

닭발 뼈 제거장치 개발에 관한 연구(2) - 뼈 제거장치 제작 및 성능시험 -

이정택¹ · 김태한^{1*}

¹경북대학교 생물산업기계공학과

Studies on Development of a Chicken Feet-bone Remover (II) - Manufacture of Chicken Feet-bone Remover -

Jeong Taeg Lee¹, Tae Han Kim^{1*}

¹Dept. of Bio-industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University, Daegu, Korea

(Received: June 23th, 2011; Revised: July 14th, 2011; Accepted: July 22th, 2011)

Abstract

Consumption of chicken feet has been increasing recently, thus it was necessary to produce good quality of bone less chicken feet. In the process of bone removal during chicken feet production, feeding, conveying, cutting and bone removing process takes about 90% of overall labor. Therefore, the development of a chicken feet-bone remover was necessary to reduce the cost of labor.

The main objective of this study was to make and test of chicken feet-bone remover.

The optimum vibration level of feeder was 8, and the optimum conveyor speed was 3.6 m/min. The feeding speed of feeder were 0.18 m/s, 0.13 m/s and 0.19 m/s for the weight ranges of chicken feet of >20 g, 20~30 g and 30 g< respectively.

The sensing success rates of chicken feet were 100%, 98% and 96% for the conveyor speeds of 3.0, 3.6 and 4.2 m/min respectively. The slips of chicken feet were 1.0 mm, 1.9 mm and 3.2 mm for conveyor speed of 0.8, 1.9 and 4.2 m/min respectively, with the average moisture content of 65% (w.b). The incision accuracy rates of the chicken leg were 46%, 95%, 97% for the size ranges of >15 mm, 15~18 mm, 18 mm< respectively with the velocity of cutting blade 3.9 m/s. The removal rates of the chicken feet bone were 98%, 96%, 88% for toes diameter >10 mm, 10~15 mm, 15 mm< respectively with the velocity of cutting blade 11.8 m/s.

Keywords : Chicken feet-bone remover, Bowl feeder, Conveyor, Cutting blade

1. 서론

닭고기의 영양소에 대한 인지도가 높아지면서 1인당 닭고기의 소비는 2004년부터 2007년까지 매년 평균 14%정도씩 증가하고 있다(Korea Agricultural Machinery Industry Cooperative, 2010).

현재 유통되어지는 닭발은 닭발의 잔발을 제거한 후 닭다리 근육을 절개하여 닭다리 뼈를 추출하는 작업이 이루어지고, 그 후 닭의 발가락부분의 잔뼈들을 제거하게 된다. 따라서 닭발 뼈 제거장치는 닭발 공급장치, 닭발 투입방향 감지장치, 닭발 투입방향 전환장치, 이송장치, 닭발의 잔발 절단장치, 닭다리 근육 절개장치, 닭다리 뼈 제거장치, 닭발 뼈 제거장치, 각 공정으로의 닭발 이송을 위한 닭발 파지장치(clamp)의 개발이 요구된다.

본 연구에서 공급 장치는 보울피더를 이용하였으며, 보울

*Corresponding author: Tae Han Kim
Tel: +82-53-950-5793; Fax: +82-53-950-6780
E-mail: thakim@knu.ac.kr

피더의 농업 분야 이용에 관한 연구로서 고추꼭지 제거를 위한 고추 정렬장치(Chun et al., 2000), 고추 선별기의 고추 공급장치(Cho et al., 2003), 공정육묘장의 정밀파종을 위한 종자 배종 장치(Kim et al., 2004), 현미를 일렬로 정렬시켜 한 알씩 전진운동을 하도록 하기 위해 진동식 다채널 정렬공급장치(Kim and Noh, 2010) 등을 개발하는데 이용하였다.

본 연구는 닭발의 물성조사를 통해 얻은 결과를 바탕으로 닭발 뼈 제거장치를 제작하고 성능을 평가하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

본 연구에 사용된 닭발은 생육기간이 9주에서 12주 사이의 닭을 도계장에서 도축하여 세척한 것이다.

나. 시작기 제작

1) 공급 장치

공급장치는 닭발의 공급상태에 영향을 주는 물성요소인 닭발의 무게, 길이, 크기, 함수율 등을 고려하여 진동가속도, 보울피더의 경사각, 보울의 크기 등을 설계·제작하였다. 진동식 공급장치의 작동원리는 맥류 전류를 이용한 전자 진동과 팬스프링의 반발력을 활용하여 공급시료에 전진운동을 가하여 공급하게 된다. 닭발은 일반 산업용 부품의 무게에 비해 무거워 전과구동방식 보다는 전원 주파수가 60 Hz인 경우에 3,600 cpm의 진동수를 가지는 반과구동방식을 선택하였으며, 닭발의 길이와 무게를 감안하여 직경 700 mm의 보울형 피더를 제작하였다.

그림 1은 본 연구에서 사용한 자동정렬 공급 장치의 모습을 나타낸 것이다. 공급 장치부의 보울 트랙 각도는 7°이고, 보울 진동부는 고정부분과 가동부분으로 나누어지며, 고정부와 가동부 사이는 팬스프링으로 연결하였다. 본 연구에 사용된 보울피더는 5개의 팬스프링을 15° 각도로 등 간격 배치하였다. 또한 바닥 부분은 중앙부가 볼록하게 되도록 제작하여, 가동 시 진동에 의해 중앙부에 위치한 닭발이 가장자리로 이동된 후 트랙을 따라 이송되어지게 하였다. 보울 피더는 원주방향의 힘과 상하방향의 힘이 합성되어져 진동이 발생되며, 이에 따라 닭발이 자동으로 공급되도록 되어있다.

닭발 공급장치는 진동에 의해 닭발을 자동으로 공급하는 장치이므로, 진동이 타 공정의 장치로 전달되는 것을 방지하기 위해 진동부인 상부와 공급장치의 지지부인 하부로 분리 제작하였으며, 두께 100 mm의 방진고무를 상·하부 사이에 삽입하여 상부의 진동이 하부로 전달되는 것을 최소화 하였다.

또한 닭발의 형상적인 특성상 닭발의 발바닥부분이 아래쪽으로 향하는 경우와 발바닥부분이 위쪽을 향한 상태로 이송

되어지는 경우와 닭발의 진행 방향이 발목부분으로의 이송과 발가락 부분으로의 이송에 따라 닭발의 투입방향을 일원화하기 위해 자동정렬 공급 장치에 닭발의 발부분이 걸려서 다시 아래쪽으로 떨어져 발목부분으로 투입될 수 있도록 이송 트랙의 일부를 절개하여 닭발 걸름장치를 제작하였다. 또한 닭발 이송경로는 U자형으로 굴곡을 만들어 발목부분으로 이송되어진 닭발이 경로를 이탈하지 않도록 하였다.

