

# 분쇄기의 자체 분급 시스템을 이용한 붉은자루동충하초의 미분화 기술개발

## Micronization technical development of *Cordyceps pruinosa* that use itself classification system of pulverizer

강위수*	이강열*
정회원	정회원
W. S. Kang	K. Y. Lee

### 1. 서론

지방을 함유하고 있는 붉은자루 동충하초는 일반적으로 분쇄에 널리 사용되고 있는 편밀이나 해머밀로 분쇄하기에는 어려움이 있다. 편밀이나 해머밀은 분쇄 로터날과 분쇄망사이의 갭사이에서 로터의 회전에 의하여 발생하는 원심력을 이용 충격과 마찰로 분쇄물을 분쇄망의 홀크기에 의존하여 분쇄를 하게된다. 이때 지방이 많은 분쇄물의 경우 로터와 망의 마찰로 인한 열방생으로 인하여 지방이 녹아 분쇄망의 홀을 매우는 눈막힘 현상이 발생하게 되어 분쇄를 더이상 할 수 없게 된다. 이런 문제점을 해결하기 위하여 본 연구실에서 개발한 자체 분급 축류기류식 Turbo-분쇄기를 설계 제작하였다. 이 분쇄기의 특징은 회전 로터날개의 고속회전에 의하여 발생하는 원심력을 이용하여 과잉공기를 발생시킴과 동시에 재료를 흡입하여 로터·날개의 끝과 분쇄기 하우징에 고정된 분쇄영역인 1, 2차트랙 모서리부분의 gap을 이용하여 압축력, 충격력, 전단력으로 분쇄물을 분쇄한 후에 2차트랙경계면을 기준으로 로터의 회전에 의하여 발생하는 원심력과 항력의 차로 분급을 하게된다. 여기에서 항력의 영향을 받는 입자는 집진시스템을 통하여 축중심부에서 수집되고 원심력의 영향을 받는 입자는 재순환구를 통하여 재분쇄되는 원리이다.(Fig 1. 원심력과 항력의 이론에 의한 분급 원리) 이런 분쇄메카니즘을 이용하여 붉은자루동충하초의 미분화 기술개발을 시도하였다.

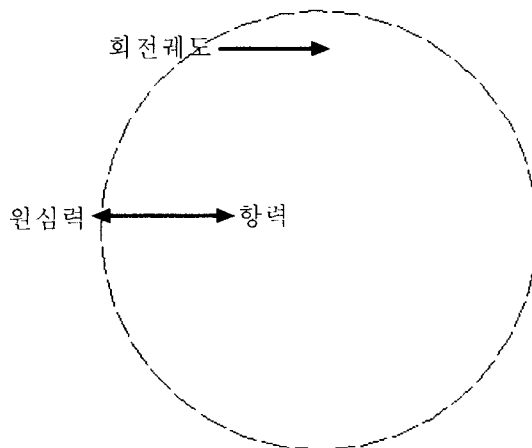


Fig 1. Classification principle of two-dimensional analysis

\* 강원대학교 농업생명과학대학 생물산업공학과

## 2. 재료 및 방법

### (1) 시험장치 구성

붉은자루 동충하초의 미분을 생산하기 위하여 Fig 2와 같이 시스템을 구성하였다. 시스템의 구성도는 실측에 의한 3D 드로잉이다.

분쇄시스템은 1차사이클론에서 제품의 95%이상을 로터리 밸브를 통하여 배출하게 되고 2차 사이클론에서 5%미만의 미분을 수집, 마지막으로 집진장치인 백필터에서 1%미만의 초미분을 배출하게된다. 백필터의 사용은 분진의 발생을 막기위함이고, 2중사이클론의 사용은 집진장치의 필터부착현상을 줄이기 위하여 2중으로 제작설치하였고 설계기준은 분체공학에서의 설계기준을 따랐다.

