

식품분말 진동선별기 개선을 위한 구조물 효율 분석

박인순¹ · 나은수 · 장동순 · 백영수*

¹안진테크, 충남대학교 환경공학과

Efficiency Analysis of Spiral Structured Twist Screen

In-soon Park¹, En-soo Na, Dong-soon Jang, and Youngsoo Paek*

¹ANJIN Tech.

Department of Environmental Engineering, Chungnam National University

Abstract

In the food process, twist screen is widely used to divide particles on the basis of size. As screen equipped in the twist screen performs an important part in the particle size distribution mechanism, the contact area of screen and particles, retention time of particles on the screen, mesh and string thickness of screen and the flow pattern of particles on the screen are major points of the separation efficiency. To improve the separation efficiency, increase the retention time and control the flow pattern of particles, screen frame dam and spiral blockage are installed on the sieve of twist screen \varnothing 1200 and \varnothing 1500. Twist screen \varnothing 1500 with frame dam treated similar separation capacity, 37% higher separation ratio and less non-separated particles of product output 1 than general twist screen. Twist screens with frame dam and spiral blockage showed less treatment capacity, three times higher division ratio and entire separation than general twist screen.

Key words: twist screen, spiral blockage, food powder, particle separation

서 론

선별기(screen)는 산업 전반의 공정에 있어 공정의 단순화 및 효율 향상, 제품의 성능 향상, 제품 제조 공정상 필요 등의 이유로 여러 산업현장에 적용되고 있다. 선별기 중 진동 선별기는 건설 폐기물 재활용에 가장 많이 사용되며 산업 폐기물이나 건축 폐골재 선별시 적용되어 왔으며(Kim et al., 2009; Kim et al., 2007; Moon et al., 2008) 식품제조공정에 투입되는 진동 선별기는 여러 종류의 재료 입자 및 분체의 크기별 선별을 위하여 사용되고 있다. 식품공정에 적용되는 진동 선별기는 최적의 선별 공정을 통하여 최종 제품의 질과 상품성을 결정하고 후속 공정을 좌우하는 중요한 역할을 한다(Lee et al., 2009). 진동 선별기의 효율 증가는 제품의 질을 결정하는 중요한 인자가 될 뿐만 아니라 생산품 결손을 방지하고 설비의 규모를 결정짓는 중요한 역할을 한다.

진동 선별기 중 식품산업에 주로 적용되는 twist screen은 하부에 부착된 진동 모터에서 발생하는 진동력에 의하여 여러 가지 입자 크기를 갖는 혼합물 중에서 일정 입도 이상 및 이하의 물질을 선택적으로 분리, 선별하는데 용이하게 사용된다(Park, 2004).

진동 선별기(twist screen)는 원형으로 설계되어 식품산업에 알맞도록 구성 및 조립이 매우 단순화되어 있으며 외기와 차단되어 위생적이다. 스크린은 선별의 가장 핵심적인 역할을 담당하며 스크린의 mesh 크기 및 선경, 스크린 전체적 넓이, 입자의 체류시간, 입자의 이동 경로가 선별기 성능의 가장 중요한 요소가 된다.

따라서, 본 논문에서는 진동 선별기의 성능 향상을 위하여 스크린에 구조물을 설치하고 입자의 체류시간 및 이동 경로를 조절함으로써 일정 스크린에서의 선별 효율의 변동을 분석하고 설치한 구조물의 타당성을 규명하고자 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

실험 재료

식품산업에 사용되는 진동 선별기는 벼, 고춧가루, 차분말, 조미료 분말, 각종 가루 등의 분말식품 선별 시 주로

Corresponding author: Youngsoo Paek, Department of Environmental Engineering, Chungnam National University, 220 Gung-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-764, Korea
Tel: +82-42-821-6677; Fax: +82-42-822-5610,
E-mail : likebach@cnu.ac.kr
Received December 26, 2007; revised February 16, 2009; accepted February 19, 2010

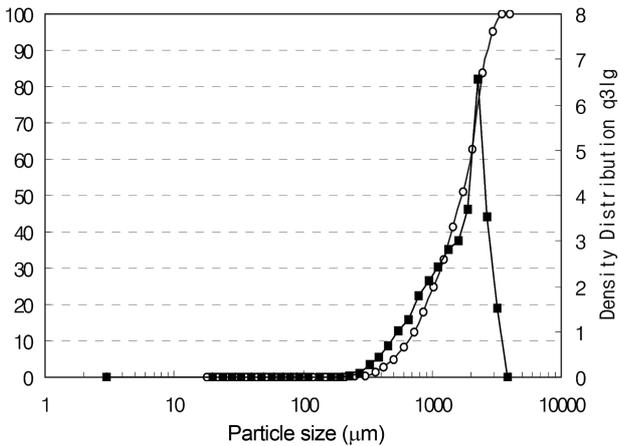


Fig. 1. The result of analysis on particle-size distribution without screening.