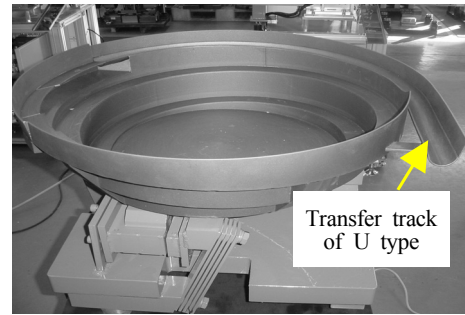


Fig. 1 Bowl type feeder.

자동정렬 공급 장치를 통해 공급된 닭발이 1차 이송 컨베이어의 작업상태에 따라 공급 및 공급정지의 필요성을 감안하여 자동정렬 공급 장치부에 스톱퍼를 설치하여 이송컨베이어로의 닭발 공급을 일시 중단할 수 있도록 하였다. 닭발의 발가락부 폭이 평균 56 mm정도인 것을 감안하여 닭발 이동트랙의 폭을 55 mm로 하였다. 또한 이동트랙 중간부에 닭발의 투입방향을 기계적으로 제어할 수 있는 걸름장치를 설치하여 닭발의 발가락부위가 먼저 투입될 경우에는 이동트랙에서 이탈될 수 있도록 하였다. 이 1차 걸름장치를 통과한 닭발은 1차 컨베이어내의 감지장치에 의해 감지되어 투입방향 전환 장치로 방향이 전환되게 된다. 닭발의 투입방향 걸름장치(rejection unit)의 모습은 그림 2에 나타내었다.

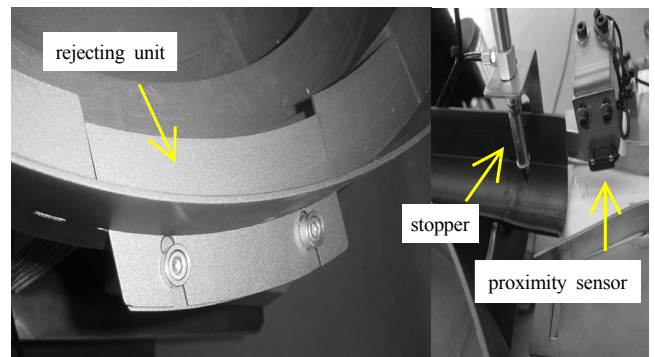


Fig. 2 Rejecting unit due to the feeding direction of chicken feet.

또 닭발 공급 후 작업 진행 상태에 따라 공급장치로부터 닭발의 배출을 정지시키기 위한 닭발 정지용 스톱퍼를 설치

하였다. 스톱퍼는 행정 10 mm의 공압실린더(ACP-B10-S10, KCC사, Korea)를 이용하여 닭발의 공급을 일시 정지시킬 수 있도록 하였다. 스톱퍼의 작동은 다음 공정의 이송장치에 설치한 닭발 유무검출 센서의 유무감지 여부에 따라 닭발이 있으면 스톱퍼가 하강하여 닭발의 이송을 정지시키고, 닭발이 없으면 스톱퍼가 상승하여 닭발이 이송될 수 있도록 하였다. 표 1은 자동정렬 공급 장치의 제원을 나타낸 것이다.

Table 1 Specifications of a bowl feeder used in the system for supplying chicken feet

Item	Specification
Method	Complete wave vibration
Apparent power (A)	5.5
Frequency (Hz)	60 / 3,600 cpm
Max bowl diameter (mm)	700
Conveying direction	Right, clockwise
Bowl height (mm)	800
Track angle (°)	7
Spring plate number	5
Spring plate angle (°)	15

2) 이송 장치

공급 장치에 의해 공급되어진 닭발은 발목부가 진행방향(정방향)으로 공급되는 경우와 발가락부분이 진행방향(역방향)으로 공급되는 경우로 나누어지게 된다. 닭발 빼 제거시스템은 정방향으로 공급되어지는 것을 기준으로 제작하였으므로 이를 위해서 닭발의 투입방향을 감지하여 역방향 투입의 경우 방향을 전환시켜 정방향으로 공급 할 수 있도록 닭발의 투입방향 감지장치를 부착하였다. 닭발의 투입방향 감지를 위해 사용한 근접센서(E3T-SL11, OMRON, Korea)의 형상과 성능 및 제원은 표 2와 같다. 표에서와 같이 감지거리는 5~15 mm이고, 응답시간은 최대 1 ms인 한정 반사형 근접 센서이다.

Table 2 Specification of the sensor

Item	Specification
Model	Limited reflective
View type	Side-view
Sensing distance (mm)	5-15 (50×50 white paper)
Operating mode	Light-ON / NPN
Light source	Red LED (λ=670 nm)
Response time	1ms max, each for operation and release
Power supply voltage	12 to 24 VDC ±10%
Differential travel (mm)	2 max
Current consumption (mA)	20 max

그림 3은 닭발의 투입방향 감지부의 모습을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 닭발의 투입방향이 정방향과 역방향에 대한 구분은 닭발의 형상적인 특성을 이용, 이송컨베이어 상에 2개의 블록을 설치하였다. 닭발 발목부의 최대 직경이 약 21 mm인 것을 감안하여 근접시 두 블록 사이의 간격을 25 mm로 설정하였다. 닭발의 투입방향 감지를 위한 블록의 이동은 행정 50 mm의 공압실린더(ADRM16-50-W1H, TPC, Korea)와 행정 25 mm의 공압실린더(TGQL16-25, TPC, Korea)를 좌우로 사용하였다.

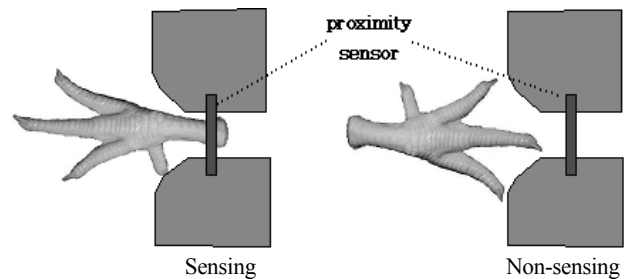


Fig. 3 Sensing the feed direction with a proximity sensor.

닭발이 투입되면 공압실린더에 의해 2개의 블록간격이 좁혀지면서 닭발이 발목부분으로 투입 되면 블록 끝단 부분에 장착된 닭발 투입방향 감지센서가 감지하여 닭발이 정방향으로 투입되고 있음을 확인하게 되고, 반대로 닭발이 발가락부분부터 투입되면 발가락부분이 블록에 걸려서 닭발 투입 방향 감지센서가 감지하지 못하게 된다. 이때 닭발 투입방향 감지센서는 닭발을 감지하지 못하여, 역방향 투입으로 감지, 이송컨베이어를 멈추고 닭발 투입방향 전환을 위한 방향전환 장치를 하강시켜 닭발의 방향을 전환시킨 후 이송컨베이어를 구동시켜 2차 이송장치로 이송되게 된다. 닭발의 정방향 투입과 역방향 투입 감지를 위한 장치는 그림 4와 같다.