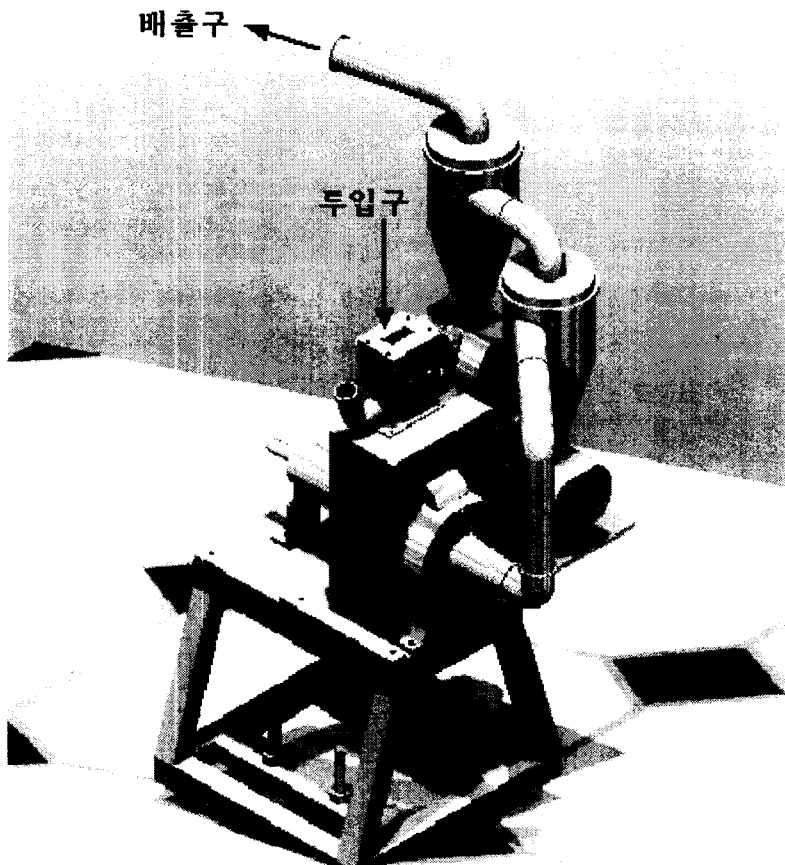


Fig 2. Classification System

### (2) 공시 붉은자루 동충하초

본 실험에서 사용되어진 붉은자루 동충하초(*Cordyceps pruinosa*) 원시료(강원대학교 동충하초 은행에서 수집)는 일반성분이 조단백질 25-30%, 조지방 8.4%, 회분 4.1% 등으로 구

성되어 있고, 함수율(wet weight basis, wb)은 원적외선 건조기로 105℃의 온도에서 향량될 때까지 건조한 결과 69.62%로 측정되었다. 원 시료를 원적외선 건조기에서 60℃로 8시간 건조 후 4mesh체에 통과시켜 통과된 시료를 실험재료로 준비했다.

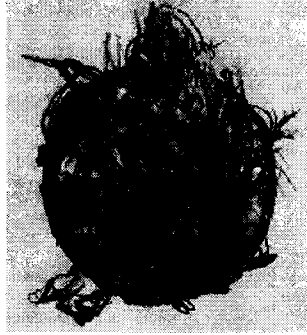


Fig 3. Shape of Cordyceps pruinosa

### (3) 실험방법

분쇄물의 분급정도를 파악하기 위하여 Rotor의 회전속도를 정하였는데 5000rpm에서는 2차 트랙경계면에서의 원심력의 저하로 인해 분쇄물의 재순환구를 통한 순환이 원활하지 않았고 7000rpm에서부터 적절한 원심력의 발생으로 재순환이 원활하게 이루어지는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 실험을 위한 Rotor의 적정회전속도는 7000rpm이상의 속도인 8000과 9000rpm 2가지를 선정하였다. 실험은 각각의 실험 속도별로 준비된 붉은자루 동충하초를 2Kg을 가지고 분쇄기에 부착된 기어식 정량공급 장치의 호퍼에 재료를 투입하여 실험을 하였다. 최종적으로 분쇄기 분급에 있어서 처리량과 입도크기를 결정짓는 핵심적인 장치인 집진장치의 진공도는 백필터 내부의 진공도를 측정하여 분쇄기의 원활한 재순환이 되는 적정 범위의 진공도를 찾아 설정 후 실험을 하였다.

### (4) 입도분석

분쇄생성물의 입도분포는 Particle Size Analyzer(Malvern Ins. Ltd, Mastersizer-2000, U. K)를 이용하여 분석하였다.(Fig 4) 공시재료의 분산제(分散劑)는 증류수를 사용하였고, 분쇄물을 분산제에 넣은 후 1분간 분산시킨 후 3회 반복하여 입자를 측정하였다.

Mie의 광산란이론을 적용한 입도분석기의 작동원리는 그림4에서 보듯이 일정파장의 레이저가 미세한 입자표면에 도착하면 그중 일부는 각각 투과, 흡수, 산란된다. 산란된 복사파 중에는 회절, 굴절, 반사되는 것도 있으며 검출기(Detector)에 의해 입자의 크기를 결정하게 된다.

