

파란의 기계적 분리 시스템의 개발

Development of Mechanical Separation System

서일환* 김기대* 복진삼* 이승규*
정희원 정희원 정희원 정희원

I. H. Seo K. D. Kim J. S. Bok S. G. Lee

1. 서 론

최근 WTO출범으로 농산물과 축산물의 수입개방이 시작되었고, 축산물 중 계란은 수입개방에 대응할 수 있는 충분한 잠재력을 가지고 있는 축산물이다. 하지만 현재의 생산체계로는 생산비 면에서 경쟁력이 미약한 실정이며 농촌인구의 고령화와 인력의 이농현상으로 사람 구하기가 더욱 힘들게 됨으로 이를 해결하기 위해서는 계란 생산 자동화 설비 보급의 확대는 필수적이 되었다.

난각은 계란생산자동화로 계란 생산에서 포장에 이르는 과정중 계란에 가해지는 외부 충격량이 인력에 의한 선별, 포장 등 생산의 경우에 비해 증대되므로 계란에 발생하는 표면 크랙이 증가되고 있다. 표면에 크랙이 있는 계란을 포장 수송하는 경우, 유통과정에서 파손에 의한 동일 포장상품의 품질저하를 초래할 뿐만 아니라, 계란의 신선도를 크게 해치게 됨으로, 크랙의 조기발견은 자동집란과정에서 반드시 포함되어야 할 공정이다.

해외에서 도입한 최신시설의 계란선별기의 경우에는 대부분이 자동화가 이루어져 있지만 파란은 대부분 육안판별을 통한 선별로 노동력에 의존하고 있어 원가상승 및 경쟁력 약화의 원인이 되고 있다.

이 중에서 파란의 선별을 자동화 하기 위해서는 우선 파란을 검사하는 시스템이 개발되어야 하며, 다음 단계로 이를 분리하여야 하는데 본 연구에서는 파란과 정상란이 섞여있는 계란중에서 파란만을 분리하기 위한 파란 분리 시스템의 연구개발을 목적으로 하며 보다 구체적인 연구목적으로는 1)계란이 계란정렬이송컨베어상에서 파란분리컨베어로 이동하는 경로를 조사하고 2) 파란분리시스템을 설계 및 제작하며 3)파란분리시스템의 주요설계변수를 구명한다.

2. 계란의 구름특성 조사

2.1. 개 요

계란은 계란 형태가 한쪽은 뾰족(예단부)하고 다른 한쪽은 둥글기(둔단부) 때문에 계란이 평판상에서 구를 때 일정하지 않게 구르며 궤적의 크기도 계란마다 다른 특성이 있다. 계란의 이러한 특성으로 인하여, 계란이 구르는 중간에 파란을 선별하기 위해서는 계란이 어떠한 방향과 궤적으로 구르는지에 대한 기초 실험이 필요하였다.

* 충남대학교 농과대학 농업기계공학과

2.2. 계란의 구름특성 실험장치의 구성

2.2.1 계란 가이드

계란가이드는 계란정렬이송장치에서 계란 분리컨베어로 굴러 떨어질 때 계란에 충격이 적게 가해지고, 올바른 방향으로 떨어지게 하는 장치이다.

계란가이드는 몇가지를 제작하여 예비실험을 실시하였으며 예비실험결과 가장 안정적으로 계란을 계란정렬이송장치에서 분리컨베어로 이동시키는 계란 가이드를 본 실험에 이용하였으며 계란가이드의 외형치수는 및 특징은 다음과 같다.

계란 가이드의 폭은 70mm로 하였으며 앞쪽의 등근홈의 가장 깊은 곳의 높이를 15mm로 하였다. 계란가이드의 재질은 계란에 충격이 적게 가해지면서 굴러내려가도록 고무를 사용하였으며 제작된 계란가이드는 그림 1과 같다.