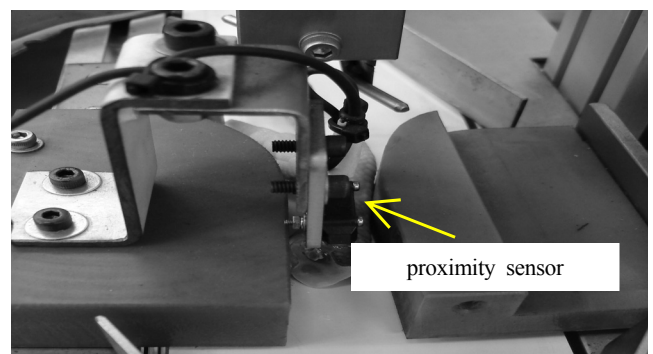


Fig. 4 Proximity sensor unit checking feed direction of a chicken foot.

투입방향 감지장치에 의해 역방향으로 감지된 닭발을 정방

향으로 전환하기 위해 닭발을 180° 회전시켜 방향을 전환하는 장치를 설계·제작하였다. 그림 5는 닭발의 투입방향 전환장치를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 투입방향 전환장치는 닭발의 다리부를 파지하는 파지장치와 파지된 닭발을 회전시키는 회전장치로 구성하였다. 닭발 다리부 파지장치의 폭은 다리부의 최대 직경이 약 21 mm인 것을 감안하여 22 mm로 하여 설계 제작하였다. 닭발 파지장치의 상하운동을 위해 행정 25 mm의 공압실린더(NDMD25-25D, TPC, Korea)를 이용하였으며, 회전장치는 180°의 회전각을 가지는 공압실린더(CDRQ2BS30-180C, SMC, Korea)를 이용하여 닭발의 투입방향을 전환토록 하였다.

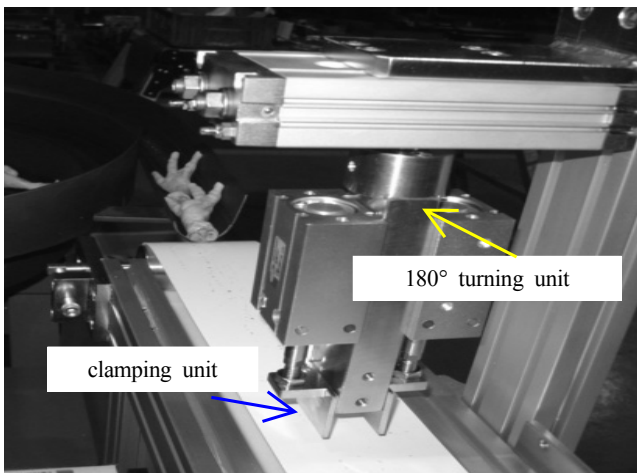


Fig. 5 180° turning unit of a chicken foot.

투입방향 전환장치에 의해 정방향으로 투입된 닭발을 컨베이어로 이송하기 위한 장치로서 컨베이어의 선단에서 닭발의 다리부분을 파지하여 잔발 제거장치로 옮길 수 있도록 설계 제작하였다. 그림 6은 닭발의 pick-up 장치를 나타낸 것이다. 그림 6에서와 같이 pick-up 장치는 닭발의 다리부분을 파지하는 파지장치와 이송 실린더로 구성하였다. 닭발 파지 장치는 닭발의 다리부분 직경의 평균이 약 12 mm인 것을 감안하여, 파지부의 안쪽 반경을 17 mm로 하였으며, 파지부는 행정

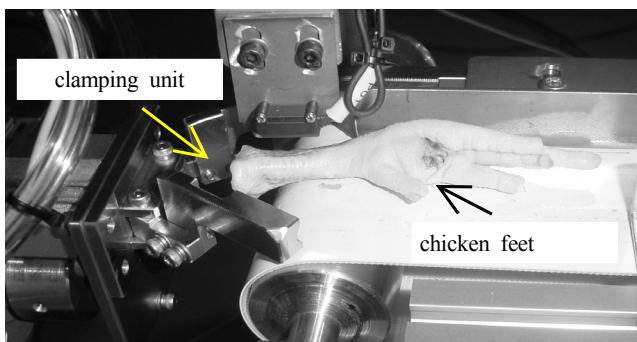


Fig. 6 The pick-up unit of a chicken foot.

5 mm의 공압실린더(TCDQ2B20-5DC, TPC, Korea)를 이용하였고, 파지는 공압실린더와 힌지부에 의한 상대운동에 의해 닭발을 파지토록 설계 제작하였다. 또한, 닭발의 이송부는 행정 250 mm의 공압실린더(TCM2L20-250A, TPC, Korea)를 이용하였다.

닭발 이송에 사용한 장치는 폭 80 mm 길이 1,400 mm 고무제 평벨트 컨베이어를 이용하였다.

표 3은 이송 컨베이어의 제원을 나타낸 것이다.

Table 3 Specification of moving conveyor

Item	Conveyor
Length (mm)	1,400
Width (mm)	80
Motor type	Geared motor
Velocity (m/min)	2.4, 3.0, 3.6, 4.2, 4.8

3) 잔발 제거 장치

닭발의 잔발 제거장치는 잔발 절단장치와 잔발 절단시 닭발의 이탈을 방지하기 위해 닭다리를 파지하는 닭발 파지장치, 닭발을 절단장치로 보내기 위한 이송장치 및 작업대로 구성하였다.

그림 7은 닭발 파지장치와 닭발의 잔발 제거를 위한 절단장치, 그리고 잔발제거용 작업대와의 형상을 나타낸 것이다.

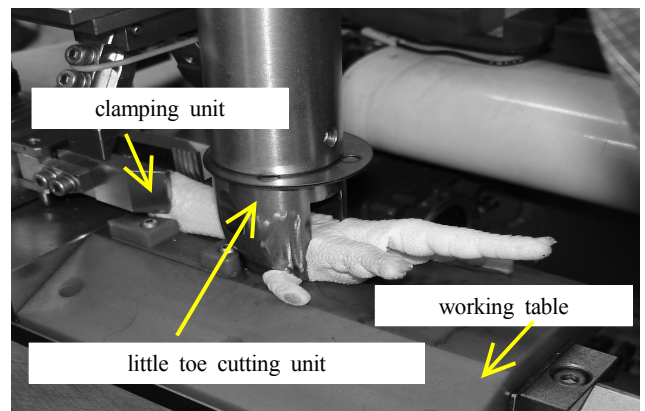


Fig. 7 Press cutting unit of little toe of a chicken foot.

잔발 절단장치의 절단부 형상은 닭발에서 잔발이 붙어있는 위치와 형상을 고려하여 관 하부에 반원형모양의 날을 좌우로 배치한 절단날을 장착하고 상하 이동을 위해 행정 80 mm의 공압실린더(TCDA2F50-80, TPC, Korea)를 이용하였다. 이때 잔발의 절단 위치는 그림 8과 같다.

4) 근육 절개장치

닭다리 근육 절개장치는 다리부분의 근육을 절개하여 다리

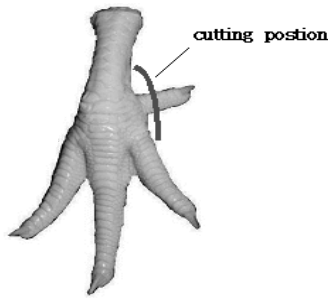


Fig. 8 Cutting position of little toe.