적용되므로 분말 형태의 식품으로 실험을 하는 것이 바람직하나 실험에 사용될 다량의 식품 분말은 가격이 매우 고가이며 이송 및 보관 중에 시료의 변질 가능성이 높고 실험 환경에 따라 선별 효율 변동이 심하므로 실험 결과의 분석시 평가가 어렵다는 단점이 있다.

본 실험에서는 선별체 분리시간 측정과 선별조건에 따른 분리 효율 분석을 위하여 선별 공정 중 시료의 변화가 없고 시료의 취급 및 보관이 용이한 EPS(expanded polystyrene) 300 kg을 실험에 사용하였다. EPS는 SM(styrene monomer)을 현탁중합 방법에 의하여 얻은 구상의 중합체로서 비중이 가벼워 운반 및 이송이 용이하며 함수율이 낮고 기후 변화에 따른 변형이 없으며 대용량도 취급이 용이하다는 장점이 있다. 종류에 따라 직경 0.1-3 mm의 bead나 길이 2-3 m, 직경 0.6 m인 원주형 펠렛(pellet) 상태로 공급된다(Yu, 1989).

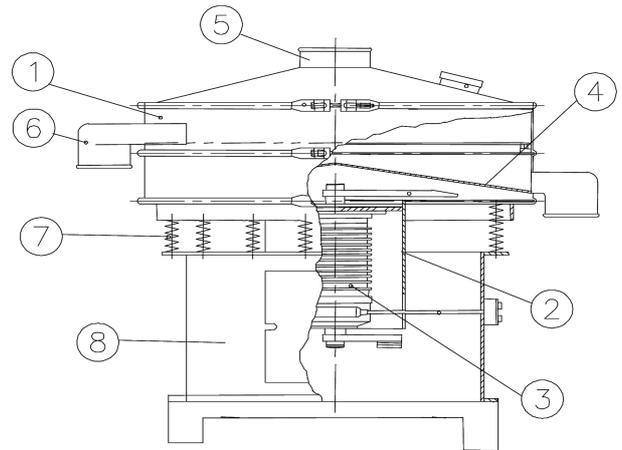
선별효율을 결정하기 위하여 선별 전 및 선별 후의 EPS 시료는 레이저 회절 입도 분석기(Laser scattering particle size analyzer, HELOS/RODOS, Sympatec GmbH)를 이용하여 정밀하게 입도를 측정하였다.

Fig. 1은 진동선별을 실시하기 이전 EPS의 입경을 측정 한 결과이다. 선별하기 이전이기 때문에 조립과 세립의 입자가 섞여 분포되어 있다. 입경 분포는 500-3,200 μm까지 매우 다양한 입경의 입자들이 분포되어 있으며 2,250 μm의 입자들이 가장 다량 포함되어 있다는 것을 알 수 있다.

EPS는 제조 시 40 kg 정도를 1 ton bag으로 포장되어 운반되므로 1 ton bag을 호이스트를 이용하여 주입 설비인 hopper에 일정량이 쏟아지도록 설비하였다.

실험 장치 및 구성

실험에 사용되는 진동 선별기(twist screen)는 진동 모터(vibrator)의 구동부가 연결되어 진동력을 골고루 분산시키는 모터부(motor bracket)와 몸체를 고정시키는 프레임



- (1) Trough
- (2) Motor bracket
- (3) Vibrator
- (4) Screen
- (5) Inlet
- (6) Discharge spout
- (7) Coil spring
- (8) Support frame

Fig. 2. Schematic diagram of twist screen.

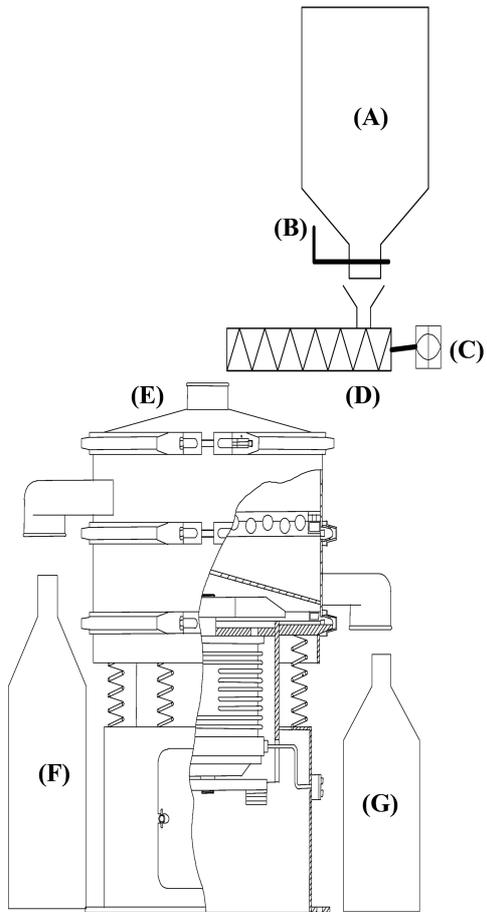
(support frame), 진동 모터에서 발생된 진동력의 지면 전달을 억제하고 본체의 충격을 방지하는 스프링(coil spring)으로 구성된 하부와 선별의 핵심부인 스크린(screen)과 스크린을 고정하며 본체를 구성하는 트라후(trough), 시료를 투입하는 입구(inlet)와 제품 출구(discharge spout)인 상부로 구성되어 있다. 실험에는 스크린 직경이 각각 1,200 mm와 1,500 mm인 2가지 조건의 진동 선별기를 사용하였다. Fig. 2는 진동 선별기의 개략도이다.