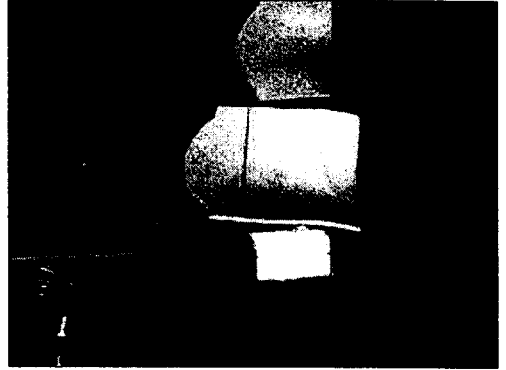


그림 1. Egg guide

2.2.2 비디오 녹화장치

계란이 계란정렬이송장치에서 분리컨베어로 이동을 하는 순간은 1초도 안되며, 이를 육안에 의하여 계란의 이동경로를 추정하기는 어렵다. 그러므로 계란의 구름방향을 조사하기 위하여 실험장치 상부에 카메라를 설치하여 비디오테이프에 녹화를 하였다.

카메라의 높이는 컨베어 바닥으로부터 60cm 상부에 설치하였고 카메라의 줌에 의하여 필요한 크기로 확대하여 녹화하였다.

비디오에 녹화된 대상물의 실제 크기는 대상물과 카메라와의 거리 및 재생시 TV의 크기에 따라서 다르므로 비디오녹화시 계란의 이동경로 및 거리, 크기 판별을 위하여 실험 시작전에 자를 이용하여 대상물과 함께 녹화하였다. 자의 높이는 컨베어 바닥으로부터 계란에 물리적인 작용이 가해질 계란의 평균 단경의 절반인 20mm 높이에 자를 놓고 녹화하였다. 그림 2는 VTR녹화장치의 한 예이다.

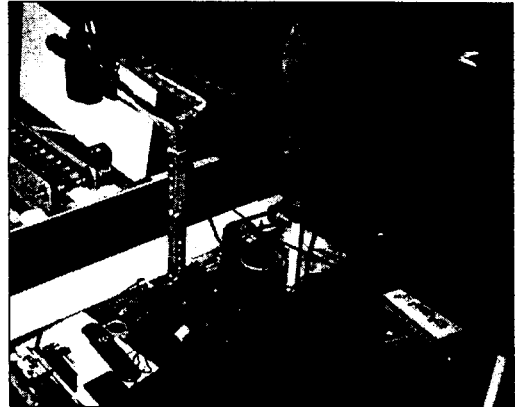


그림 2. Video recording system

2.3. 실험 재료

본 실험에 사용된 재료는 임의의 양계장에서 선별기에 의해 선별된 정상란을 사용하였다. 정상란은 계란의 무게를 등간격으로 나누어 60개의 계란을 실험재료로 선정하였다. 표 1은 실험용 계란의 기초물성이다.

Table 1. Physical characteristics of eggs used in this study

Items	Weight(g)	Length(mm)	Width(mm)
Average	65	62	39
Standard deviation	13	11	8
Max	73	68	42
Min	43	56	35

2.4. 실험 방법

파란 분리기는 계란이 이동을 하면서 분리를 하기 때문에 계란의 중량에 따라 관성력을 가지게 된다. 또한 파란 분리가 이루어질 컨베어의 속도와 계란 형상의 특이성으로 인하여 일정하지 않은 계란의 구름 특성이 발생하게 된다.

그러므로 파란분리기의 속도에 따라 분리능력이 다르므로 계란정렬이송장치의 속도는 1단계, 계란분리컨베어의 속도는 2단계로 하여 실험하였으며 구체적인 속도는 표 2와 같다.

Table 2. Speed used to egg transfer system and cracked eggs separation conveyer

Speed	
Egg transfer system(1 line)	Egg separation conveyer
2,000 egg/hr	0 mm/s
2,000 egg/hr	240 mm/s

2.5. 실험 분석 방법

실험으로 녹화된 비디오 테이프를 재생하여 계란의 이동 경로를 분석하였다. VTR은 삼성의 SV-A170 조그셔틀 VTR을 이용하였으며 VTR을 TV와 연결하였다.

계란경로의 분석은 두가지로 나누어 이루어졌다.

첫 번째, 계란이 계란가이드로부터 60mm떨어진 부분에 그은 선과 접촉하는 위치를 측정하였다. 계란선별은 계란가이드로부터 60mm 떨어진 곳에서 이루어지므로 이부분에서의 접촉위치는 파란선별시 계란의 진행을 방해하기 위해 분리대를 설치할 적정위치를 알기 위한 목적으로 실험한다.

