바이오시스템공학 (*J. of Biosystems Eng.*)
Vol. 33, No. 4, pp. 230~238 (2008. 8)

바이오디젤 생산을 위한 유채종자 조정선기 및 정선기 개발

조남홍 김유호 양길모

Development of Rapeseed Precleaner and Cleaner for Biodiesel Production

N. H. Cho Y. H. Kim G. Yang

Abstract

Mechanization such as machine harvesting, precleaning, drying and cleaning for rapeseed harvested with high moisture content should be accomplished for biodiesel production. In addition, machine drying and cleaning is inevitable in the mechanization of work, just because rice should be transplanted right after harvesting rapeseed in Korea. Particularly, early harvested rapeseed with the combine have high moisture content and undesirable materials such as stalks and stones which make drying-process difficult and lower the efficiency of drying. Therefore, this study was conducted to develop precleaner and cleaner which could remove foreign substances from harvested rapeseeds. The precleaner consists of throw-in hopper, conveyor, feeding hopper, two precleaning sieves and discharging sections. Precleaning capacity was 1,505 kg/hr in shaking frequency of 370 cpm (cycles per minute) and tilt angles of between 5° and 7°. The efficiency of precleaning was between 90.9% and 91.5%. The cleaner consists of feeding, shaking, blowing, cleaning and discharging sections. Cleaning performance was 435.4 kg/hr in the number of rocking motions of 475 cpm and tilt angle of 10°. The ratios of cleaning, foreign substances and loss were 96.5%, 3.5% and 0.2%, respectively.

Keywords : Biodiesel, Rapeseed, Precleaning, Cleaning, Bioenergy

1. 서 론

세계는 수년전부터 원유 가격의 급상승으로 인한 에너지 수급의 불안정에 대비하여 대체에너지 기술 개발에 심혈을 기울이고 있다. 대체에너지로서 바이오에너지는 바이오매스(유기물)로부터 생산되는 고체, 액체 및 기체 연료와 전기, 증기 및 생물화학 물질을 말한다. 그리고 바이오매스는 재생 가능한 식물로부터 생성된 유기물을 말하며 이 중에는 에너지 작물, 나무와 식품, 사료 등 농산물 및 부산물, 임산 부산물, 수생식물, 동물 분뇨, 도시쓰레기, 산업 쓰레기 중의 유기성 폐기물을 포함한다.

바이오에너지는 생산 후 바로 사용이 가능하기 때문에 각국에서는 생산량을 늘리고 있다. 미국은 자국의 풍부한 농업자원을 이용하여 인프라를 구축하여 2005년 185억 리터의 바이오에탄올을 생산하였고 브라질이 174억 리터, EU가 9억 리터를 생산하였다. 바이오디젤의 경우 EU 회원국을 중심으로 2006년에 약 450만~500만 톤을 생산하였으며 이 중 독일이 268만 톤으로 가장 많고, 그 다음은 이탈리아, 프랑스 순으로 생산량이 많다(Marcos 등, 2006). 국내의 경우 2006년 9만톤의 바이오디젤을 생산, 그 보급률이 미미한 수준에 머무르고 있으나 국제 원유가격의 상승에 따라 그 생산과 보급이 급증할 것으로 전망된다(배정환 등, 2006). 이에 따라 바이오

This study was conducted by the research fund supported by National Institute of Agricultural Engineering (NIAE), Rural Development Administration (RDA). The article was submitted for publication on 2008-7-21, reviewed on 2008-8-7, and approved for publication by editorial board of KSAM on 2008-8-12. The authors are Nam-Hong Cho, Senior Researcher, KSAM member, You Ho Kim, Senior Researcher, KSAM member, and Gilmo Yang, Researcher, KSAM member, National Institute of Agricultural Engineering, Rural Development Administration, Suwon, Korea. Corresponding author: G. Yang, Researcher, National Institute of Agricultural Engineering, Rural Development Administration, Suwon, 441-857, Korea; Fax: +82-31-293-9752; E-mail: <okmomo@gmail.com>.

에너지 생산을 위해 유채와 같은 다량의 식물유를 함유하는 농작물의 재배면적도 급격하게 늘고 있다.

국내에서도 바이오디젤 원료용 유채를 생산하기 위하여 2007부터 2009년까지 3년 동안 부안, 보성, 장흥, 제주에 1,500 ha 면적에 유채를 생산하는 시범사업을 추진하고 있으며 이후 생산면적을 전국적으로 5,000 ha까지 증가시킬 계획이다(이상호 등, 2005). 유채는 우리나라의 특성상 수확된 후 바로 벼 이앙이 이루어지기 때문에 노지건조 작업 없이 고함수율 상태로 수확이 된다. 따라서 기계 수확한 후 화력건조와 정선 등 기계화가 필수적으로 이루어져야 한다. 특히 콤바인으로 조기 수확한 유채종자는 유채줄기, 깍지, 돌, 흙 부스러기 등 각종 이물질이 포함되어 건조작업이 곤란하고, 건조능률을 저하시키고 있어 건조전처리 작업으로 조정선 작업이 필요하다. 또한 조정선 작업 이후에 건조작업이 이루어지며 양질의 바이오디젤 생산을 위해 좋은 유채만을 선별하는 정선작업도 이후 병행되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 산물상태로 반입되는 고수분 유채종자에서 줄기, 깍지 등 이물질을 효율적으로 처리 할 수 있는 조정선기와 건조작업 후 양질의 유채만을 생산하기 위한 적정 정선조건을 규명하고 정선기를 개발하는데 그 목적이 있다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

조정선 시험에 사용한 공시재료는 2007년도 6월에 전남 영광에서 수확한 선망(Brassica napus oleifera L.) 품종으로 초기함수율은 30%(w.b.)이었다. 콤바인으로 수확한 유채종자에는 지푸라기, 줄기 등 약 10~15 %의 이물질이 혼합되어 있다. 유채종자의 크기는 0.99~2.64 mm 범위이고, 평균 크기는 1.79 mm이었다.