시료는 1회 실험시마다 40 kg의 EPS를 호이스트로 hopper에 적재하여 준비하고 hopper에서 진동 선별기로 시료의 이송은 자기 진동 이송기(magnetic vibration feeder)를 사용하여 시료를 공급하였다.

Hopper에서 자기 진동 이송기로 공급되는 시료량은 hopper에 설치된 밸브(hopper valve)에 의하여 과량의 시료가 자기 진동 이송기로 투입되는 것을 방지하고 자기 진동 이송기에서 진동 선별기로 공급되는 시료의 공급 속도는 자기 진동 이송기 컨트롤러(feeder controller)의 게이지를 조정하여 공급 속도를 일정하게 조절하였다. 전체적인 실험장치 구성도는 Fig. 3과 같다.

진동 선별기에 스크린은 선경 0.12 mm이며 mesh 24를 사용하였다. 스크린의 mesh 사이즈에 따른 입도 크기는 Table 1의 환산표에 의하여 mesh 24인 표준망의 경우 입도 700 이하인 입자가 통과된다는 것을 알 수 있다.

공급된 시료는 입도에 따라 선별되어 스크린의 mesh를 통과하지 못한 조립의 입자는 처리 1(product output 1)로 이송되고 스크린을 통과한 세립의 입자는 처리 2(product output 2)로 이동되어 포집된다. 실험은 시료를 진동 선별기에 공급하고 일정 시간 경과 후 처리 1의 비선별 처리



(A) Hopper (B) Hopper valve
 (C) Feeder controller
 (D) Magnetic vibration feeder
 (E) Twist screen
 (F) Product output 1 (G) Product output 2

Fig. 3. Experimental setup with twist screen.

물과 처리 2의 선별 처리물의 무게를 측정하였다.

구조 변경

일반적인 진동 스크린의 경우 하부 몸체에 장착된 진동 모터에 의해 생성된 상하 진동이 모터 상부추와 하부추의 각도에 의하여 나선형 회전으로 변화되어 공급된 입자는 스크린에서 Fig. 4와 같은 이동 경로를 나타낸다.

1) Screen frame dam

조립의 입자가 스크린의 중심으로 공급되면 빠르게 나선형 궤적을 그리며 스크린 외곽으로 이동하고 스크린 프레임 을 따라 처리 1로 빠져나오게 된다. 세립의 입자는 스크린 위를 이동하며 스크린을 통과하여 처리 2로 나오게 된다. 그러나 세립의 입자 중 미량은 스크린 중심에서 외곽까지 이동 중 충분한 선별 시간이 주어지지 않거나 입자 간의 충돌이나 입자들의 층형성 현상으로 선별이 되지 않고 스크

Table 1. Screen mesh and particle size

Mesh	Micron (μm)	Mesh	Micron (μm)
2	11,100	50	279
3	7,090	60	221
4	5,160	65	203
5	4,040	70	185
6	3,350	80	173
7	2,870	90	150
8	2,460	100	140
10	1,900	110	130
12	1,520	120	117
14	1,300	130	113
16	1,130	140	109
18	980	150	107
20	864	160	104
24	701	170	96
28	577	175	89
30	535	180	86
32	500	200	84
35	447		
40	381		
45	323		

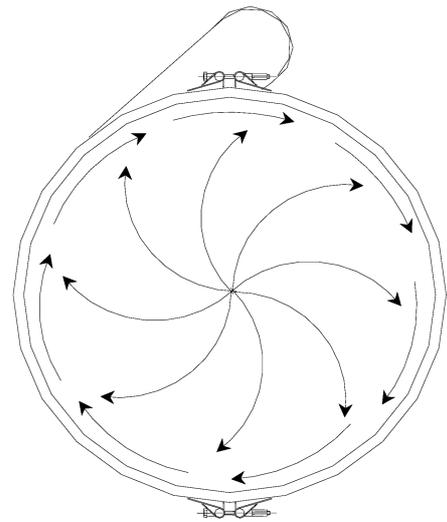


Fig. 4. Schematic diagram of particle flow on general twist screen.