두 번째는 계란가이드로부터 60mm 떨어진 부분에 그은 선을 계란의 예단부와 둔단부가 통과하는 좌우의 폭을 측정하였다. 본 실험은 계란이 파란분리대에 걸리지 않고 통과하여 다음의 컨베어로 넘어갈 수 있는 파란분리대의 폭을 결정하는 실험이 된다.

2.6. 계란의 구름특성 조사결과

정상란의 구름을 비디오 촬영에 의해 컨베어 벨트상의 60mm 위치를 접촉하는 위치를 분석한 결과는 표 3과 같으며 컨베어 벨트상의 60mm를 통과하는 계란의 폭은 표 4와 같이 조사 되었다.

Table 3. 60mm contact position of eggs on each conveyer (unit : mm)

Speed		Kind of conveyer belt	Direction of point end					
			Same direction with moving direction of separation conveyer			Opposite direction with moving direction of separation conveyer		
Egg transfer conveyer	Egg separation conveyer		Nylon cloth	Rubber Plate	Rubber Band	Nylon cloth	Rubber Plate	Rubber Band
2,000 egg/h	0 mm/s	Average	-8.8	-6.3	-9.0	0.64	7.3	7.7
		Standard deviation	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03
		Max	-2.0	0.0	-6.0	1.40	12.0	11.0
		Min	-16.0	-14.0	-17.0	0.10	0.0	-3.0
	240 mm/s	Average	-11.3	-15.5	-16.8	0.7	0.3	-0.3
		Standard deviation	0.05	0.05	0.06	0.06	0.05	0.04
		Max	3.0	-5.0	-6.0	10.0	8.0	5.0
		Min	-20.0	-21.0	-30.0	-15.0	-8.0	-4.0

Table 4. 60mm passing width of egg by each conveyer (unit : mm)

Speed		Kind of conveyer belt	Direction of point end					
			Same direction with moving direction of separation conveyer			Opposite direction with moving direction of separation conveyer		
Egg transfer conveyer	Egg separation conveyer		Nylon cloth	Rubber Plate	Rubber Band	Nylon cloth	Rubber Plate	Rubber Band
2,000 egg/h	0 mm/s	Left Max	-50.0	-60.0	-55.0	-28.0	-29.0	-33.0
		Right Max	22.0	29.0	31.0	46.0	50.0	53.0
		Passing width	72.0	89.0	86.0	74.0	79.0	86.0
	240 mm/s	Left Max	-60.0	-63.0	-76.0	-43.0	-32.0	-44.0
		Right Max	23.0	19.0	20.0	32.0	38.0	33.0
		Passing width	83.0	82.0	96.0	75.0	70.0	77.0

3. 파란분리시스템의 개발

3.1. 파란분리시스템의 원리 및 구성

파란분리시스템은 계란정렬이송컨베어에 의해 이송되어온 계란을 파란분리컨베어 상에서 분리장치에 의해 분리가 이루어 지도록 하였다.

계란정렬이송컨베어와 계란분리컨베어는 변속 모터(VS Motor)에 의해 속도가 제어되고 파란분리장치는 컴퓨터와 IO Card, 릴레이 및 솔레노이드에 의해 동작하도록 하였다. 파란분리장치의 전체적인 작동원리는 그림 3과 같다.

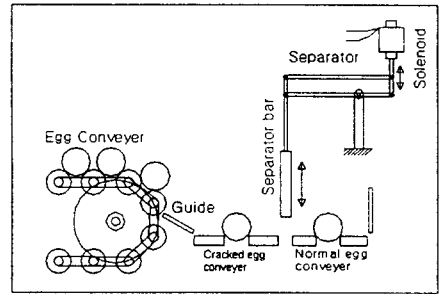
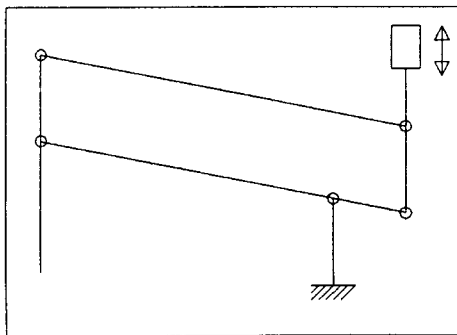


