇄 효과를 높이기 위하여 홈이나선형으로 가공된 3개의 롤이 분쇄구동축에 설치된 2개의 롤조합과 분쇄시 고추원료를 이송해주는 로터리 드림으로 구성되어 있다. 연속식 롤밀을 거친 고춧가루 중 굵은 입자를 분쇄하고 입도를 균일하게 하기 위하여 롤밀로 마지막 분쇄공정을 마친다. 분쇄된 고춧가루는 진동체로 이송되어 굵은 입도의 고춧가루는 연속식 롤밀로 재순환되고 입도조절이된 고춧가루는 색상조절기로 이송된다. 색상조절기는 40-50℃의 온수 실린더 내부에 설치된 압축스크류로 구성되었으며 분쇄시 뭉쳐진 고춧가루를 풀어서 입도를 균일하게하여 고춧가루의 색상을 높여준다. 색상조절이 완료된 고춧가루는 수분이 13-14%w.b.로 높기 때문에 상온에서 고춧가루의 안정저장수분인 12%이하로 낮

추기위하여 로터리 건조기로 이송한다. 로터리 건조기의 온도는 40-50℃, 건조시간은 5-10분으로 한다. 건조가 된 고춧가루는 자외선 및 과열증기를 이용한 살균장치를 통과하여 고춧가루내의 대장균류 및 유해미생물을 살균한다. 자외선살균기는 진동공급기를 이용하여 고춧가루를 2-3mm로 유동층으로 이송시키면서 고강도의 자외선을 조사시킨다. 과열증기 살균기는 130-140℃, 5 kg/cm²의 고온의 과열증기를 원통형 실린더로 구성된 살균기내부로 분사시키고 고춧가루를 스크류콘베어로 비산이송시키면서 30-60sec간 살균을 한다. 살균이 완료된 고춧가루는 자석선별기로 이송되어 분쇄시 발생한 금속성 이물질을 제거한후 고춧가루 제품 저장탱크로 이송된다. 여기서 일정량의 고춧가루 시료가 채취되어 근적외선 분광분석법을 이용한 고춧가루 품질측정장치를 이용하여 고춧가루의 수분, 신미성분, 색상, 종자혼입율 등을 on-line 상태로 측정한다. 저장된 고춧가루는 신미성분과 기타 품질등급에 따라 구분되어 용량별로 포장되어 고춧가루제품으로 출하된다.