린 프레임에 적층되어(Jenny, 2001) 스크린의 입경 상 선별 되어야 할 입자가 처리 1로 빠져나가 조립의 입자와 섞이 게 된다. 따라서 기본형 스크린 frame에 dam을 설치하여 선별 시 사용되는 스크린 영역에는 전혀 손실이 없으며 공급된 입자들이 모두 스크린 내부에서 이동하여 입자의 궤적이 Fig. 5와 같이 이루어지도록 구조를 변경하였다.

2) Spiral blockage

스크린의 중심에서 공급되는 입자는 나선형 궤적을 그리 며 중심에서 외곽으로 빠르게 이동하여 외곽 dam을 타고 흐르듯이 이동되는 입자층을 이루게 된다. 이 경우 각개의

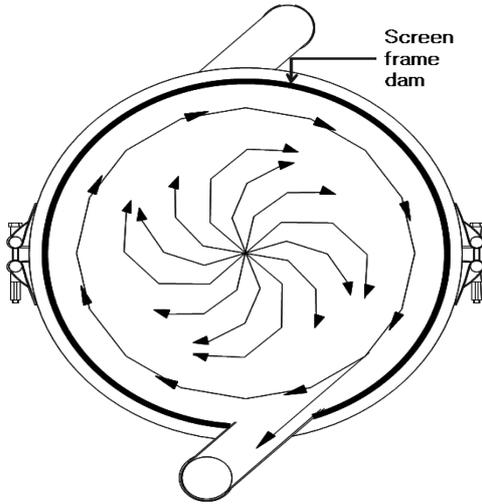


Fig. 5. Schematic diagram of particle flow on frame-damed screen.

입자가 스크린과 접촉하여 선별이 이루어지기보다는 입자끼리 충돌하여 스크린의 선별 효율을 떨어뜨리며 개개 입자의 스크린 접촉 시간도 떨어지게 된다.

스크린 위에 나선형 구조물을 설치하여 중심에서 공급되는 입자들이 나선형 구조물을 따라 이동하도록 하면 스크린에서의 입자 개개의 체류 시간이 길어지게 된다. Fig. 6은 나선형 구조물이 설치한 스크린이며 EPS를 공급하여 이동되고 있다.

결과 및 고찰

진동 스크린의 크기 및 구조 변경에 따른 처리 용량 변화 및 선별 효율을 살펴보기 위하여 스크린의 크기를 1200 mm와 1500 mm으로 변경하며 선별 실험을 실시하였으며 스크린 dam과 나선형 구조물을 설치한 후 시간에 따른 비선별 처리물과 선별 처리물의 질량을 측정하여 처리 용량을 결정하고 처리 1의 비선별 시료를 채취하여 레이저



Fig. 6. Photo of screen with spiral blockage.

Table 2. Specification of experimental setup

Items	Conditions
Screen mesh	Mesh 24, wire diameter 0.12 mm
Screen size	1200 mm, 1500 mm
Feeder controller	∅ 1200시 gage 8, ∅ 1500시 gage 10
Vibrator	60 Hz
Screen structure	Screen frame dam, Spiral blockage

회절 입도 분석기를 이용하여 정밀하게 입도를 측정하여 선별 효율을 결정하였다. 실험에 사용된 장치의 조건을 Table 2에 정리하였다.

진동 선별기 직경 1200 mm

설치된 진동 선별기의 직경은 1,200 mm이고 mesh 24인 스크린을 장착하였다. 진동 모터는 정격 60 Hz로 운전하고 자기 진동 이송기는 주파수 게이지 8에 고정하여 실험을 실시하였다. Fig. 7에서 실선은 시간별 선별 후 나온 비선별 처리물의 무게를 나타내며 점선은 비선별 처리물 무게 적산치를 나타낸 것이다.

총 실험 시간은 106분간 실시하였으며 처리 1로 스크린을 통과하지 못한 시료 총량은 40.4 kg이었고 선별되어 처리 2로 나온 시료 총량은 2 kg이었다. 총 선별에 소요된 시간에 대하여 선별 용량을 계산한 결과 24 kg/hr이었다. 선별된 처리 2 시료량을 총 시료량으로 나누어 준 비율을 처리 분율이라 할 때 스크린 사이즈 ∅ 1200이며 구조를 변경하지 않은 경우 처리 분율은 4.72%이었다.

Frame dam과 나선형 구조물 장착시

진동 선별기 직경 1,200 mm의 24 mesh인 스크린에 frame dam과 나선형 구조물을 설치하였다. 진동 모터는 60 Hz로 운전하고 자기 진동 이송기 주파수 게이지 8로 실험을 실

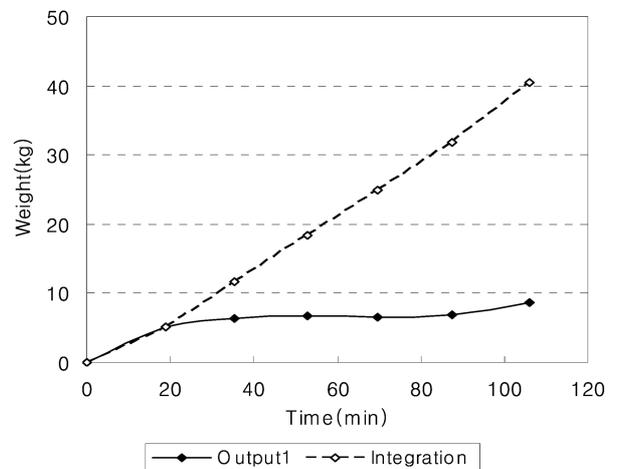


Fig. 7. Weight analysis of product output 1 with standard ∅ 1200.