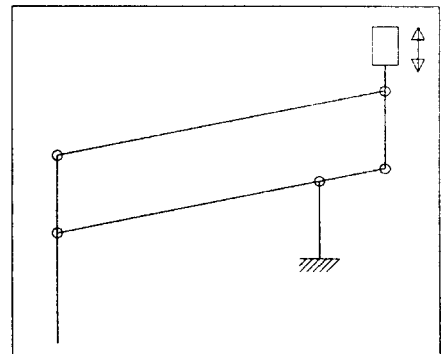
그림 3. Consist of cracked eggs separation system

3.2. 파란분리장치부의 원리

파란분리장치부의 분리대의 수직상하운동을 하기 위해서 4절링크를 이용하였으며 솔레노이드의 작은 움직임을 확대 하기 위하여 4절 링크 하단에 힌지 및 기대를 설치하여 1:4의 비율로 동작을 확대하도록 설계하였다. 그림 4는 파란분리장치부의 동작원리이다.



a) Before action



b) After action

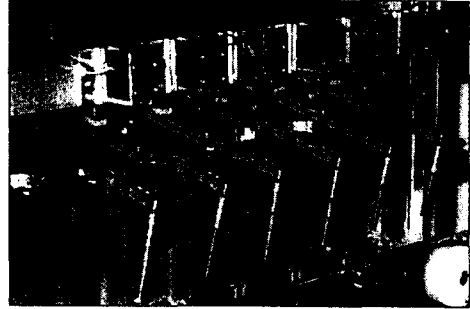
Fig. 4. Action schematic diagram of cracked eggs separation system

3.3. 파란분리장치부의 제작

파란분리장치부의 동작은 솔레노이드 구동을 이용하였으며, 솔레노이드는 파란분리장치부

상부에 설치하여 솔레노이드가 동작하면 분리대가 하부로 이동하여 계란이 분리대에 걸리도록 하였다. 그림 5는 제작된 파란분리장치부 전면부와 후면부이다.

파란분리장치부 뒷 부분에는 균형추를 부착하여 솔레노이드에 전원이 입력되지 않았을 경우는 파란분리장치부의 분리대가 상부로 올라 오도록 하였다.



a) Front view
b) Rear view
Fig. 5. Cracked eggs separation unit of solenoid drive type

3.4 파란분리시스템의 제작

본 시스템은 시간당 만2천란 선별을 위하여 설계 및 제작 되었으며, 파란분리장치부는 적정 고정위치를 실험으로 결정하기 위하여 좌우로 이동할 수 있도록 제작하였다.

그림 6은 파란분리장치부가 설치된 파란분리시스템의 전체적인 실례이며, 그림 7은 파란분리시스템의 동작순서의 예이다.

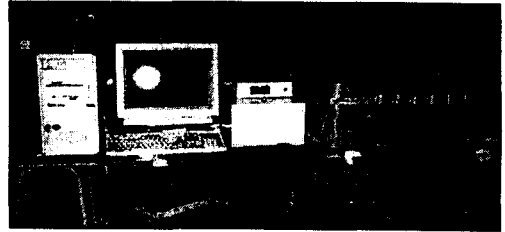


Fig. 6. Cracked eggs separation system

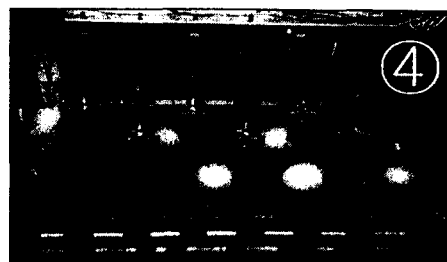
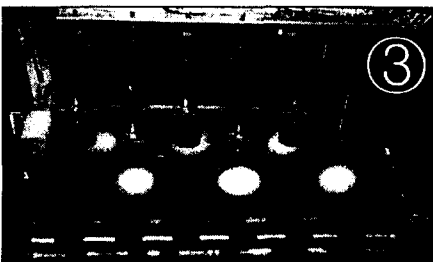
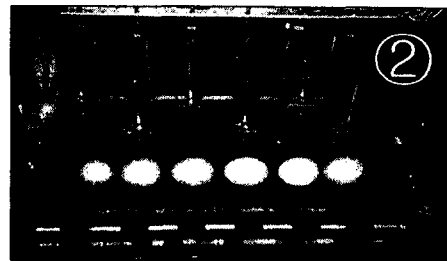
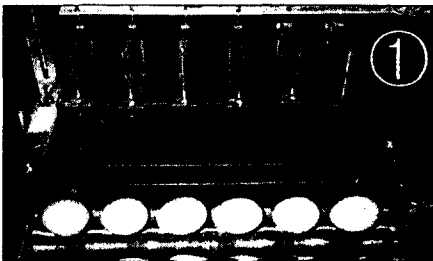