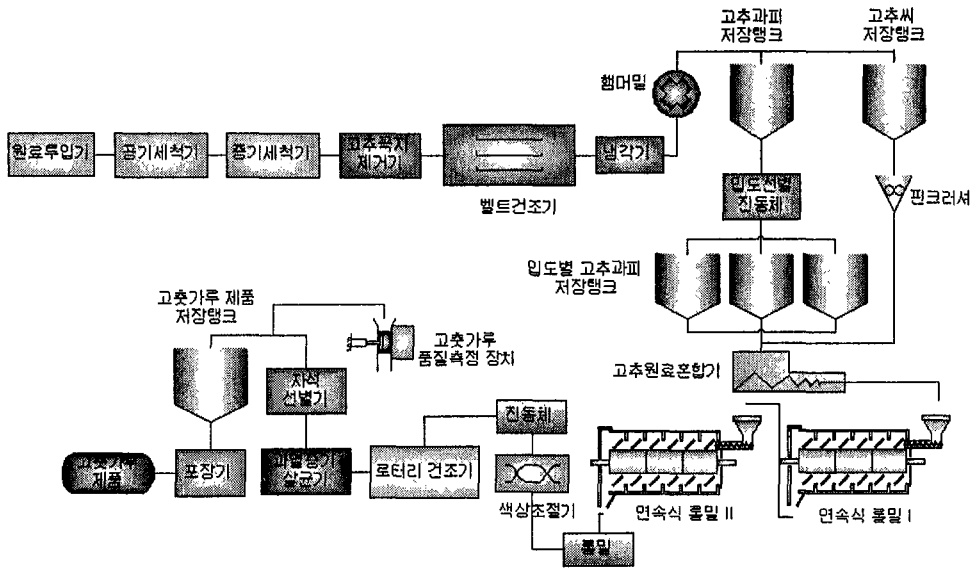


그림 6-1. 첨단 고춧가루 가공공장의 제조공정도

2. 제조설비 및 공장 배치도

첨단 고춧가루 가공공장의 제조설비의 개략도는 그림 6-2와 같다. 이것은 앞서의 제조공정도를 제조설비를 기준으로 나타낸 것이다. 첨단 고춧가루 가공공장의 주요 제조설비를 보면 고추원료투입기, 공기세척기, 증기세척기, 고추꼭지 제거기, 열풍건조기, 냉각기, 햄머밀, 고추과피 및 종자 저장탱크, 종자분쇄기, 입도선별체, 입도별 고추과피 저장탱크, 고추원료혼합기, 연속식 