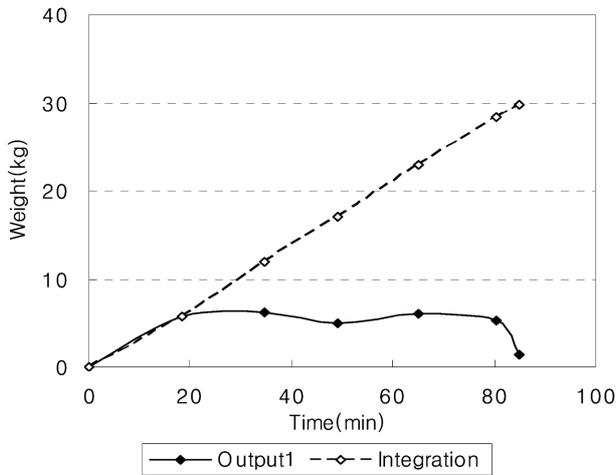


Fig. 8. Weight analysis of product output 1 with frame dam and spiral blockage.

시하였다. Fig. 8은 실험이 진행되며 처리 1의 비선별 처리물의 무게를 측정하여 시간에 따른 적산량을 살펴보았다.

선별 기간동안 처리 1 적재 용기의 조건에 따라 용기 교체가 이루어지고 용기 교체 시간마다 처리 1의 비선별 시료량을 측정하였다. 용기 교체시간의 장단에 따라 측정된 시료량의 값은 변동이 있으나 최종 적산량은 일정한 증가율을 나타내고 있다.

Frame dam과 나선형 구조물을 설치하여 구조 변경 후 실험 시간은 총 84.8분간이었으며 처리 1에 총 시료량은 29.7 kg, 처리 2의 총 시료량은 2.6 kg이었다. 총 시간 대비 처리 1과 처리 2의 총 시료량으로 계산된 선별 용량은 22.85 kg/hr이었다. 구조를 변경하지 않은 경우와 비교하여 선별 용량은 다소 감소된 것을 알 수 있다. 처리 분율을 계산하여 보면 8.05%로 구조를 변경하지 않은 경우보다 1.7배 정도의 증가를 보였다. 이는 선별하여 통과된 시료량이 1.7배 정도 증가하였다고 해석할 수 있다.

진동 선별기 직경 1500 mm

진동 선별기의 스크린의 직경을 1,500 mm로 교체하고 스크린은 mesh 24를 장착하여 실험을 실시하였다. 스크린 직경 1,500 mm의 경우 선별에 사용되는 스크린의 사이즈가 증가되어 처리량이 증가될 것으로 예상되므로 진동 모터 60 Hz, 자기 진동 이송기는 주파수 게이지 10로 주입량을 증가시켜 운전하였다. 실험을 진행하며 시간별 처리 1의 시료량을 측정하여 Fig. 9에 나타내었다.

총 실험 시간은 140.5분이었으며 처리 1에서 측정된 총 시료량은 99 kg이었고 처리 2에서 측정된 총 시료량은 2.4 kg이었다. 양쪽 출구에서 측정된 총 시료량에 대하여 처리 용량을 계산한 결과 직경 1,500 mm인 진동 선별기 일반형의 경우 43.32 kg/hr로 나타났다. 선별처리 시료와 비선별처리 시료의 비율인 처리 분율은 2.37%로 직경

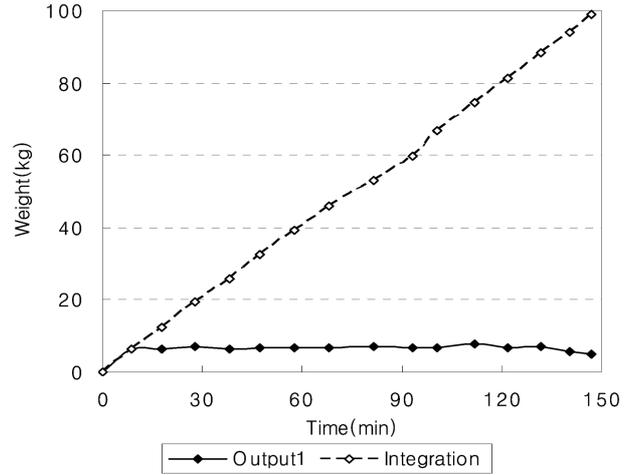


Fig. 9. Weight analysis of product output 1 with Standard Ø 1500.