정선 시험에 사용한 공시재료는 건조한 유채로 최종 함수율 10.0 %, 입자 크기 분포는 0.99~2.64 mm(평균 직경 1.79 mm, 변이계수 12.465), 천립중의 무게는 4.07 g이다.

나. 실험장치

1) 조정선기 개발

가) 시스템 구성

그림 1은 유채종자 조정선 시스템의 공정을 나타낸 것이다. 조정선기는 유채 더미를 공급하는 공급부, 유채 더미 중 유채줄기나 깍지와 같은 이물질을 걸러내기 위한 제1 조정선장치와 잔류 유채 더미에서 유채종자를 골라내기 위한 제2 조정선체로 이루어지는 조정선부, 정선된 유채종자를 외부로 배출하기 위한 배출부로 구성되어 있다. 제1, 2조정선체는 상하측으로 배치되며 경사도를 조절할 수 있도록 제작하였다. 작동원리는 투입탱크로 공급된 유채는 상단체(1차 조정선)를 통과하면서 검불, 지푸라기 등 큰 이물질은 타공망 위에서 수집통으로 흘러가고, 유채종자만 하단으로 떨어져 하단체(2차 조정선)에서 한 번 더 조정선하여 유채와 이물질을 분리하도록 되어 있다. 그림 2는 조정선 시스템의 시작기 개략도이고 그림 3은 개발된 조정선기의 사진이다.

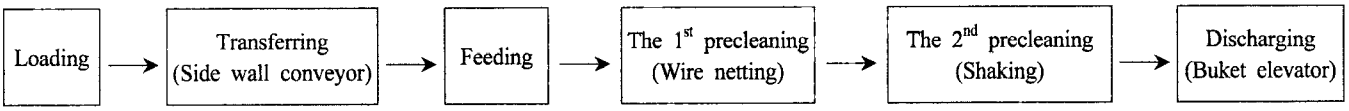


Fig. 1 The working process of the precleaning system for rapeseed.

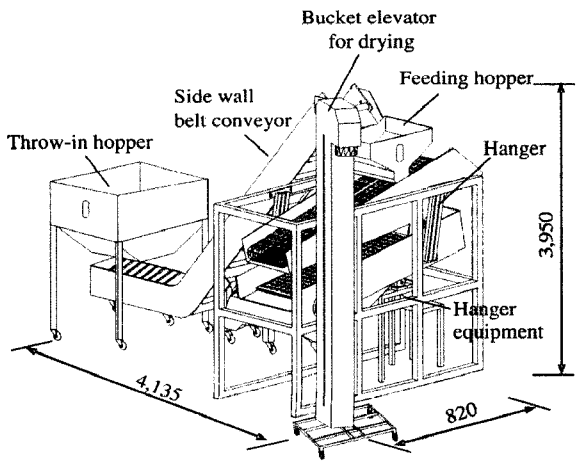


Fig. 2 The schematic diagram of the precleaner for rapeseed.

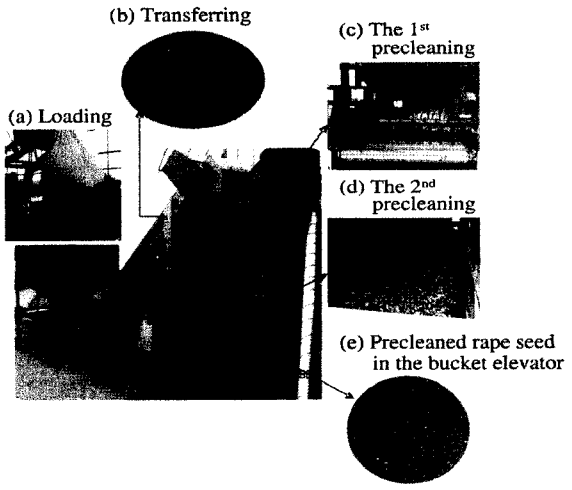


Fig. 3 The prototype of the precleaner for rapeseed.

나) 시작기의 구조

시작기의 크기는 길이 4,135 mm, 폭 820 mm, 높이 3,950 mm이며, 조정선 방법은 철망 체인 컨베이어와 요동암 회전식에 의한 요동스크린 채선별을 사용하였다. 정선된 유채종자는 버켓엘리베이터를 이용하여 다음 공정인 건조기로 배출되도록 구성하였다. 표 1은 시작기의 제원이다.