부분의 굵은 뼈를 돌출시키기 위한 전처리작업이다. 닭다리 근육 절개장치는 닭다리 고정장치, 근육 절개를 위한 회전날로 구성하였다. 그림 9는 다리뼈 근육 절개장치를 나타낸 것이다. 닭다리 고정장치는 닭발의 다리부 절개시 닭발의 이탈을 방지하기 위해 송곳 형상의 돌기가 부착된 블록을 이용하였으며, 닭발의 물성조사결과 닭발 다리부의 직경은 최소 6.1 mm, 최대 21.3 mm, 평균 12.5 mm 정도였으므로 이를 고려하여 행정 10 mm의 공압실린더(TGQL16-10, TPC, Korea)를 이용하여 닭발을 양쪽에서 가압하여 고정하도록 하였다. 절개장치는 지름 100 mm의 회전날을 사용하여 제작하였다.

절개용 회전날을 구동하기 위해 브러쉬리스형 DC모터(220 V, 80 W, 3000 rpm, Korea)를 이용하였다. 그림 9에서와 같이 고정장치에 의해 고정된 닭발이 회전하는 절개날을 통과하여 닭발의 다리 상부부분의 근육이 절개되도록 하였다.

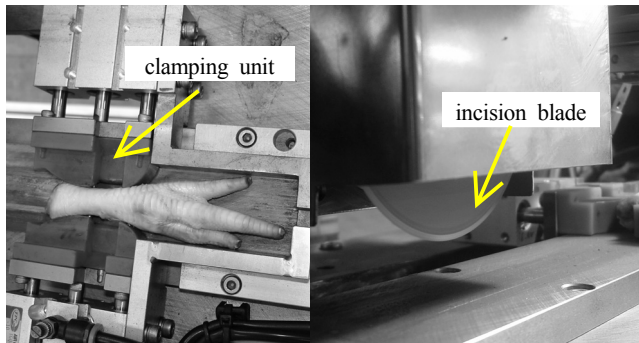


Fig. 9 The incision unit of a chicken foot.

5) 뼈 제거장치

다리뼈 근육 절개날에 의해 다리부의 근육이 절개된 후 이 송작업을 거쳐 닭다리의 뼈와 닭발의 발가락뼈를 제거하는 작업이 이루어지게 된다. 닭다리의 뼈 제거장치는 닭다리 뼈를 돌출시키기 위해 닭다리의 절개부위를 잡아주는 파지장치, 발가락 누름장치, 돌출된 뼈를 분리시키는 뼈 분리부와 닭발의 발가락뼈 제거를 위한 절단부로 구성하였다.

닭 다리뼈 근육 절개부 파지장치는 그림 10에서와 같이 다리뼈 근육이 절개된 닭발의 다리근육부위를 파지하도록 행정

5 mm의 공압실린더(TCDQ2B32-5DC, TPC, Korea)를 이용하여 돌기붙이 파지장치를 제작하였다. 또한 닭발 발가락 누름 장치는 그림 11에서와 같이 닭다리 뼈를 근육으로부터 분리시키기 위해 송곳 형상의 돌기가 부착된 누름장치를 제작하여 닭발의 발가락 부분을 누를 수 있도록 하였다. 이는 행정 20 mm의 공압실린더(TGQL20, TPC, Korea)를 이용하여 제작하였다. 또한 절개된 닭다리와 발가락 부분을 고정시킨 상태에서 다리 절개부 파지장치와 발가락 누름장치의 힌지부가 하강함에 따라 다리 절개부 사이를 통해 다리뼈가 돌출될 수 있도록 제작하였다. 또한 돌출된 다리뼈를 일으켜 세우기 위해 밀어 올림판을 제작하여 돌출된 다리뼈를 밀어 올려 근육으로부터 다리뼈가 분리되도록 하였다. 그림 12는 밀어올림판이 돌출된 닭다리 뼈를 일으켜 세우는 모습을 나타낸 것이다.

그 후 그림 13에서와 같이 지름 150 mm의 회전날을 브러쉬리스형 DC모터(220 V, 80 W, 3000 rpm, Korea)로 구동시켜 일으켜 세운 다리뼈를 제거함과 동시에 닭발가락의 뼈도 제거되도록 설계 제작하였다. 닭발 뼈 제거를 위한 제거날의 각도 선정을 위해 닭발의 크기와 형태에 따라 제거날의 형상을 설계 제작하여 사용하였으며, 닭발의 잔뼈부분과 근육부분의 분리를 위해 제거날의 두께를 최소화하였다.

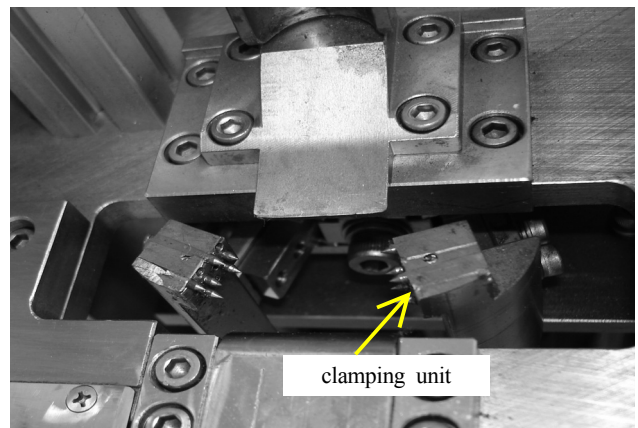


Fig. 10 Clamping unit of a chicken foot.

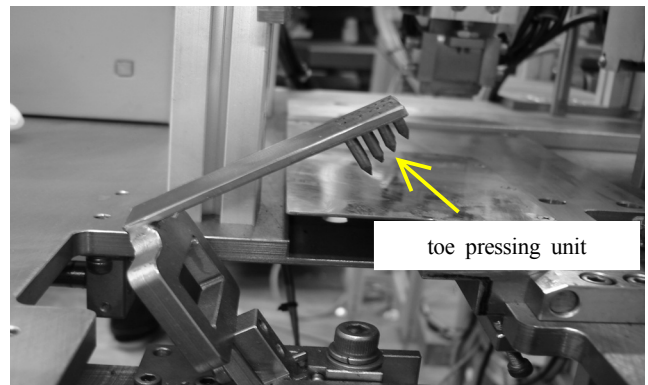


Fig. 11 Pressing toe unit of a chicken foot.

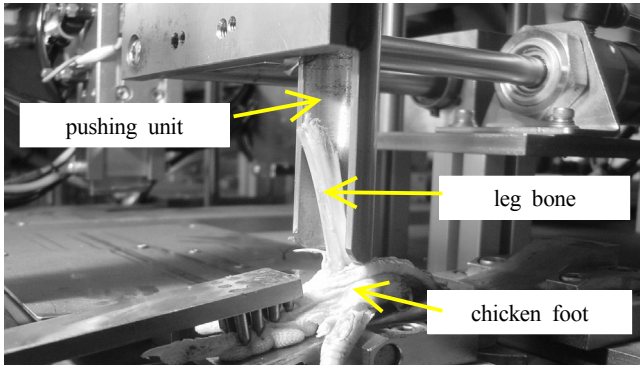


Fig. 12 Pushing unit of a chicken leg bone.