1200 mm인 진동 선별기의 결과와 비교하여 처리 용량에서는 약 2배 정도 증가하였으나 처리 분율은 감소한 것을 알 수 있다.

조립의 입자가 스크린에 비선별된 시료인 처리 1의 입도를 분석한 결과 Fig. 10과 같이 나타났다. 진동 선별기의 mesh 24, 선경 0.12 mm인 스크린을 통과하는 기준 입자는 Table 1의 환산표에서 700 μm이하로 나타났다. Fig. 10의 결과를 살펴보면 스크린을 통과하지 못한 비선별 시료의 입도는 700 μm이상으로 진동 선별기의 성능을 보여주고 있다.

그러나 Fig. 10의 점 A와 점 B에서 보여지는 바와 같이 700 μm이하인 입자가 스크린을 통과하지 못하고 조립의 입자와 섞여 처리 1로 나온 것을 알 수 있다. 이러한 입자는 매우 적은 양이어서 처리 1 시료 샘플링 후 분석시 거의 나타나지 않으나 수 십개의 시료를 채취하여 입도 분석기의 다수 시료 분석 방법으로 분석한 결과 Fig. 10과 같이 세립의 입자가 처리 1로 분리되어 나온 경우를 확인할 수 있었다.

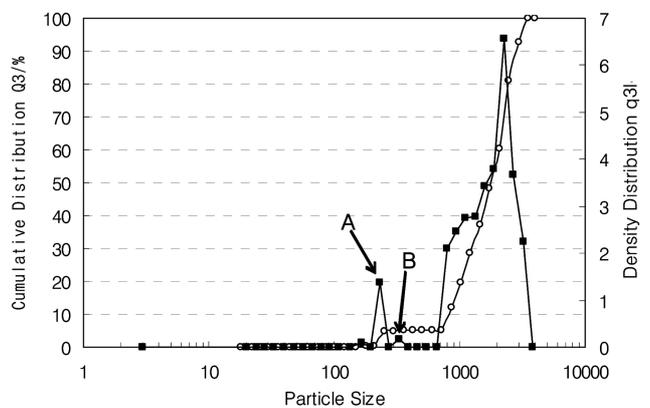


Fig. 10. Particle-size distribution of standard Ø 1500 twist screen.

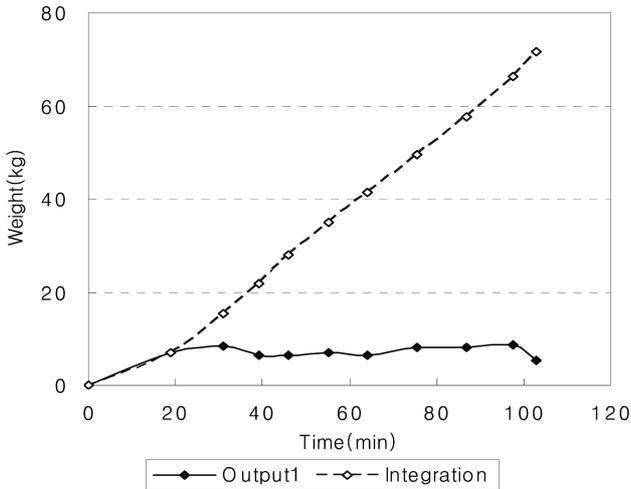


Fig. 11. Weight analysis of product output 1 with frame damed on Ø 1500.

Screen frame dam 장착시

진동 선별기 직경 1500 mm인 스크린을 분리하여 스크린 프레임에 dam을 설치하고 재조립하여 실험을 실시하였다. 진동 모터는 60 Hz이고 자기 진동 이송기의 주파수 게이지는 10으로 조절하였다.

처리 1의 시료량을 실험 시간에 따라 정리한 결과는 Fig. 11과 같다.

총 실험을 실시한 시간은 102.8분이었으며 처리 1로 처리된 시료량은 71.5 kg이었고 처리 2의 시료량은 2.4 kg이었다. 초기 시료 주입이 시작되어 시료가 처리 1로 나오기 까지 시간은 약간 둔화되었으나 총 실험 시간 대비 처리 용량은 43.14 kg/hr로 일반형의 진동 선별기와 거의 비슷하다는 것을 알 수 있었다. 그러나 처리 분율의 경우 3.25%로 스크린의 외곽 프레임에 dam을 설치한 것으로 선별 효율이 증가되었다고 해석할 수 있다.

처리 1의 비선별된 시료의 입도 분포는 Fig. 12에 나타내었다. 처리 1에서 샘플링하여 입도 분석한 결과는 일반 진동 선별기로 실험한 결과인 Fig. 10과 매우 유사하며, Dam을 설치한 실험에서도 다수의 샘플링 결과 점 C와 같이 세립 입자가 처리 1에 분리되어 나온 것을 발견할 수 있었다.