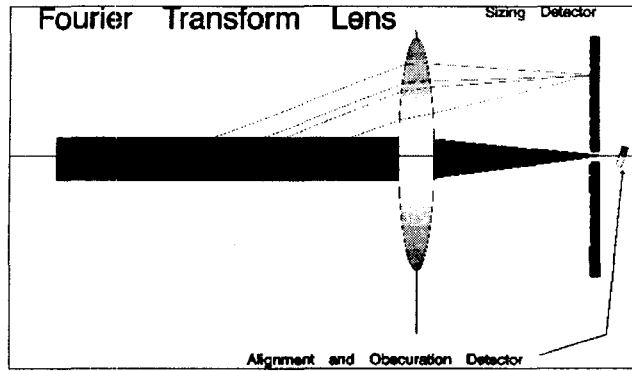


Fig 4. Operation principle of particle analysis device

공시재료의 입자 분석은 체적(volume)의 크기에 따른 누적입도분포도, 비표면적, 입도분포도(Span), 부피기준 평균입도의 값도 측정하였고, Span의 값을 측정하여 Span의 값이 크면 입자크기의 분포가 넓음을 알 수 있고, 수치가 작으면 입자크기의 분포 범위가 좁음을 분석할 수 있으며, Span의 식은 다음과 같다(1998, Malvern Instruments Ltd).

$$\text{Span} = \frac{D(V, 0.9) - D(V, 0.1)}{D(V, 0.5)}$$

D[V, 0.9] : test한 sample의 volume이 90%일 때의 size

D[V, 0.1] : test한 sample의 volume이 10%일 때의 size

D[V, 0.5] : medium size(중간값)

본 연구에서는 분쇄생성물의 분쇄영역별 입자크기에 따른 조분말은 2000 $\mu\text{m}$  통과(10mesh), 중간미분말은 420 $\mu\text{m}$ (40mesh), 미분말은 74 $\mu\text{m}$ (200mesh), 초미분말은 1~50 $\mu\text{m}$ 를 통과분으로 분류하여 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### (1) 8000rpm에서의 분급전과 후의 실험결과

4mesh체를 통과한 붉은자루 동충하초를 분쇄속도 8000rpm에서 분쇄 후 분급전과 후의 누적도와 분포도를 분석한 결과 그림5와 같이 분급전 입도누적과 분포는 x축 오른쪽방향으로 0~2000 $\mu\text{m}$ 까지 누적과 분포되어 있다는 것을 알 수 있고 분급 후에는 1~100 $\mu\text{m}$ 범위에만 입도가 누적되고 분포된다는 것을 알 수 있다. 구체적으로 살펴보면 분급전의 전체 샘플 입자중 50%에서 최대 입자크기  $d_{50}$ 은 160.262 $\mu\text{m}$ 를 넘지 않고 90%에서의 최대입자크기  $d_{90}$ 은 877.304 $\mu\text{m}$ 를 넘지 않는다. 분급후에  $d_{50}$ 은 9.973 $\mu\text{m}$ 였고,  $d_{90}$ 은 32.164로 나타내었고 입도분석에서 규정한 초미분입자의 범위 1 $\mu\text{m}$ ~50 $\mu\text{m}$ 에 드는 입자의 누적%는 94%에 이르렀다. 입도분석결과 분급후에 입도가 현저하게 미립화되고 일정한 범위에 드는 것으로 나타났다.