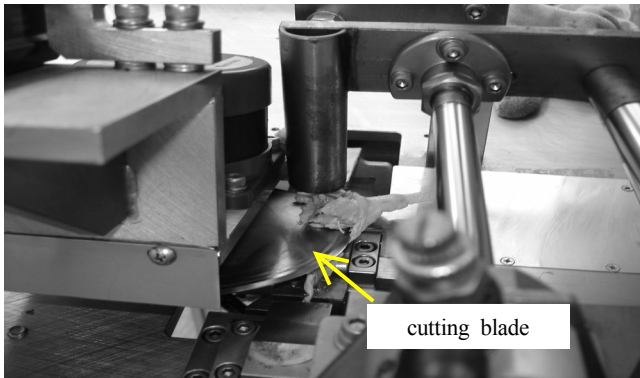


Fig. 13 The chicken foot-bone removal unit.

6) 닭발 뼈 제거장치 구성

그림 14는 제작한 닭발 뼈 제거장치의 사진으로 닭발공급 장치, 이송장치, 잔발제거장치, 닭다리 근육 절개장치, 뼈 분리장치, 닭발 뼈 제거장치로 구성되어 있다. 닭발 뼈 제거장치의 크기는 1900×2760×1400 mm (W×L×H)로 설계 제작되었다. 그림에서와 같이 공급 장치에 의해 공급된 닭발을 정방향으로 정렬하여 이송장치에 의해 잔발제거장치를 거쳐 닭다리 근육 절개와 뼈 분리, 닭발 뼈 제거장치를 거쳐 닭발의 뼈를 제거하게 되어 있다.

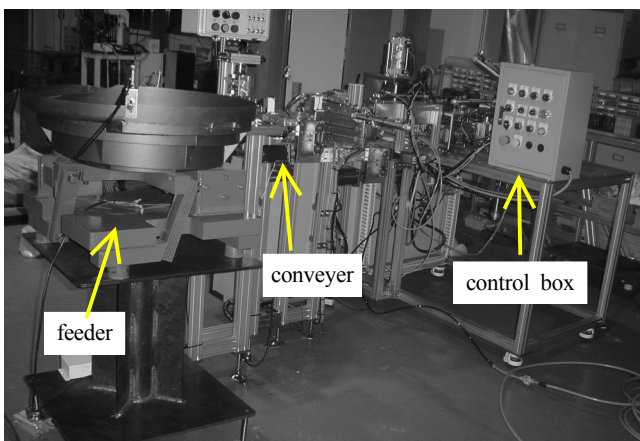


Fig. 14 Overall view of the chicken foot-bone removal system.

각 장치부의 구동은 공압을 이용하였고 각 부분의 센서감지에 따른 장치부의 제어를 위해 PLC를 이용하여 각 부분을 제어하였으며, 자동운전, 수동운전, 반자동 운전으로 구분하였다.

다. 시험 방법

1) 공급 장치

닭발 공급장치의 진동레벨을 5, 6, 7, 8, 9, 10의 6단계로 변화시켜 닭발의 정렬 및 이송속도를 측정하였다. 닭발 공급장치는 진동레벨을 조절함에 따라 전류와 전압이 변화되고 이로 인해 진동가속도가 변화되어 이송속도가 변화된다. 표 4는 진동레벨 변화에 따른 전류와 전압, 진동가속도의 변화를 나타낸 것이다.

Table 4 Vibration levels of the bowl type feeder

Vibration level	Current (A)	Voltage (V)	Vibration acceleration (m/s ²)
5	2.78	137	186
6	3.43	153	249
7	3.56	175	280
8	4.15	193	316
9	4.57	204	325
10	5.32	216	332

시험은 함수율이 54%, 65%, 74%의 닭발을 각각 100개씩 사용하여, 닭발의 함수율 변화에 따른 공급장치의 이송속도를 측정하였으며, 닭발의 무게를 20 g 이하, 20~30 g, 30 g 이상의 닭발을 각각 100개씩 사용하여, 닭발의 무게 변화에 따른 이송속도를 측정하였다. 무게 변화에 따른 이송속도 측정 시 닭발의 함수율은 약 65%인 것을 사용하였다. 본 시험에서 사용한 닭발의 함수율은 물성조사결과 최소 54%, 최대 74%, 평균65%이었고, 무게는 최소 17 g, 최대 39 g, 평균26 g이었으므로 이 조건에서 닭발 자동공급 장치의 최적 진동가속도를 구명하고자 하였다.

2) 이송장치

닭발의 이송을 위한 컨베이어 벨트의 이송속도를 변화시켜 닭발 투입방향 감지장치의 감지율을 시험하였다. 컨베이어의 이송속도를 2.4, 3.0, 3.6, 4.2, 4.8 m/min의 5단계로 변화시켜, 공급장치의 성능시험과 동일하게 함수율 54, 65, 74%의 닭발을 각각 100개씩 사용하여 닭발 투입방향 감지장치의 감지율을 육안으로 판별하였다. 컨베이어에 의해 이송되는 닭발은 컨베이어의 정지시 슬립이 크게 일어나면 Pick-up 장치가 닭발을 집어 올릴 수 있는 작업영역 범위를 벗어나게 되어 닭발의 공급이 불안정하게 되므로 뼈 제거작업 효율이 떨어

어지게 된다. 따라서 닭발의 함수율 변화와 컨베이어의 이송 속도 변화에 따른 닭발의 슬립을 측정할 필요가 있다. 닭발의 슬립 시험은 함수율 54%, 65%, 74%의 닭발을 사용하여, 컨베이어의 속도를 2.4, 3.0, 3.6, 4.2, 4.8 m/min로 변화시키면서 컨베이어 이송 중 컨베이어를 정지시켰을 때 닭발이 컨베이어 위에서 미끄러진 거리를 함수율과 컨베이어의 이송속도 변화에 따라 측정하였다.

3) 잔발 제거 장치

잔발제거장치의 성능은 잔발의 직경을 3.5 mm이하, 3.5~6.0 mm, 6.0 mm이상의 3단계로 구분하여 잔발의 직경별로 각각 50개씩 시험하였다. 이때 제거성능을 육안으로 판별하였다. 사용한 닭발의 함수율은 약 65%였다.

4) 근육 절개장치

닭다리 뼈를 제거하기 위한 닭다리 근육 절개날의 적정속도 구명을 위해 절개날의 속도변화에 따른 닭다리 근육의 절개 정확도를 시험하였다. 닭발 다리의 직경이 15 mm이하, 15~18 mm, 18 mm이상의 3종류의 닭발을 각 100개씩 사용하였고, 직경 100 mm인 1차 절개날의 주속도를 2.6, 3.9, 5.2, 6.5, 7.8 m/s의 5단계로 변화시켜 닭다리 근육의 절개성능을 육안으로 판별하였다.