Spiral blockage 장착시

Screen frame dam이 설치된 스크린에 나선형 구조물을 추가 설치하고 진동 모터 60 Hz, 시료 공급장치인 자기 진동 이송기의 주파수 게이지를 10에서 운전하였다.

Screen frame dam과 나선형 구조물을 설치하여 구조 변경된 진동 선별기로 처리 시 선별 시료량의 추이를 Fig. 13에 나타내었다.

총 실험 시간은 62.5분이었고 처리 1의 시료량은 37.9 kg, 처리 2의 총 시료량은 2.75 kg으로 처리 2로 분리되는 시료

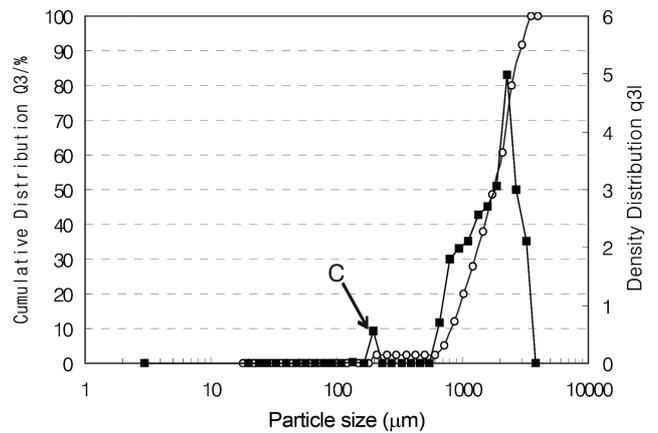


Fig. 12. Particle-size distribution with frame damed Ø 1500.

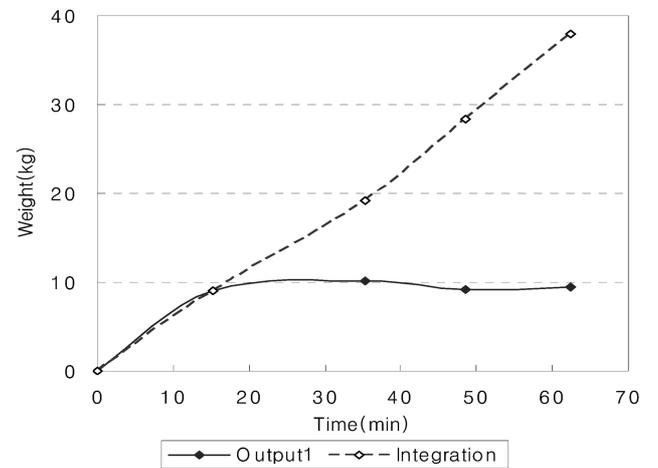


Fig. 13. Weight analysis of product output 1 with frame dam and spiral blockage.

량이 상당히 증가된 것을 알 수 있었다. 처리 용량은 39.04 kg/hr로 일반형이나 frame dam을 설치한 진동 선별기보다 다소 적은 선별 용량을 나타내었다. 처리 분율은 6.77%로 일반형보다는 3배, frame dam 설치된 경우보다 2배 높게 나타났다.

처리 1의 비선별된 입자의 입도 분포는 Fig. 14와 같다. 처리 1에서 수 십회 샘플링하여 다수 시료에 대하여 입도 분석하였으나 Fig. 10, Fig. 12에서의 스크린을 통과하지 못한 세립의 입자를 발견할 수 없었다.

요 약

식품 산업 가공 공정에 다양하게 적용되는 진동 선별기 (twist screen)의 구조를 변경하고 그 효율을 분석하기 위하여 위와 같은 실험을 실시하였다. 시료 공급 시 스크린 외곽의 프레임을 따라 선별되지 못하고 빠지는 입자를 방지하기 위하여 스크린 프레임에 dam을 설치하였으며, 스크린 중앙에서 공급되는 시료가 진동에 의하여 중앙에서 외곽으

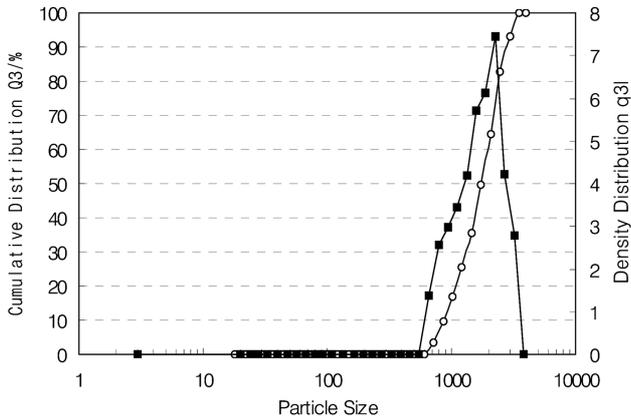


Fig. 14. Particle-size distribution with frame dam and spiral blockage.

로 빠르게 이동하며 입자층을 이루어 선별 효율이 저하되는 것을 방지하기 위하여 스크린에 나선형 구조물을 설치하였다.