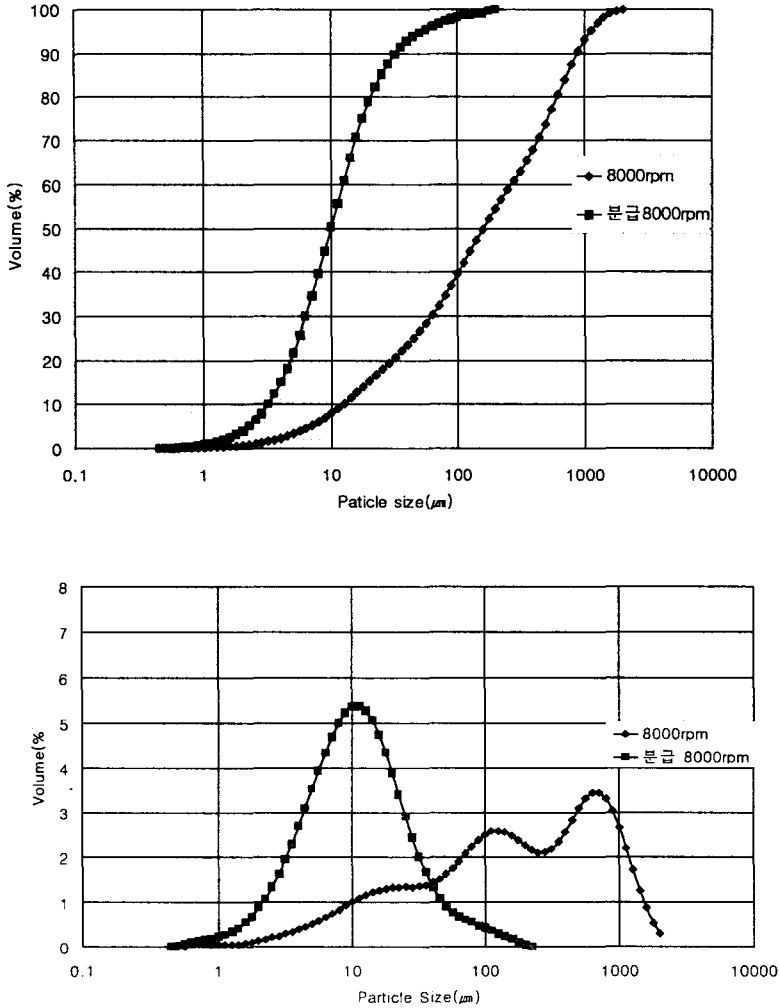


Fig 5. Particle accumulation and distribution chart in 8000 rpm

(2) 9000rpm에서의 분급전과 후의 실험결과

4mesh체를 통과한 붉은자루 동충하초를 분쇄속도 9000rpm에서는 분쇄 후 분급전과 후의 누적도와 분포도를 분석한 결과 그림6과 같이 분급전 입도누적과 분포는 x축의 오른쪽방향으로 0~1000 $\mu$ m까지 누적, 분포되어 있다는 것을 알 수 있고 분급 후에는 1~100 $\mu$ m범위에 누적, 분포된다는 것을 알 수 있다. 구체적으로 살펴보면 분급전의 전체 샘플 입자중 50%에서 최대 입자크기  $d_{50}$ 은 36.03 $\mu$ m를 넘지 않고 90%에서의 최대입자크기  $d_{90}$ 은 190.068 $\mu$ m를 넘지 않는다. 분급후에  $d_{50}$ 은 10.137 $\mu$ m였고,  $d_{90}$ 은 29.791로 나타내었고, 입도분석에서 분쇄영역별 입자크기에 초미분말 입자의 범위 1 $\mu$ m~50 $\mu$ m에 드는 입자의 누적%는 95%에 이르렀다. 입도분석결과 분급후에 입도가 현저하게 미립화되고 일정한 범위에 드는 것으로 나타났다.

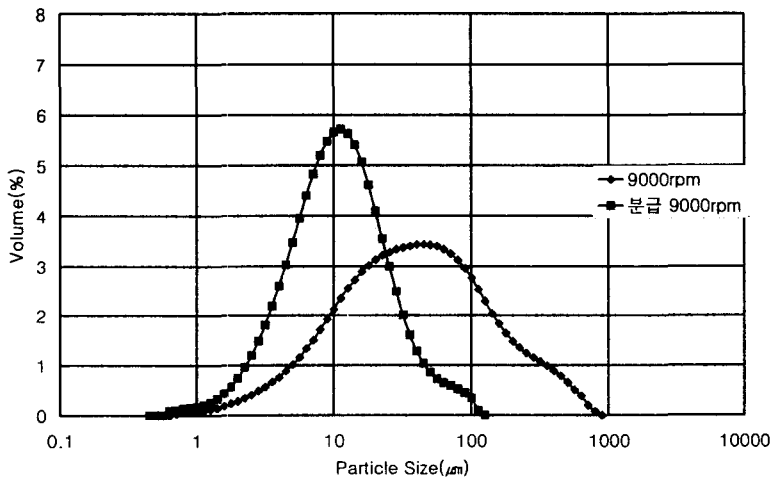
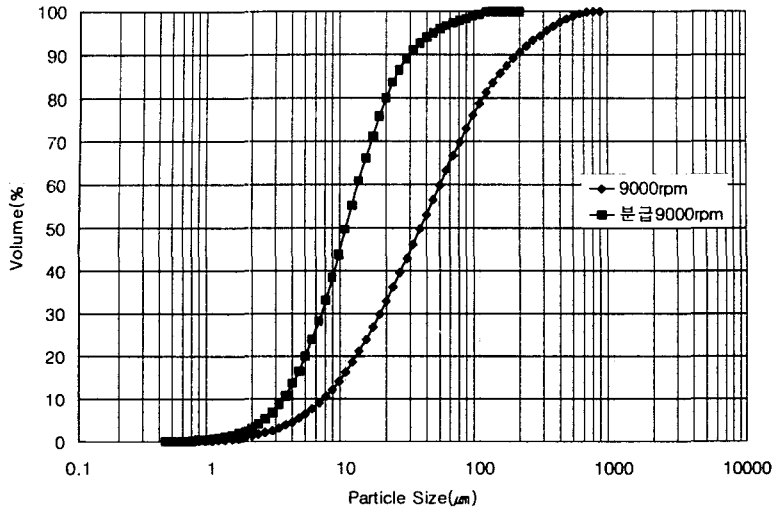