(1) 투입 및 이송장치

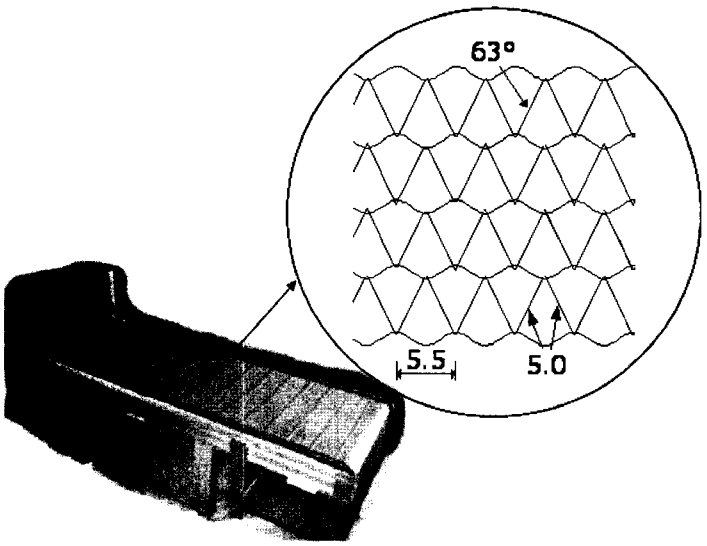
콤바인으로 수확한 고수분 유채종자, 유채줄기, 깍지 등으로 혼합된 유채종자를 조선기에 투입하기 위한 저장탱크의 크기는 길이 3,835 mm, 폭 740 mm, 높이 2,500 mm이며, 유채종자 500 kg을 적재할 수 있도록 설계하였다. 하단 배출부는 거친 유채더미에 혼재된 검불 등을 원활하게 공급할 수 있는 회전로터를 설치하였다. 유채종자의 경우 크기가 아주 작은 소립종이고 이송 시 일반 컨베이어에서 손실율이 크기 때문에 그림 3(b)에서처럼 사이드 월 컨베이어(side wall conveyor)를 고안하여 제작하였다. 투입 저장탱크와 컨베이어는 상호 연계되어 있으며, 저장탱크 하부에는 수분 함량이 높은 유채와 거친 유채줄기, 잎 등 검불을 원활하게 공급할 수 있도록 속도 조절 모터가 설치되어 있다. 투입 저장탱크에서 배출된 유채종자는 사이드 월 컨베이어를 타고 조정선기 공급호퍼에 자동으로 공급이 되도록 하였다.

(2) 1차 조정선부

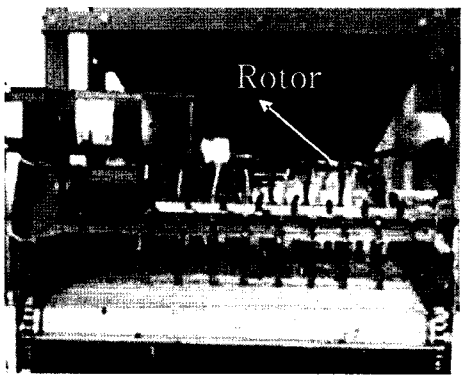
사이드 월 컨베이어에 의해 공급된 종자와 검불의 혼합 공시원료는 그림 4에서 보는 바와 같이 상단에 있는 1차 조정선체인 철망체인 컨베이어에 공급이 되며 컨베이어는 회전하면서 비교적 큰 줄기, 깍지 등과 같은 이물질을 배출하고 유채

Table 1 Specifications of the precleaner for rapeseed.

Item			Remark
Size (L×W×H, mm)			4,135×820×3,950
Throwing-in & Transfer	Size (L×W×H, mm) Type		1,200×1,100×1700 (Quantity 550 kg) Roller for dicing up and trommel screen
	Size (L×W×H, mm) Type		3,835×740×2,500 Side wall belt conveyor
Precleaning	The number of layers		2 layers by the upper and lower sides
	The 1st precleaning (the upper layer)	L×W(mm) Type	1,600×609 (Triangle screen : 5.5×5 mm) Wire netting chain conveyor with rotor
	The 2nd precleaning (the lower layer)	L×W(mm) Type	905×550 (Circle screen : Ø3 mm) Shaking screen with the hanger
	Shaking stroke of the hanger (mm)		6
Discharging	Size (L×W×H, mm) Type		360×160×3,950 Bucket elevator



(a) Wire netting



(b) Rotor on the wire netting

Fig. 4 The structure of the 1st precleaning conveyor.

종자는 하단에 있는 2차 조정선체에 낙하하여 공급된다. 1차 조정선체인 철망체인 컨베이어의 표면 형상은 그림 4에서처럼 두 변이 5.5 mm, 한 변이 5 mm인 삼각형으로 제작을 하였다. 따라서 수분이 높고 거친 깍지들은 컨베이어의 상단에 있는 회전로터에 의해 배출이 되도록 하였다. 컨베이어의 회전로터는 컨베이어와 같은 방향으로 회전하고, 컨베이어에 타격을 주어 유채종자가 철망체에서 잘 빠지도록 하였다.