진동 선별기는 직경 1,200 mm와 직경 1,500 mm를 사용하였으며 스크린은 mesh 24이고 선경 0.12 mm인 표준망을 적용하였고 진동 모터는 60 Hz로 운전하였으며 자기 진동 이송기는 주파수 게이지 8과 10으로 각각 실험한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

진동 선별기 직경 1,200 mm인 경우 일반형은 처리 용량 24 kg/hr, 처리 분율은 4.72%이었고 스크린 프레임에 dam을 설치하고 스크린에 나선형 구조물을 설치한 경우에는 처리 용량이 22.8 kg/hr, 처리 분율 8.05%이었다. 구조물의 설치로 처리 용량은 다소 감소하였으나 처리 분율은 1.7배 증가하여 선별 효율이 상당히 높아졌다는 것을 알 수 있었다.

진동 선별기 직경 1,500 mm의 경우 일반형의 처리 용량은 43.32 kg/hr으로 직경 1,200 mm인 경우와 비교하여 처리 용량은 1.8배 증가하였으나 처리 분율은 2.37%로 처리 용량에 비하여 낮게 나타났다. 처리 1의 입도를 분석한 결과 스크린에 의하여 선별될 세립의 입자가 비선별 처리물에서 발견되고 있다. 스크린의 직경이 넓어져서 처리 용량이 증가하였으나 공급 속도를 높여 공급량이 많아지므로 입자들의 망 접촉 시간이 감소하고 입자의 층 현상이 심화되어 처리 효율이 감소하고 세립의 입자 선별이 완벽하게 이루어지지 않았다는 것을 알 수 있었다.

선별기 직경 1,500 mm에 screen frame dam을 설치한 경우 처리 용량 43.14 kg/hr로 일반형과 비슷하며 처리 분율은 3.25%로 매우 증가되었다. 입자들의 층현상이 심화된 Ø1500에서 스크린의 프레임에 dam을 설치함으로써 스크

린 프레임으로 빠져나가 망에 체류 시간이 단축되는 것이 방지되며 프레임을 따라 입자층이 형성되어 스크린과 접촉이 불가능하였던 입자들이 dam에 의하여 스크린 안쪽에서 이동되므로 거의 동일한 처리 용량에서도 처리 효율 증가가 뚜렷하게 구분되었다고 할 수 있다.

Screen frame dam과 나선형 구조물을 모두 설치한 경우 처리 용량은 39.04 kg/hr로 다소 감소되었으나 처리 분율은 6.77%로 직경 1,500 mm의 진동 스크린에서 일반형 구조시보다 3배, frame dam만 설치된 경우보다 2배의 증가를 보였다. 비선별 처리물인 처리 1의 시료를 입도분석한 결과 선별 처리되지 못한 세립의 입자를 전혀 발견할 수 없었다. 이와 같은 결과는 frame dam을 설치하여도 입자들이 빠르게 휩쓸려 스크린의 외곽으로 이동하여 망과 접촉 시간이 단축되며 층을 이루어 입자간의 간섭에 의해 선별 효과가 감소되는 것을 나선형 구조물에 의하여 방지함으로써 체류 시간을 증가시키고 입자층을 분산시켜 선별 효율을 증가시킬 수 있었다.

나선형 구조물 설치시 처리 용량은 다소 감소되는 경향을 보이나 처리 분율이 3배까지 차이를 나타내며 이는 공급 속도가 빠를수록 처리 용량이 많을수록 영향이 크다는 것을 알 수 있었다.

참고 문헌

Jenny H. 2001. Cymatics: A study of wave phenomena & vibration. Macromedia press, California, USA.

Kim KH, Park JH, Moon BY, Kwack KH, Jung YC, Oh CW. 2009. A study on the effect of various shapes of gear on concentration of a star screen. In: Proceedings of Spring Conference on Korean Society for Precision Engineering. pp. 625-626.

Kim KK, Kim MS, Son K, Kim KH, Moon BY. 2007. Vibration analysis of separation screen for a recycling of construction wastes. In: Proceedings of Spring Conference on Korean Society of Mechanical Engineers. pp. 802-806.

Lee CK, Kim JT, Choi YH, Lee JE, Seo JH, Kim MJ, Jeong EG, Kim CK. 2009. Optimum sieve-slit width for effective removal of immature kernels based on varietal characteristics of rice to improve milling efficiency. J. Crop Sci. Biotechnol. 54: 357-365.

Moon BY, Bae HD, Kwag KH, Bae KS, Song HY. 2008. Vibration analysis of separation screen in a recycling plant of moisturized construction wastes. Korean J. Air-Conditioning Refrigeration Eng. 20: 526-533.

Na ES. 2003. Development of heat conductive dryer applied spiral vibration. Report of Ministry of Knowledge Economy.

Park NS. 2004. Twist Screen. Patent No. 1020040056314.

Rue KS. 1989. Characteristic and use of expanded polystyrene. J. Korean Soc. Agr. Eng. 31: 9-12.