5) 뼈 제거장치

닭발 뼈를 제거하기 위한 제거날의 적정속도 구명을 위해 제거날의 속도변화에 따른 닭발 뼈 제거성능을 시험하였다. 닭발 발가락의 직경이 10 mm이하, 10~15 mm, 15 mm이상의 3종류의 닭발을 각 100개씩 사용하였고, 직경이 150 mm인 닭발 뼈 제거날의 주속도를 3.8, 5.8, 7.8, 9.8, 11.8 m/s의 5단계로 변화시켜 닭발 뼈의 제거율을 육안으로 판별하였다. 또한 뼈 제거장치의 작업능율은 1개의 닭발이 처리되는데 소요되는 시간을 50회 측정하여 평균하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 공급 장치

닭발 공급장치의 진동가속도를 변화시켜 닭발의 이송성능을 시험한 결과를 그림 15에 나타내었다. 그림에서와 같이 함수율 74%인 닭발은 공급장치의 이송경로의 표면과 접촉력이 크기 때문에 진동가속도 6까지는 움직임이 없었으며, 진동가속도 7에서부터 이송되기 시작하였고 이송속도는 진동가속도의 증가에 따라 증가하는 것으로 나타났다.

함수율 65%의 닭발은 진동가속도 6 이하에서는 움직임이 없었으며, 진동가속도 7에서부터 이송되기 시작하였고, 함수율 74%인 닭발과 마찬가지로 진동가속도의 증가에 따라 이

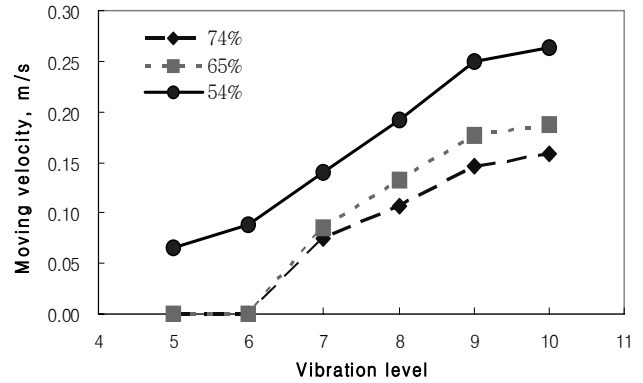


Fig. 15 Moving velocity by the vibration levels at different moisture contents.

송속도가 증가하는 것으로 나타났다. 함수율 54%인 닭발의 경우 진동가속도 5에서부터 움직임이 시작되었고, 진동가속도의 증가에 따라 이송속도가 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 시험에 사용한 닭발은 모두 진동가속도 9 이상에서는 닭발이 이송라인을 따라 이송되는 도중에 진동에 의해 공급라인을 이탈하는 현상이 발생하여 한계 진동가속도를 나타냈다. 따라서 최적 진동가속도는 8이 적합한 것으로 판단하였다. 진동가속도의 변화에 따라 닭발의 무게에 따른 이송속도를 그림 16 나타내었다.

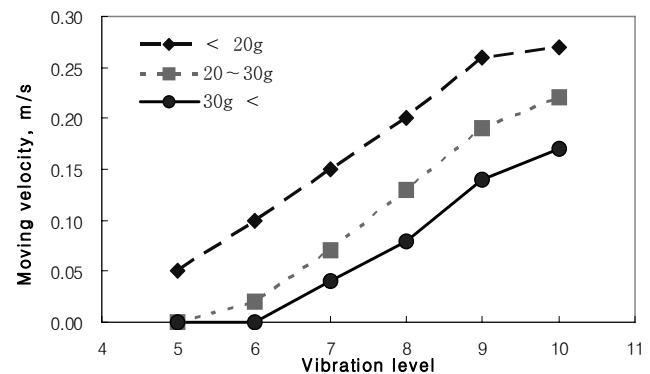


Fig. 16 Moving velocity by the vibration levels at different weight.

그림에서와 같이 무게가 30 g 이상인 닭발은 진동가속도 5와 진동가속도 6에서는 이송되지 않았고 진동가속도 7에서부터 이송되어졌으며, 이송속도는 0.04 m/s로 나타났다. 또한 무게가 20~30 g인 닭발의 경우 진동가속도 6부터 이송되어졌으며, 이송속도는 0.02 m/s로 나타났다. 닭발의 무게 20 g 이하의 경우에는 진동가속도 5에서부터 이송되었으며 이때의 이송속도 0.05 m/s로 나타났다.

또한 진동가속도의 증가에 따라 이송속도가 증가하는 것으로 나타났지만 그림 15의 결과에서와 마찬가지로 진동가속도 9 이상에서는 진동가속도의 증가에 따라 이송도중 진동에

의해 공급라인을 이탈하는 현상이 발생하여 닭발의 원활한 이송을 위해서는 진동가속도 8이 적합한 것으로 판단되었다.

나. 이송장치

닭발의 컨베이어 이송속도별로 닭발 투입방향 감지장치의 감지결과는 표 5와 같다. 표에서와 같이 컨베이어의 이송속도에 따라 각 100회 반복 시험한 결과 전반적으로 닭발 투입방향 감지장치의 감지는 속도와는 무관하게 높은 감지율을 보였다. 이송속도가 빨라질수록 다소 낮아지는 것으로 보이나, 실제 100회중 2~4회 정도의 미감지는 센서의 오차 정도의 범위내로 무시할 수 있는 치수라 할 수 있다. 그러나 작업정도를 높이기 위해서는 컨베이어 이송속도를 3.6 m/min 이하로 하는 것이 적합하다고 판단된다.

Table 5 Sensing rate by moving velocity in the conveyor

Moving velocity (m/min)	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8
Success rate (%)	100	100	98	96	96

그림 17은 닭발의 함수율별로 컨베이어 이송속도 변화에 따른 슬립을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 함수율 74%의 닭발의 경우 이송속도 2.4 m/min에서는 슬립을 확인할 수 없었으며, 3.6 m/min에서는 2.4 mm의 슬립이 나타났고, 이송속도 4.8 m/min에서는 4.9 mm의 슬립이 나타났다. 하지만 함수율 65%의 경우에는 함수율 74%에 비해 다소 슬립이 적게 나타났다. 이송속도 2.4 m/min에서는 슬립이 나타나지 않았으며, 이송속도 3.6 m/min에서는 1.9 mm, 이송속도 4.8 m/min에서는 슬립이 4.3 mm 이었다.