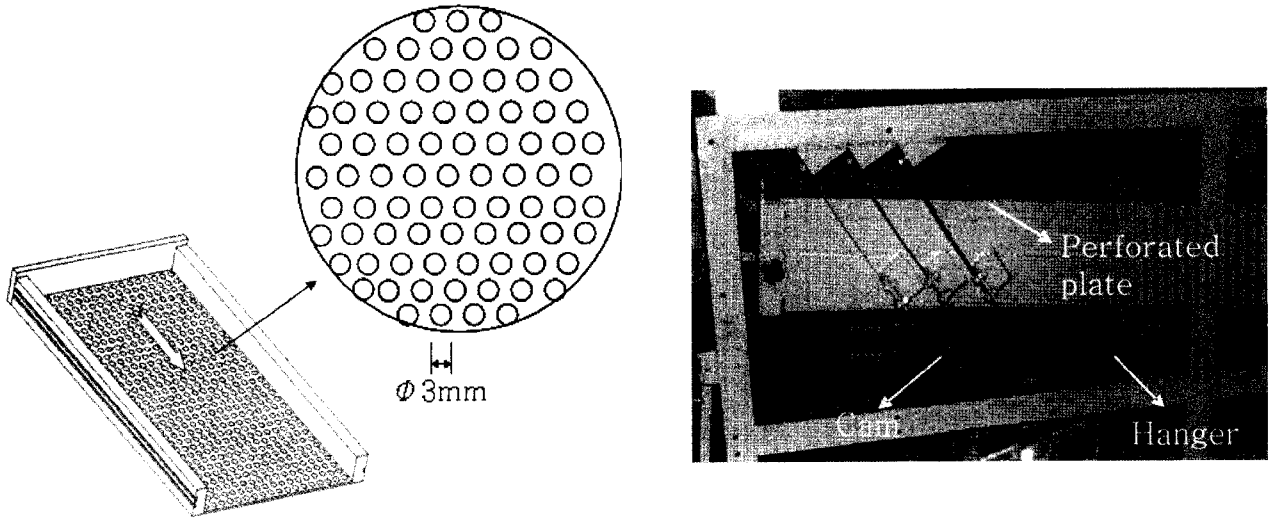
(3) 2차 조정선부와 요동부

요동캠에 의해 작동되는 2차 조정선부는 그림 5에서처럼 일정한 크기의 구멍이 균일하게 배열된 타공판을 가진 경사스크린으로서 1차 조정선부의 하단에 구성되어 있다. 모터에서 요동장치에 동력이 전달되면 1차 조정선에서 미분리된 원물은 2차 조정선장치인 요동식 경사스크린이 전후로 요동하면서 정선된다. 경사조절은 경사스크린 중앙하단에 힌지와 부축을 설치하여 경사각 조절이 가능하도록 하였다. 경사스크린은 고정프레임과 경사스크린 프레임에 판스프링을 등 간격으로 설치하여 요동시 발생하는 충격과 진동 등을 완화 흡수하여 정선율을 높이도록 하였다. 2차 정선요동체 타공망의 구멍 크기는 지름 3 mm로 설계하였으며 정선체는 교환이 가능하도록 하였다.

2) 정선기 개발

가) 정선 시스템의 설계 및 제작

조정선기에 의해서 정선된 유채종자는 품질유지 및 장기보관을 위해 건조기에서 함수율 10% 이하가 될 때까지 건조를 하게 된다. 그러나 조정선기와 건조기를 통과한 유채종자에는 유채종자뿐만 아니라 미세한 잔돌이나 이물질이 여전히 존재해 있다. 따라서 이러한 이물질을 효과적으로 선별하기 위한 유채종자 정선기를 그림 6과 같이 개발하였다. 정선기는



(a) Perforated plate (b) Shaking mechanism

Fig. 5 The structure of shaking screen for the 2nd precleaning.

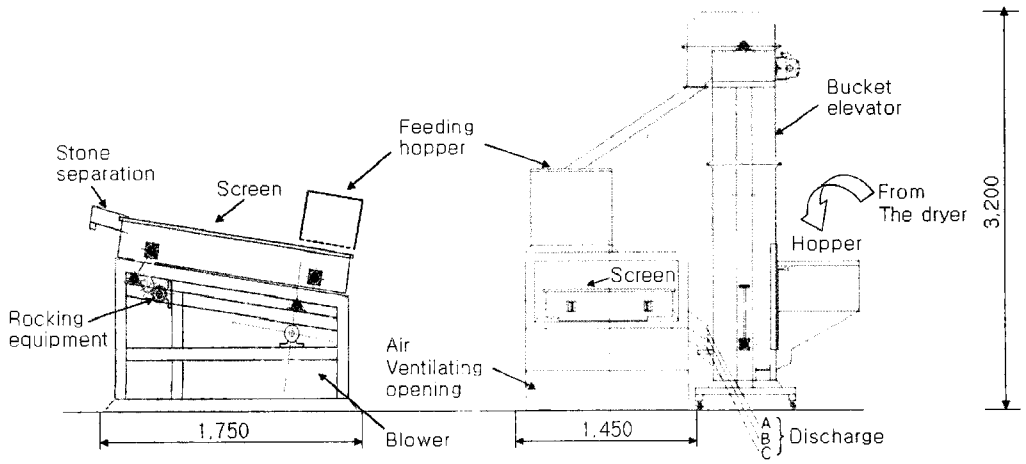


Fig. 6 The Schematic diagram of the cleaner for rapeseed (unit : mm).

요동식과 비중선별을 이용한 조합방식으로 공급 버킷엘리베이터, 공급탱크, 요동경사판, 요동장치, 송풍장치, 배출장치로 구성되어 있다. 경사판은 일정한 간격으로 된 판스프링으로 본체에 고정하고, 경사스크린에서는 정선과 석발이 동시에 선별될 수 있도록 설계를 하였다. 시작기의 사진과 제원은 그림 7과 표 2에 각각 나타내었다.

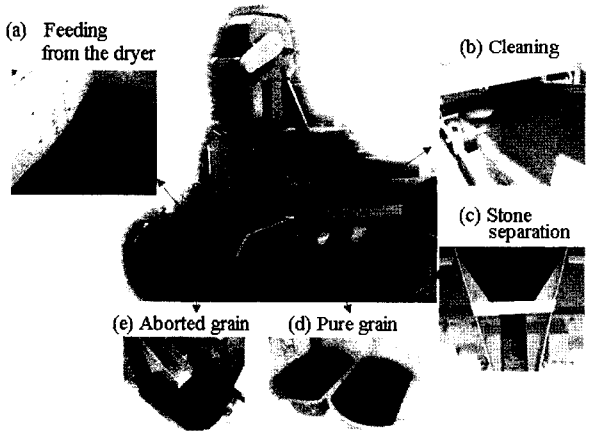


Fig. 7 The prototype of the cleaner for rapeseed.