Fig. 7. Photograph of cracked eggs separation system operation

3.5 파란분리시스템의 제어부

제어 시스템은 외부입력 1채널 및 솔레노이드 출력 6채널, 모터 ON/OFF를 위한 출력 1

채널로 이루어졌다. 컴퓨터에 사용된 IO Card는 ICP_DAS사의 P8R8DIO를 사용 하였으며 5 - 36V까지의 입출력 전원에 의해 릴레이가 동작되도록 되어있다. 그림 8은 파란분리 제어 시스템의 개략도이다. 또한 파란분리시스템의 모든 제어는 MS-Basic 7.0을 사용하여 개발된 프로그램을 사용하였으며 그림 9는 제어 프로그램의 순서도이다

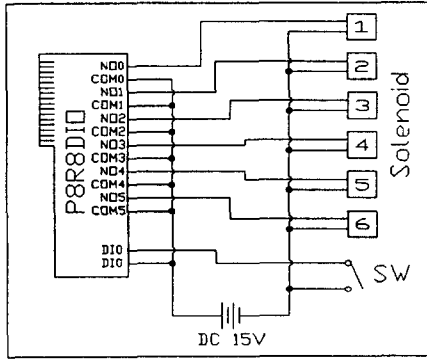


Fig. 8. Circuit diagram of cracked eggs separation system

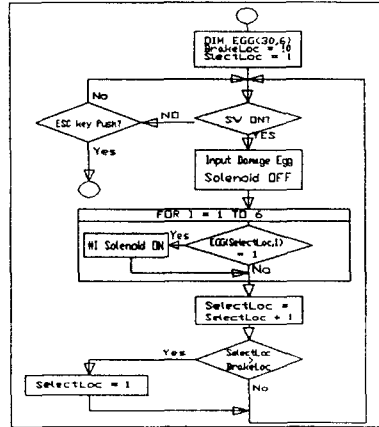


Fig. 9. Flow chart of control program

3.6. 최적 동작 변수

제작된 파란분리시스템이 동작하기 위한 최적은 조건을 갖추기 위해서는 그림 10과 같이 파란분리시스템의 변수를 결정하여야한다. 변수는 파란분리장치부의 고정위치(a), 파란분리장치부의 분리대 상하 이동거리(b), 파란분리대의 폭(c), 예단부의 방향, 파란분리컨베어의 기울기(α)를 결정하여야 한다.

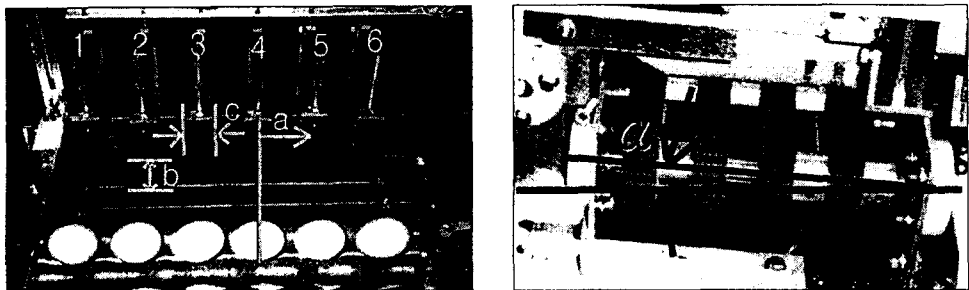


Fig. 10. Major factor of design

3.7. 파란분리시스템의 변수결정 및 분리성능 결과

제작된 파란 선별장치 성능실험을 위하여 제어프로그램은 파란을 임의적으로 난수로 발행시켰으며 파란과 정상란의 비율은 각각 50%로 하였다. 컨베어의 이송속도는 시간당 1만 2천란으로 하였으며, 파란분리장치부는 6개를 사용하였고 계란은 계란정렬이송컨베어 상에 120개를 놓고 동시에 실험을 실시하였다. 실험결과 파란분리시스템의 최적조건 변수는 표 5와 같다.