또한 함수율 54%의 경우에는 이송속도 2.4, 3.0, 3.6, 4.2, 4.8 m/min에서 각각 1.2, 3.1, 5.4, 9.7, 14.8 mm로 나타나 함수율 74%, 65% 경우 보다 비교적 많은 슬립이 일어났다. 컨베이어의 이송속도가 빨라지면 닭발의 슬립거리가 길어지고 함수율도 65%보다 높거나 낮으면 닭발의 슬립거리가 길어지

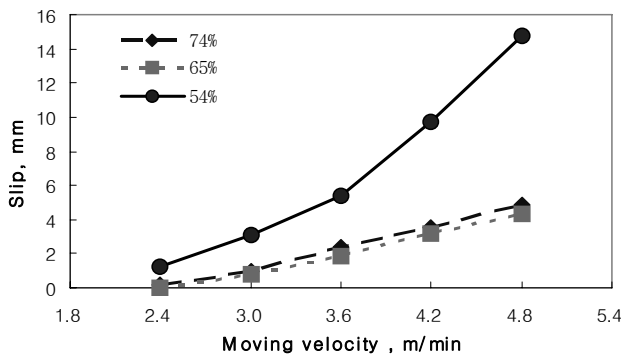


Fig. 17 Slip of chicken feet by moving velocity in conveyor at different moisture contents.

는 것으로 나타났다.

컨베이어의 정지 시 벨트위에 있던 닭발의 슬립이 적정치인 2 mm 이상이 되면 Pick-up 장치의 성능이 떨어져서 닭발 이송정도가 저하된다. 현재 도계장으로부터 유통되고 있는 닭발은 함수율 65%이므로 닭발 유무 검출센서의 감지성능과 Pick-up 장치의 성능을 고려하면 컨베이어의 이송속도는 3.6 m/min가 적합한 것으로 나타났다.

다. 잔발 제거장치

닭발의 잔발 제거장치의 제거성능을 측정 결과는 표 6과 같다. 표에서와 같이 잔발 제거장치의 제거율은 닭발 잔발의 직경이 3.5 mm 이하, 3.5~6.0 mm, 6.0 mm 이상인 닭발 모두 100%로 나타났다.

Table 6 Cutting rate of little toes of chicken feet

Size range (mm)	Cutting rate of little toes (%)
< 3.5	100
3.5~6.0	100
6.0 <	100

라. 근육 절개장치

그림 18은 절개깊이를 일정하게 고정시킨 후 절개날의 절개속도를 변화시켜 닭발 다리부 근육의 절개 정확도를 나타낸 것이다. 물성조사에서 얻어진 닭발 다리의 평균직경은 16.9 mm인 것을 감안하여 닭발 다리부의 직경을 15 mm로 기준하여 절개깊이를 고정한 결과 닭발 다리의 직경이 15 mm 이하의 닭발은 절개날이 다리뼈에 근접하지 않게 되어 절개가 잘 되지 않는 것으로 나타났다.

닭다리의 직경이 18 mm 이상인 경우의 절개율은 직경 15~18 mm와 유사하게 나타났으나, 절개날의 절개부분이 다리뼈까지 접근하여 뼈가 절개되는 현상이 나타났다. 닭다리의

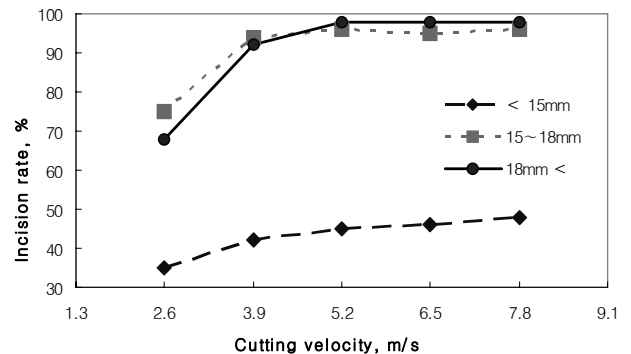


Fig. 18 The leg incision rate by cutting velocity for different size ranges of chicken feet.

직경이 8 mm 이상인 경우 절개날의 주속도가 5.2 m/s 이상에서는 절개율이 98%로 나타났다. 따라서 닭다리의 굵기에 따라 절개날의 높이가 조절될 수 있는 구조가 필요하다고 판단되었다.

또한, 절개속도가 2.6 m/s의 경우에는 일부 닭발의 경우에 절개날의 주속도가 낮아 절개날이 닭발의 근육에 끼어져 회전을 멈추는 현상이 나타났으며 닭발의 근육 절개를 위한 절개날의 주속도는 최소 3.9 m/s 이상으로 하는 것이 적합한 것으로 나타났다.

또한 닭발 다리부의 직경이 15 mm 이하인 경우에 절개날이 다리부의 근육에 미치지 못하는 경우와 근육의 일부만 절개하는 경향을 보여 닭다리부의 굵기에 따라 근육 절개날의 절개깊이를 조절이 필요한 것으로 나타났다. 그래서 다리뼈 근육 절개날의 절개깊이를 조절 가능하도록 하여, 다리부의 근육부분만 절개할 수 있도록 수정 제작하여 절개날의 주속도에 따른 절개성능을 시험한 결과 그림 19와 같이 나타났다. 그림에서 절개성능은 닭다리의 직경이 15 mm 이하, 15~18 mm, 18 mm 이상의 3종류의 것을 평균한 것이다.

그림 18에서와 같이 절개날의 절개깊이를 조절이 가능한 경우에는 절개속도 3.9 m/s 이상에서 절개율이 평균 98%로 나타났으나 절개 깊이를 고정시킨 경우에는 절개율이 평균 79%로 나타나 닭다리의 굵기에 따라 절개 깊이를 조절하는 것이 효과적인 것으로 나타났다.

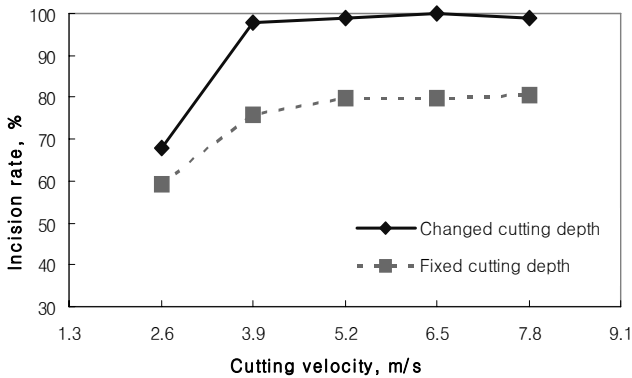
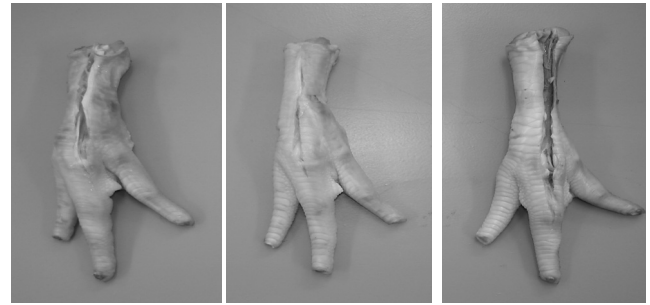


Fig. 19 Incision rate by incision depth method at different cutting velocity.