롤밀, 색상조절기, 로터리 건조기, 과열증기 살균기, 자석선별기, 고춧가루 품질측정기, 고춧가루 제품 저장탱크, 포장기 등으로 구성되어 있다. 그림 6-3은 제조설비 배치도를 나타낸 것이다. 공장 면적은 864 m²(54L×16W m)이며 전체 제조설비의 소요동력은 약 250 kW로 추정된다.

여 백

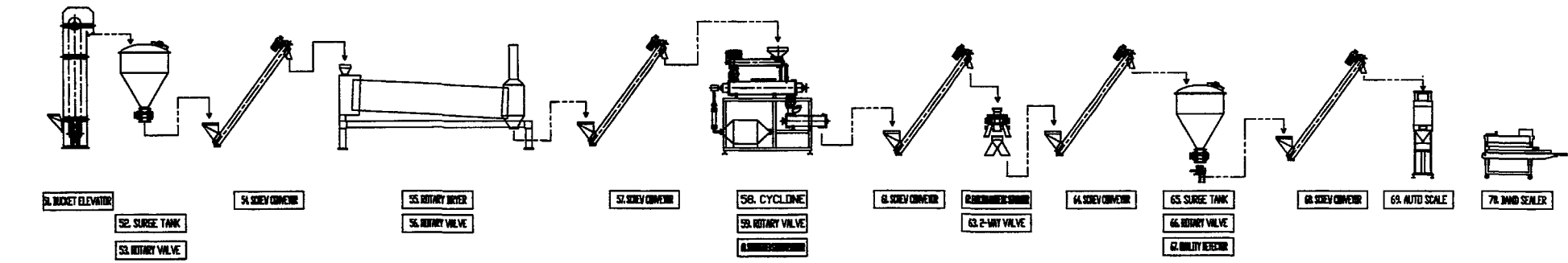
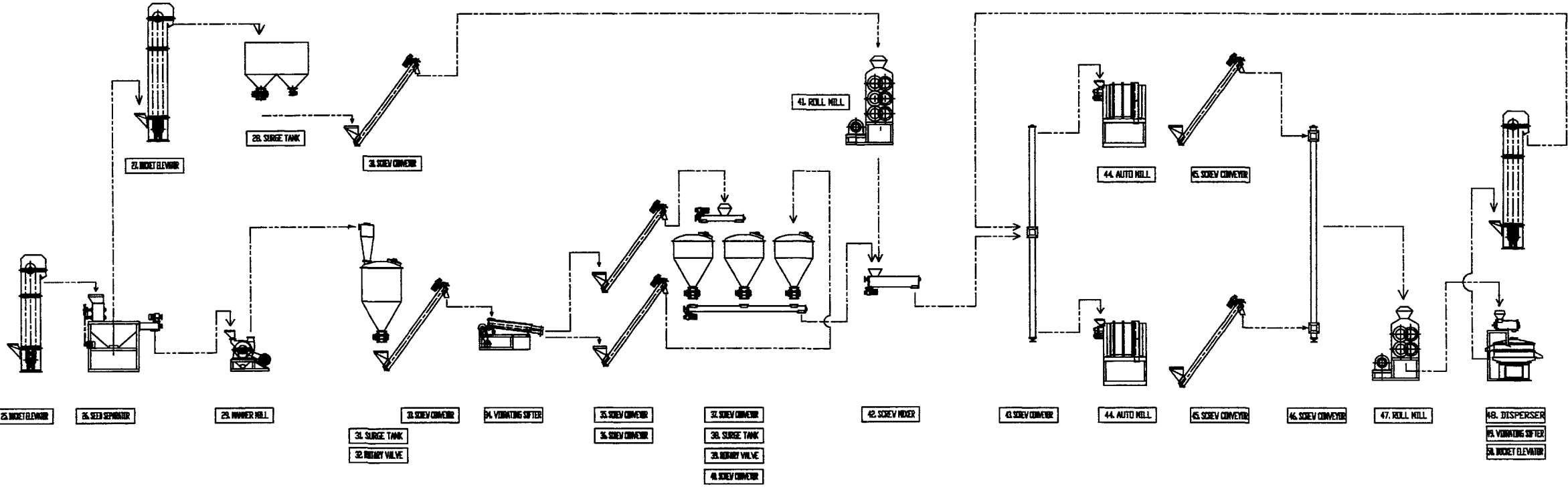
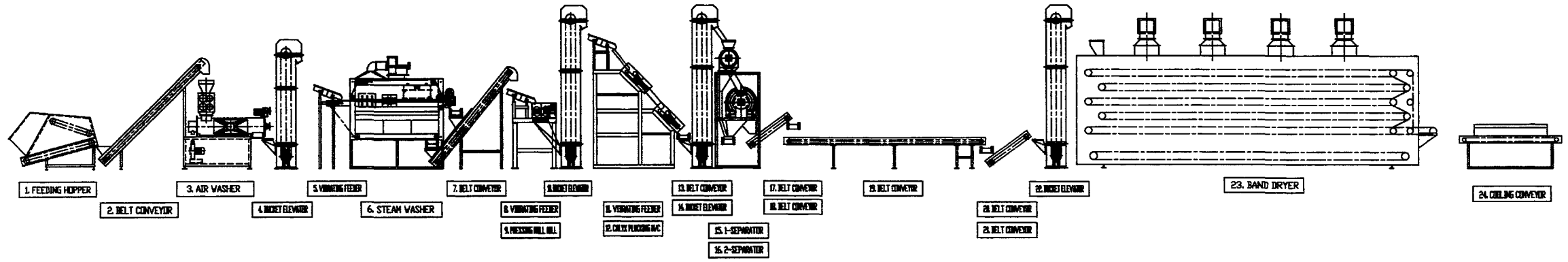