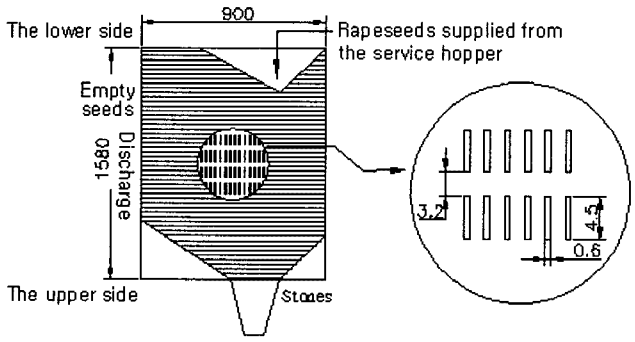
나) 유채종자 정선체 설계와 비중 및 마찰선별

타공한 정선체의 절곡은 비중에 따라 유채 및 잔돌들을 분리하기 위한 장치로서 정선 성능은 타공크기, 요동수, 경사각, 절곡각도에 영향을 받는다. 그림 8(A)와 그림8(B)에서 보는 바와 같이 타공의 형태는 장방향 원형이고, 크기는 유채종자의 크기가 0.99 mm에서 2.64 mm 범위에 있는 점을 고려하여 가로 4.5 mm, 세로 0.6 mm로 제작하였다. 절곡각도는 수직선을 중심으로 각각 60°와 30°이고, 절곡간의 피치와 높이는 각각 13 mm와 4 mm로 설계하였다. 절곡 한쪽면의 길이는 타공의 장경인 4.5 mm, 반대편의 길이는 여기에 장방향 간격인 3.2 mm를 더한 8.7 mm로 설계하였다.

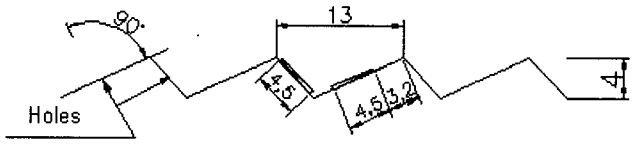
유채종자의 정선은 하부에서 불어넣는 풍속에 의해 3단계로 비중선별되고, 석발은 정선체가 요동되면서 돌멩이들이 절곡한 면을 따라 위쪽으로 이동하면서 분리된다. 그림 9와 같이 경사스크린의 경사각(α)은 Çahşlr의 유채종자 정마찰계수 식 (1)과 동마찰계수 식 (2)의 실험식을 이용하여 식 (3)(고학균 등, 1990)에 의해 설계를 하였다. 따라서 경사각은 설계결과에 따라 힌지 축을 중심으로 9~11도 범위에서 조절할 수 있게 여유를 두고 제작을 하였다. 종말속도는 곡물의 함수

Table 2 Specifications of the cleaner for rapeseed.

Item		Remark
Size (L×W×H, mm)		1,750×1,950×3,020
Feeding	Size (L×W×H, mm)	1,280×700×1,370
	Type	Bucket elevator operated by speed change motor
Cleaning	Size (L×W, mm)	1,575×910
	Screen shape and size	Banded screen with rectangular slits (4.5×0.6 mm)
	Type	Rocking type shaking sieve with air blast
	Tilt angle (°)	9~11
	Stroke of the shaking hanger (mm)	8
	Shaking power (ps)	3
	Air blast power (ps)	5
Discharging	Grades	3



(A) Structure of the cleaning sieve for rapeseed cleaner



(B) Design for the cleaning sieve

Fig. 8 Cleaning sieve for rapeseed cleaner (unit : mm).

율과도 밀접한 관계가 있기 때문에 함수율에 따른 종말속도는 Çahşlr의 실험식, 식 (4)를 사용하여 구했다(Çahşlr 등, 2005; Rusinek 등, 2007).

$$\mu_s = 0.2588 + 0.0038 M_c \quad (R^2 = 0.8145) \text{ (for the iron sheet)} \tag{1}$$

$$\mu_d = 0.2196 + 0.0030 M_c \quad (R^2 = 0.9147) \text{ (for the iron sheet)} \tag{2}$$

식에서, μ_s는 유채종자의 정마찰계수, μ_d는 유채종자의 동마찰계수, M_c는 건조 후 유채의 함수율이다.

$$\tan\alpha = \frac{\mu_d + \mu_{etc}}{2} \tag{3}$$

여기서, μ_d은 유채종자 및 마찰이 작은 물질의 정선체면과의 최소동마찰계수이고, μ_{etc}는 돌멩이 및 마찰이 큰 물질의 최대동마찰계수이다.

종말속도 V_t는 Çahşlr의 유채종자 종말속도 식에 의해 구하였다(Çahşlr 등, 2005).

$$V_t = 2.9733 + 0.0311 M_c \quad (R^2 = 0.944) \tag{4}$$

정선체 하단에서 불어넣는 풍속에 의한 손실율은 식 (5)와 같이 달시-웨이베치 마찰손실방정식(Darcy-Weisbach friction loss equation)을 사용하여 구하였다(고학균 등, 1990). 이 같은 손실율(h_f)은 불어넣는 풍속과 정선체 간의 마찰 때문에 발생하는 에너지 손실이다.

$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g} \text{ and } V = \frac{Q}{A},\ D = \frac{4A}{P} \tag{5}$$

여기서, h_f는 손실수두, f는 관마찰계수(friction factor), L은 관의 길이, D는 관의 지름, V는 유속, Q는 유량, P는 압력을 각각 나타낸다.