Fig 6. Particle accumulation and distribution chart in 9000rpm

#### 4. 요약 및 결론

실험실에서 개발한 자체분급 축류기류식 Turbo-분쇄기를 이용하여 붉은자루 동충하초를 속도별 분쇄과정에서 분급과정을 거친입자와 분급과정을 거치지 않은 입자들에 대한 샘플 채취 후 입도분석결과 로터의 속도 9000rpm(90m/s)에서는 입자의 분포가 일정한 구간에 집중되어 있는 반면에 8000rpm(80m/s)은 입도분포 범위가 균일하지 않고 넓게 분포하고 있다는 것을 알 수 있었다. 이것은 분쇄속도가 분쇄의 입도분포에 큰영향을 미친다는 것을 의미한다. 그리고 분급후의 결과를 비교해보면 누적도와 분포도에서는 큰차이는 나타내지는 않

았지만 로터속도 9000rpm에서의 분급결과 초미분이 1%정도 더 많이 누적되어 있는 것으로 나타났다.

붉은자루 동충하초에서 속도가 분쇄와 분급에 미치는 영향은 그래프를 분석해보면 고속의 원주속도로 발생하는 압축, 충격, 전단력의 증가는 분쇄물의 미립화에 큰영향을 미치는것을 알수 있었다. 8000rpm에서 1차분쇄 후 샘플에 대한 입도를 분석한 결과 100 $\mu$ m범위 드는 입자의 누적%가 40%정도였는데, 9000rpm에서는 이 수치가 두배에 가까웠다. 즉 개발된 자체 분급 분쇄기는 원심력과 항력을 통하여 제품에서 요구하는 입도범위를 설정하여 기계의 회전속도와 집진 진공도로 미분과 조분을 선별하여 제품을 수집하게되므로 분쇄속도의 증가는 분쇄시 분쇄물의 미립화 경향이 증가를 통하여 제품의 생산량이 증가하게 되고 재순환구로 순화되는 양을 줄이게 되는 것이다.

결론적으로 붉은자루 동충하초의 미분말화 기술은 제품의 입도크기, 생산량을 고려하여 적정속도와 진공도에서 경제적 생산을 하면 될것이다.

## 5. 참고문헌

- 1) J. Galk W.Peukert, Production of narrow Size Distribution in Air Classifier Mills (ACM), 9th European Symposium on Comminution, Albi, 1998.
- 2) J. Galk, W Peukert, A cyclone classifier for inline-and offline classification, Powder Handling and Processing 8(1)(1996)55-58.
- 3) K. Leschonski, IFPRI-Report on classification of Particles in gases, May 1981.
- 4) K. Lechonski, J. Galk, Air classification with centrifugal counterflow, 1st International Particle Technology Forum, Denver, 1994.
- 5) J.Galk, Feinsttrennung in Abweiseradsichtern, PhD Thesis, TU Clausthal, 1995, ISBN3-88105-180-5.
- 6) C. L. Prasher, 1987, Crushing and grinding Process Handbook, John Wiley & Sons Limited, pp74~76.
- 7) 林 恒美. 1996. 粉體技術ポケットブック 工業調査會 pp 245~251.
- 8) 粉體工學會. 1998. 粉體工學使覽. 日刊工業新聞社.