그림 6-2. 첨단 고춧가루 가공공장의 제조공정에 따른 제조설비 개략도

여 백

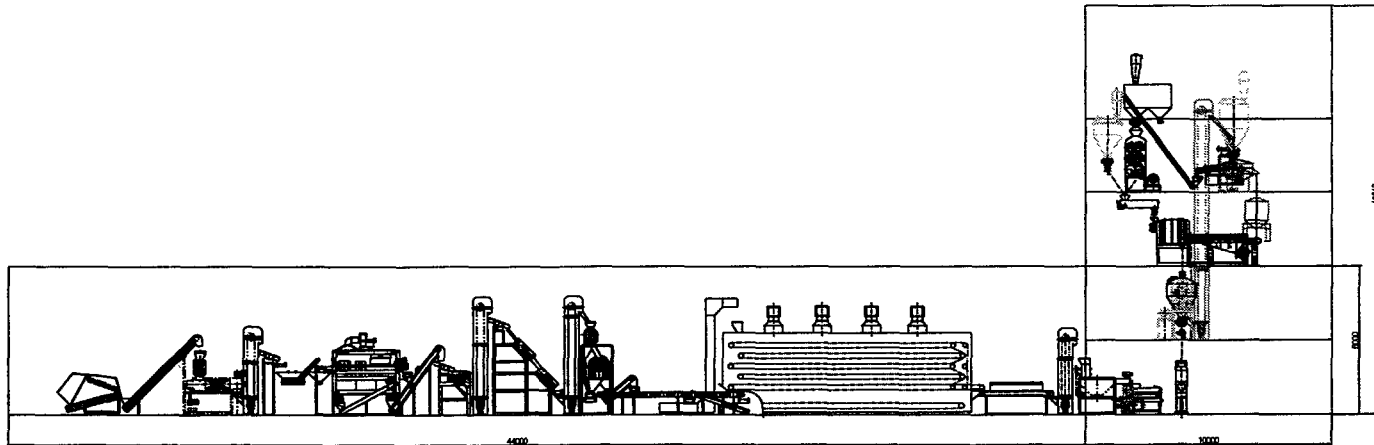
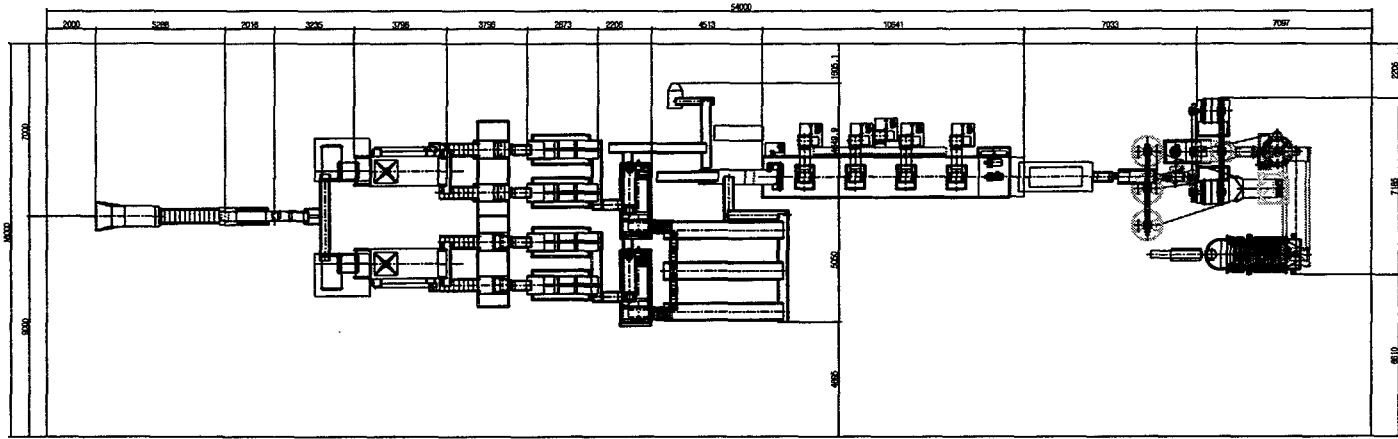


그림 6-3. 첨단 고춧가루 가공공장의 제조설비 배치도

3. 제조설비 산출내역

표 6-1은 첨단 고춧가루 가공공장의 주요 제조설비 내역을 나타낸 것으로 전체 제조 설비 가격은 1,333,420,000천원으로 추정되었다.

표 6-1. 첨단 고춧가루 가공공장 제조설비내역

No	DESCRIPTION & SPECIFICATION	UNIT	Q'TY	PRICE	AMOUNT
1	FEEDING HOPPER	SET	1		5,500,000
2	AIR WASHER	SET	1		16,000,000
3	STEAM WASHER	SET	2	35,000,000	70,000,000
4	VIBRATING FEEDER	SET	4	9,000,000	36,000,000
5	STEM PLUCKING M/C	SET	4	28,000,000	112,000,000
6	1ST SEPARATOR	SET	2	7,500,000	15,000,000
7	2ND SEPARATOR	SET	2	12,500,000	25,000,000
8	BAND DRYER	SET	1		110,000,000
9	COOLING CONVEYOR	SET	1		4,500,000
10	SEED SEPARATOR	SET	1		7,600,000
11	HAMMER MILL	SET	1		7,000,000
12	VIBRATING SIFTER	SET	1		9,500,000
13	SCREW MIXER	SET	1		5,000,000
14	12" 3-STAGE SEED ROLL MILL	SET	1		15,000,000
15	AUTO ROLL MILL	SET	2	40,000,000	80,000,000
16	12" 2-STAGE ROLL MILL	SET	1		11,000,000
17	VIBRATING SIFTER	SET	1		9,500,000
18	ROTARY DRYER	SET	1		28,000,000
19	U.V STERILIZER	SET	1		38,000,000
20	QUALITY DETECTOR	SET	1		150,000,000
21	AUTO WEIGHING & PACKING M/C	SET	1		140,000,000
22	BAG FILTER	SET	2	7,300,000	14,600,000
23	STEAM BOILER	SET	1		18,500,000
24	CONTROL PANEL WIPING	SET	1		45,000,000