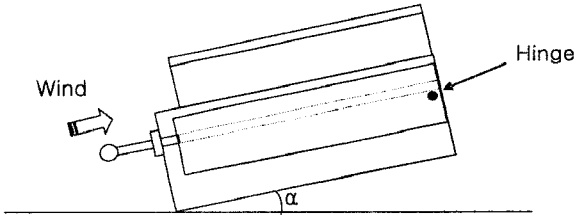


Fig. 9 Tilt angle of the cleaning sieve for rapeseed cleaner.

다. 실험방법

유채종자 조정선기와 정선기의 적정 정선 조건을 구명하기 위하여 유채종자의 크기분포, 함수율에 따른 동마찰계수, 동마찰계수 그리고 종말속도를 각각 구하였다. 이때 함수율은 바이오디젤 생산시 유채종자의 적정함수율로 알려져 있는 9%, 10%, 11%의 3수준으로 하여 실험을 하였다.

조정선기는 경사스크린의 요동수와 경사각에 따라 3회 반복 실험하여 시간당 처리량, 정선율, 손실율을 각각 구하였으며, 정선기는 경사판의 요동수를 고정시키고, 정선체의 경사각 변화에 따라 3회 반복 실험하여 시간당 처리량, 정선율, 손실율을 각각 구하였다. 정선기의 최적 경사각을 구명하기 위해 요동수를 475 cpm로 고정하고, 경사각을 9°, 10°, 11°로 변화시키면서 최적값을 구하였다. 요동수 선택 조건은 요동수 475 cpm 일 때 충분한 작업속도를 가지면서 소음이나 진동이 작업자와 정선작업에 무리한 부하를 주지 않은 경계조건인 것으로 사료되었기 때문이다. 그리고 정선체의 각 위치별로 풍속분포를 분석하기위해 정선체를 16등분하여 풍속을 측정하였으며 그 결과값은 정선체의 적정 작업 경사각을 구하는데 반영하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 유채의 물리적인 특성

유채종자 정선체 설계를 위해 유채종자의 직경을 조사한 결과는 그림 10에 나타내었다. 유채종자 1,000립을 무작위로 추출하여 그 크기를 측정하였으며, 그 분포비율은 1.50 mm 이하 8.7 %, 1.51~2.00 mm 75.0 %, 2.00 mm 이상 16.3 %로 각각 나타났다. 따라서 정선체의 구멍크기는 가장 작은 크기의 유채도 정선할 수 있도록 안전율을 고려하여 0.6 mm로 설계하였다. 송풍과 진동을 이용한 비중선별을 위해 정선체 구멍의 모양은 그림 8(A)처럼 직사각형으로 설계하여 유채종자에서 돌맹이와 검불을 각각 분리하였다.

그림 11은 식 (1)과 (2)를 이용하여 함수율에 따른 유채의 정마찰계수 및 동마찰계수와의 관계를 예측한 값으로 정선체의 경사각을 결정하는데 중요한 설계인자이다. 건조가 완료된 후, 함수율 증가에 따른 마찰계수의 변화는 비례관계를 가지는 것으로 알려져 있으며 이와 같은 결과는 Joshi(1993), Peker(1996) 그리고 Aydin(2002)의 연구 보고서에도 잘 나타나 있다. 함수율에 따른 마찰계수를 구한 후 유채와 돌멩이, 검불을 정선하기 위해 식 (3)을 이용하여 경사각을 예측하였다. 그 결과 예측된 경사각은 9°에서 11° 범위의 분포를 보였다.

유채종자의 종말속도는 그림 12에서처럼 함수율이 9%에서 11%로 변화하였을 때 비례적으로 2.9760 m/s에서 2.9767 m/s로 미세하게 변화하는 것으로 예측되었다. 이 같은 비례 관계는 Çarman(1996)의 렌즈콩과 Aydin(2002)의 개암을 이용한 종말속도 구명 연구와 동일한 결과이다.

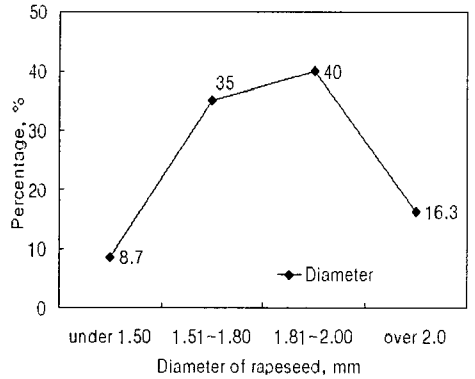


Fig. 10 The distribution of diameter for rapeseed measured at moisture content of 10%(d.b.).

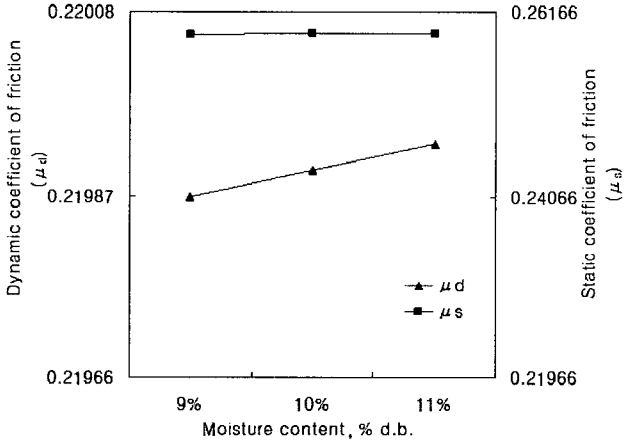


Fig. 11 Static(μ_s) and dynamic(μ_d) coefficient of friction according to the moisture content for rapeseed.