그림 20은 절개부의 형상을 나타낸 것이다. 그림 20(a)는 정상적인 절개부의 형상을 나타내었으며, 그림 20(b)는 절개 깊이가 짧아 다리뼈부분에 근접하지 못하여 근육부분의 미절개가 나타난 형상이며, 그림 20(c)는 절개깊이가 깊어 다리뼈 부분의 뼈가 절개되어진 것을 나타낸 것이다.

절개깊이가 깊어 다리 뼈 부분의 뼈가 절개되어진 것을 나타낸 것이다.



(a) normal-cut (b) shallow-cut (c) over-cut

Fig. 20 Incision image of chicken leg of different cut results.

마. 뼈 제거장치

닭발 발가락 직경이 10 mm 이하, 10~15 mm, 15 mm 이상의 3종류의 닭발을 이용하여, 닭발 뼈 제거날의 절개속도를 각각 3.8, 5.8, 7.8, 9.8, 11.8 m/s로 변화시켜 절개속도의 변화에 따른 닭발 뼈 제거율을 시험한 결과 그림 21과 같이 나타났다.

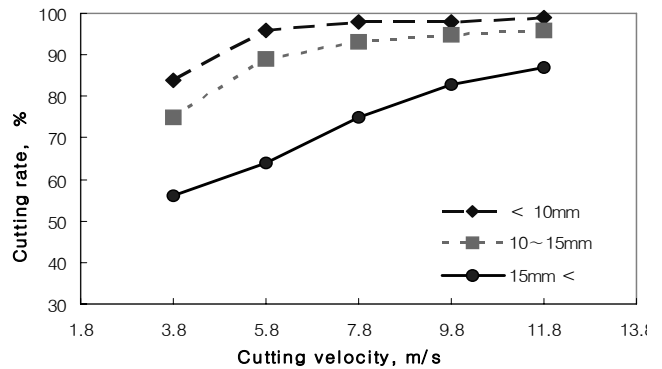


Fig. 21 The chicken feet-bone removal rate by cutting velocity for different size ranges of chicken feet.

그림에서와 같이 닭발 뼈 제거율은 제거날의 절개속도의 증가에 따라 전체적으로 증가하는 것으로 나타났다. 닭발 발가락부의 직경이 15 mm 이상의 경우에는 닭발 발가락부의 직경이 15 mm 이하의 경우에 비해 절개속도가 낮은 영역에서 제거율이 낮게 나타났으나, 절개속도의 증가에 따라 제거율이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 절개속도 11.8 m/s에서 뼈 제거율 가장 높았으며 직경 10 mm 이하에서 98%, 직경 10~15 mm에서 96%, 직경 15 mm 이상에서 88%로 나타나 제거날의 절개속도는 최소 11.8 m/s 이상이 되어야 할 것으로 판단하였다. 단 직경 15 mm 이상 경우에는 절개속도가 11.8 m/s 이상이 되면 제거율도 증가할 것으로 예측되나 장치의 한계로 인해 그 이상의 속도로는 시험을 할 수 없었다. 또한 닭발 뼈 제거장치의 작업능률은 시간당 515개의 닭발을 가공하는 것으로 나타났다.

4. 요약 및 결론

최근 식문화 및 기호식품의 다양화에 따라 닭발 조리식품의 소비가 증가하고 있으며, 그중 뼈 없는 닭발에 대한 인기가 높아짐에 따라 닭발의 뼈 제거작업에 대한 비중이 증가되고 있다. 그러나 닭발의 뼈 제거작업은 닭발 유통에 소요되는 노동력 중 90%이상을 차지하고 있으며 인력에 의해 작업이 이루어지고 있는 실정으로 닭발 뼈 제거장치에 대한 개발이 필요하였다.

본 연구에서는 뼈 없는 닭발을 가공하기 위해 닭발 뼈 제거장치를 제작하고 성능시험을 실시하였으며 결과는 다음과 같다.

- (1) 닭발 공급장치의 최적 진동가속도 8, 컨베이어의 이송속도는 3.6 m/min가 적합한 것으로 나타났다.
- (2) 닭발 공급장치의 공급속도는 진동가속도 8에서 닭발의 함유율이 74, 65, 54%일 때 각각 0.11, 0.13, 0.19 m/s로 나타나, 함유율이 낮을수록 이송속도가 증가하는 것으로 나타났다.
- (3) 닭발 공급장치의 공급속도는 진동가속도 8에서 닭발의 무게가 20 g 이하, 20~30 g, 30 g 이상 일 때 각각 0.18, 0.13, 0.08 m/s로 나타나, 닭발의 무게가 무거울수록 이송속도가 감소하는 것으로 나타났다.
- (4) 닭발 투입방향 감지장치의 성능은 컨베이어 벨트의 이송속도 3.0, 3.6, 4.2 m/min에서 각각 100, 98, 96%로 나타나 속도의 증가에 따라 감지율이 다소 떨어지는 것으로 나타났다.
- (5) 닭발의 슬립은 닭발의 함유율이 65%일 때 컨베이어 벨트의 이송속도 3.0, 3.6, 4.2 m/min에서 각각 1.0, 1.9, 3.2 mm로 나타났다.
- (6) 근육 절개장치의 절개율은 절개날의 깊이조절이 가능한 경우에는 절개속도 3.9 m/s이상에서 평균 98%로 나타났으나, 절개 깊이를 고정시킨 경우에는 평균 79%로 나타났다.
- (7) 닭발 뼈 제거장치의 제거율은 닭발가락의 직경이 10

mm이하, 10~15 mm, 15 mm상인 닭발에 대해 절단날의 속도가 11.8 m/s에서 각각 98, 96, 88%로 나타났다.

- (8) 닭발 뼈 제거장치의 작업능률은 시간당 515개의 닭발을 가공하는 것으로 나타났다.

감사의 글

This work was financially supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (IPET).

참고 문헌

1. Cho, N. H., J. R. Park, S. H. Lee, Y. H. Lee, K. H. Cho, D. I. Jang, H. Hwang and S. M. Choi. 2003. Development of a grader for green pepper using machine vision (II) - Development of automatic feeder and discharge unit and evaluation of system performance -. Proceeding of the KSAM 2004 Summer Conference 8(2):334-340. (In Korean)
2. Chun, M. S., S. T. Kim and D. B. Song. 2000. Development of a red pepper arrangement system. Proceedings of the KSAM 2000 Winter Conference 5(1):70-75. (In Korean)
3. Kim, D. E., H. K. Cho, Y. S. Chang, J. K. Kim, H. H. Kim and D. H. Lee. 2004. Studies on the seed metering device using bowl feeder. Proceeding of the KSAM 2004 Winter Conference 19(1):414-417. (In Korean)
4. Kim, T. M. and S. H. Noh. 2010. Echelon feeder of brown rice for on-line inspection using image processing. Journal of Biosystems Engineering 35(3):197-205. (In Korean)
5. Korea Agricultural Machinery Industry Cooperative and The KAMIC and KSAM. 2010. Agricultural machinery yearbook. Korean Society for Agricultural Machinery, Suwon, Korea. (In Korean)
6. Shin, M. H. 2002. Properties of collagen extraction from chicken foot skin. Culinary Research 8(1):95-105. (In Korean)