No	DESCRIPTION & SPECIFICATION	UNIT	Q'TY	PRICE	AMOUNT
25	BUCKET ELEVATOR	SET	8	3,800,000	30,400,000
26	SCREW CONVEYOR	SET	20	3,200,000	64,000,000
27	BELT CORVEYOR	SET	22		67,800,000
28	CYCLONE TANK & MIXING TANK	SET	7		32,300,000
29	부대시설 및 PIPNG	SET	1		25,000,000
30	운반설치 및 시운전	SET	1		20,000,000
				소 계	1,212,200,000
	공과잡비 및 기업이윤	%	10		121,220,000
				합 계	₩1,333,420,000

여 백

참고문헌

1. Lease, J.G. and Lease, E.J. : Factors affecting the retention of red color in peppers. Food Technol., 10, 368 (1956)
2. Chen,S.L. and Gutmanis, F. : Auto-oxidation of extractable color pigments in Chill pepper with special reference to ethoxyquin treatment. J. Food Sci., 33, 274 (1968)
3. 정영옥, 유태중 : 고추에서 분리한 미생물의 발육과 capsaicin의 분해에 관한 연구. 한국영양학회지 9(3) (1976)
4. 최연호, 김영배 등 : 고춧가루 중 미생물의 분리 및 방사선 감수성. 한국식품과학회지 9(3) (1977)
5. 전재근, 박상기 : 고춧가루의 색도측정과 품질과의 관계. 한국농화학회지, 22, 18 (1979)
6. 전재근, 서정식 : 일광노출이 고춧가루의 탈색에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 12(2), 82 (1980)
7. 김동연, 이종욱 : 건조고추의 저장 중의 변색에 관한 연구. 한국식품과학회지, 12(1), 55 (1980)
8. 유영진 외 3인 : 식품의 미생물학적 조사 연구. Kor. J. Appl.Microbiol. Bioeng., vol 11(2) (1983)
9. 김현구, 박무현, 민병용, 서기봉 : 저장상대습도 및 온도에 따른 분말고추의 흡습 특성. 한국식품과학회지, 16(1), 108(1984)
10. Mutsuo, Rae kwang cho 외 2인 : Near Infraed Reflectance Spectrum of Red pepper and its application determination of Capsaicin content. 일본식품공업학회

지 32(2) (1984)

11. 고태균, 조용진, 이원석 : 건조 조건의 변화가 고추의 건조 시간과 품질에 미치는 영향에 관한 연구. 서울대학교 농학연구 12(1) (1987)
12. 이동선, 박무현 : 고추 건조에 있어서 품질 최적화. 한국식품과학회지 21(5) (1989)
13. 이동선 외 3인 : 고추 건조기의 최적 운전 조건. 한국식품과학회지 21(5) (1989)
14. 김현구, 조길석, 박무현, 장영상, 신재익 : 고춧가루의 저장성에 미치는 질소치환의 영향. 한국식품과학회지, 22(7), 833 (1990)
15. 신현경 외 6인 : 고추분말의 가공기술 개발에 관한 연구(I). 한국식품개발연구원 연구보고서 (1990)
16. 조용진, 고태균, 박재복 : 고추의 범용 건조 모델 개발에 관한 연구. 한국농업기계학회지 16(1) (1991)
17. 신 현희, 이서래 : 한국산 고추의 품종 및 재배 지역에 따른 품질 특성. 한국식품과학회지 23(3) (1991)
18. 박재복 외 2인 : 고추분말의 가공기술 개발에 관한 연구(II). 한국식품개발연구원 연구보고서 (1991)
19. 박재복 외 2인 : 고추의 꼭지 제거 및 분쇄 시스템 개발. 과학기술처연구보고서 (1991)
20. Peter A. Biacs, Beatrix Czinkotai and Agoston Hoschke : Factors affecting stability of colored substances in Paprika powders. J. Agricultural and Food Chemistry, 40(3), 363 (1992)
21. 박재복 외 3인 : 산지 고춧가루 가공공장의 제조설비의 적정설계 방안. 한국식품개발연구원 연구보고서 (1993)