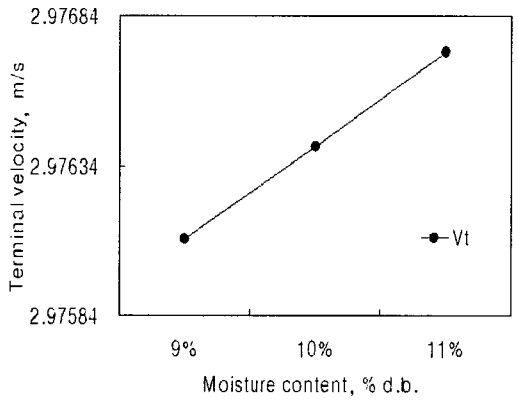


Fig. 12 Terminal velocity according to the moisture content for rapeseed.

나. 조정선기의 성능시험

조정선기의 적정 요동체 진동수와 경사각을 구명하기 위해 각각 3가지 수준으로 구분하여 시험을 실시하였다. 시험결과 표 3에서 보는 바와 같이 요동수 330 cpm(cycles per minute)에서 작업성능은 시간당 1,385 kg, 정선율 최고 90.4%로 다른 작업 조건에 비해 성능이 가장 낮았고, 식 (4)와 (5)를 이용하여 구한 손실율은 0.8%로 가장 높게 나타났다. 요동수 400 cpm에서는 시간당 작업성능이 다른 조건에 비해 좋은 것으로 나타났으나, 소음과 진동이 상대적으로 심하여 부적합한 것으로 판단되었다. 따라서 시간당 작업성능, 소음 그리고 정선율을 고려하면 요동수 370 cpm와, 경사각 5°에서 7° 범위가 가장 좋은 작업 조건이라고 판단된다. 이때 시간당 작업성능은 1,505 kg에서 2,015 kg, 조정선률은 90.9%에서 91.5% 수준으로 나타났다.

Table 3 Performances of the precleaning sieve by shaking frequencies and tilt angles

Screen		Processing capacity (kg/h)	Ratio of cleaning (%)	Ratio of foreign substances (%)	Ratio loss (%)	Remark	Moisture content (%)
Shaking frequencies (cpm)	Tilt angle (°)						
330	3	1,113	90.2	9.8	0.8	Much loss	30
	5	1,210	90.4	9.6			
	7	1,385	89.0	11.0			
370	3	1,247	90.6	9.4	0.5		
	5	1,505	91.5	8.5			
	7	2,015	90.9	9.1			
400	3	1,516	89.9	10.1	0.3	Much vibration and noise	
	5	2,002	90.5	9.5			
	7	2,335	89.8	10.2			

다. 정선기의 성능시험

1) 성능시험

요동수를 475 cpm로 고정하고, 경사각을 9°, 10°, 11°로 하여 최적 경사각 구명시험을 한 결과는 표 4와 같이 나타났다. 최적 작업조건과 성능은 경사각 10°에서 정선율 96.5%, 이물질률 3.5%, 손실율 0.2%, 시간당처리량 435.4 kg/hr으로 나타났다. 반면에 경사각이 9°로 낮아졌을 경우, 시간당처리량은 증가하였지만 상대적으로 정선율은 감소하고, 이물질률과 손실율은 증가하였다. 그리고 경사각을 11° 이상으로 높였을 경우, 시간당처리량과 정선율은 감소하였고, 이물질률과 손실율은 증가하여 가장 안 좋은 작업결과를 보였다. 따라서 건조 후 정선은 유채의 품질을 가장 우선으로 고려해야하기 때문에 유채정선기의 적정 작업조건은 요동수 475 cpm으로 선택

할 경우 정선체의 경사각을 10°로 설정해 주는 것이 가장 좋은 작업조건으로 사료된다.

Table 4 Performances of the cleaner by tilt angles

Screen		Processing capacity (kg/h)	Ratio of cleaning (%)	Ratio of foreign substances (%)	Ratio of loss (%)
Shaking frequencies (cpm)	Tilt angle (°)				
475	9	456.5	88.8	11.2	0.6
	10	435.4	96.5	3.5	0.2
	11	410.0	89.3	10.7	0.5