최적조건 주요변수의 값으로 파란분리시스템을 설정한 후 파란분리실험결과 성공률은 99.17%로 99%이상의 파란분리 성공률을 나타내었다.

Table 5. Results of major design factor

Major factor of design	R e s u l t
The Position of cracked eggs separation unit(a)	0mm
The moving distance of cracked eggs separation bar(b)	60mm
Width for cracked eggs separation bar(c)	30mm
Path of end point of eggs	Opposite direction with moving direction of separation conveyer
Inclination of cracked eggs separation conveyer(α)	1°

4. 결 론

현재 국내의 양계장에 보급되고 있는 계란선별기들은 계란의 세척, 건조, 중량선별 및 포장의 과정이 자동화되어 있고 실용화가 이루어졌다. 하지만 파란의 선별은 인력에 의해 악조건 하에서 이루어지고 있으며 이부분에 대한 자동화는 아직 국내뿐만 아니라 해외에서도 아직 개발이 않된 부분이다. 파란선별의 자동화는 작업자에게 작업능률을 올릴 수 있으며 상품의 품질 및 가격경쟁력을 키울수 있을 것이다.

따라서 파란선별시스템의 개발은 필수적이며 본 연구에서는 파란을 정상란과 섞여 있는 계란중에서 분리하는 파란분리시스템을 개발 연구하는데 그 목적이 있다. 본 연구를 위하여 계란의 구르는 특성을 조사하여 그 기초자료를 파란선별시스템 제작에 사용하였다. 제작된 파란분리시스템의 주요설계변수를 결정하고 파란분리시스템의 성능실험을 통하여 주요설계변수를 구명하였다. 그 구체적인 결과는 다음과 같다.

1. 분리컨베어의 이송속도가 시간당 만2천란이고 계란의 예단부를 분리컨베어의 이동방향과 반대방향으로 놓고 실험한 경우 나일론, 고무판, 고무밴드 벨트 순으로 평균 0.7mm, 0.3mm, -0.3mm씩 분리컨베어가 이동하는 방향으로 계란이 굴러 이동하였다.
2. 파란분리시스템의 구동은 컴퓨터와 IO카드와 릴레이(relay)이 한 보드에 있는 P8R8DIO, 그리고 솔레노이드(solenoid)를 연결하여 컴퓨터의 프로그램의 구동에 의해 동작하도록 설계 및 제작 하였다.
3. 시스템 전체를 제어하는 프로그램은 MS-Basic 7.0 언어를 사용하여 개발하였다.
4. 본 파란분리시스템은 99%이상의 파란분리능력을 갖추고 있으며 실용성면에서는 일반 양계장에서 사용할 수 있는 장치로 판명되었다.

참고문헌

1. 朴玟用. 譯. 1990. 로보트工學. 大英社. : 1-24, 170-193.
2. 송진희. 1997. 세란·선별·자동포장기는 어떻게 선택할 것인가?. 월간 양계 2 : 74-77.
3. 月刊 自動化技術 編輯部. 1987. 메카트로닉스를 이용한 최첨단 제어용 모우터. 圖書出版성안당 : 13-39, 117-133.
4. Giametta, G. 1989. Electronic sorting on industrial tomato harvester. Land and Water Use, Dodd & Grace. : 1943-1951
5. Sandor, G. N. and A. G. Erdman. 1984. Advanced mechanism design : analysis and synthesis. Prentice-Hall, Inc.
6. Stadelman, W. J. and O. j. Cotterill. 1977. Egg science and technology. AVI Pub. Co. 29-64.
7. Wilson, C. E., J. P. Sadler. and W. J. Michels. 1983. Kinematics and dynamics of machinery. Harper & Row. 1-280.