2) 정선체의 속도분포와 유채종자의 정선

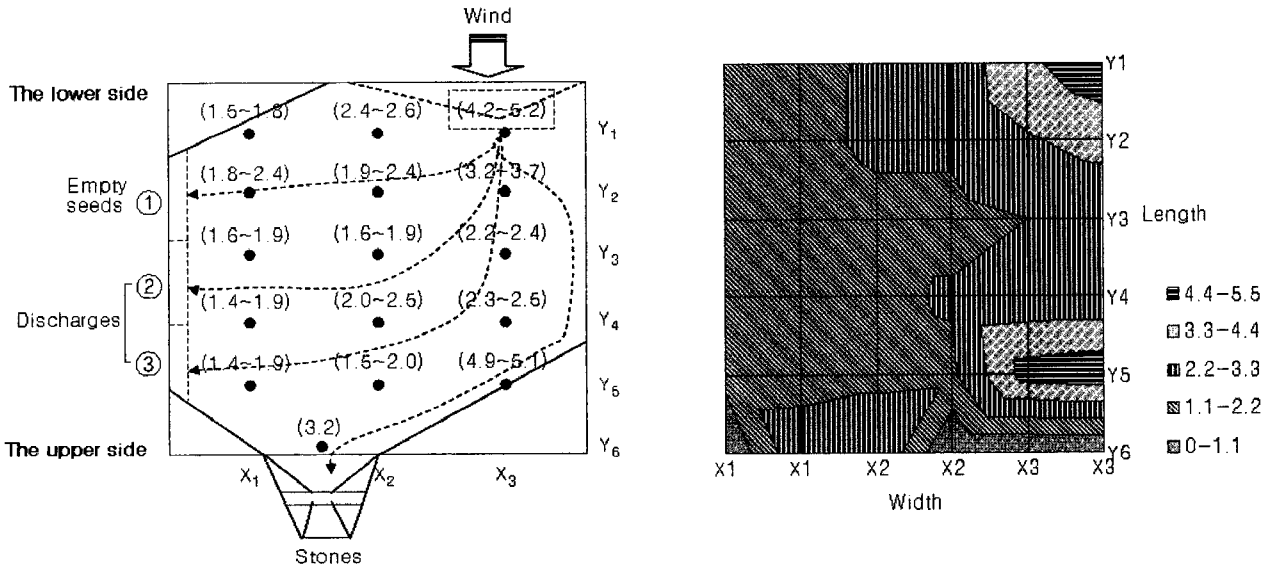
정선기의 정선체 하단부(the lower side)와 상단부(the upper side), 좌우의 속도분포를 살펴보기 위하여 정선체면의 속도분포를 시험한 결과를 그림 13에 나타내었다. 이때 정선체의 경사각은 10°로 고정되었다. 그림에서 보는 바와 같이 상단부로 갈수록 기류 속도가 빨라졌으며, 왼쪽 보다 오른쪽이 빠르게 나타났다. 이와 같은 상태에서 구동장치에 의하여 일정한 진동이 가해지자 유채종자나 검불 같이 비중이 작고 정선체 표면과 마찰이 작은 것은 하단부로 미끄러져 분리되고 돌맹이와 같이 비중이 크고 마찰이 큰 물질은 상단부로 올라가 벽면을 따라 이동하면서 배출되었다. 오른쪽의 기류 속도가 왼쪽 보다 빠른 것은 유채종자가 기류에 의하여 부력을 받아 속도가 낮은 쪽으로 배출되기 때문이다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 산물상태로 반입되는 바이오디젤용 유채종자에서 줄기, 깍지, 돌 등 이물질을 효율적으로 걸러낼 수 있는 조정선기와 정선기를 개발하였다. 조정선기는 투입탱크, 이송 컨베이어, 철망체인 컨베이어(1차 조정선장치), 요동식 경사스크린(2차 조정선장치) 및 제어반으로 구성되었다. 1차 조정선장치인 철망 컨베이어의 형상은 삼각형으로 크기는 5.5×5 mm에서 선별성능이 가장 우수하였고, 2차 정선체의 타공 크기는 원형으로 지름 3.0 mm에서 양호한 성능을 보였다. 조정선 성능은 요동수 370 cpm와, 경사각 5°에서 7° 범위에서 가장 좋은 작업조건을 가졌으며 이때 시간당 작업성능은 1,505 kg에서 2,015 kg, 조정선률은 90.9%에서 91.5% 수준으로 나타났다.

정선기의 구조는 공급장치, 타공 절곡경사스크린, 송풍장치, 요동장치 그리고 제어반으로 구성되어 있다. 정선기의 정선방법은 요동식 공기 비중선별 방식이고, 타공절곡 스크린의 형상은 장방향 원형이고 구멍의 크기는 0.6×4.5 mm, 절곡피치는 13 mm, 높이는 4 mm이다.

정선체면의 기류 속도분포는 하단부는 낮고 상단부는 높게 설계하여 비중이 낮은 유채종자는 하단부에서 분리되고 비중이 큰 유채종자는 상단부에서 분리되도록 하였다. 돌멩이와 같이 비중이 큰 것은 정선체 오른쪽 상단으로 올라가서 벽면을 따라 이동하다 배출되도록 설계하였다. 정선기 요동체의 적정 경사각은 유채종자의 품질을 가장 우선으로 고려하여 요동수 475 cpm, 경사각 10°에서 정선율 96.5%, 이물질률 3.5%, 손실율 0.2%, 처리량은 시간당 435.4 kg으로 나타났다.



(A) Gravity and friction sorting(( ): wind speed) (B) Wind speed distributions

Fig. 13 Analysis of wind speed distributions for the cleaning sieve (unit: m/s).

참 고 문 헌

1. Aydin, C. 2002. Physical properties of hazel nuts. Biosystems Engineering 47:321-326.
2. Çahşlr, S. 2005. Physical properties of rapeseed (Brassica napus oleifera L.). J. of Food Engineering 69:61-66.
3. Çarman, K. 1996. Some physical properties of lentil seeds. J. of Agricultural Engineering Research 63:87-92.
4. Joshi, D. C., S. K. Das and R. K. Mukherji. 1993. Physical properties of pumpkin seeds. J of Agricultural Engineering Research 54:219-229.
5. Marcos S. J., K. Géraldine, F. A. Luiz and M. N. André. 2007. EU and US policies on biofuels: potential impacts on developing countries. GMF-The German Marshall Fund of the United States.
6. Peker, A. 1996. The determination of some physical properties of corn kernel. Selcuk University-The J. of Agricultural Faculty 10(12):22-65.
7. Rusinek, R and M. Molenda. 2007. Static and kinetic friction of rapeseed. Res. Agr. Eng., 53(1):14-19.
8 고학균, 금동혁, 김만수, 노상하, 문성홍, 박경규, 장동일. 1990. 농산가공기계학. 향문사.
9. 배정환. 2006. 바이오연료의 보급전망과 사회적 비용/편익 분석. 산업자원부.
10. 이상호, 김충실, 박재화, 전순은. 2005. 바이오디젤 원료용 유채 생산을 위한 경제성분석 및 정책적 지원방안. 농림수산식품부.