바이오시스템공학 (*J. of Biosystems Eng.*)
Vol. 36, No. 4, pp.252~256 (2011. 8)
DOI:http://dx.doi.org/10.5307/JBE.2011.36.4.252

ISSN (Online) : 2234-1862
ISSN (Print) : 1738-1262

Original Article

Open Access

닭발 뼈 제거장치 개발에 관한 연구(1)
- 닭발 뼈 제거장치의 설계요인 분석 -

이정택[1] · 김태한[1]*

[1]경북대학교 생물산업기계공학과

Studies on Development of a Chicken Feet-bone Remover (I)
- Analysis of design factor with Chicken Feet-bone Remover -

Jeong Taeg Lee[1], Tae Han Kim[1]*

[1]*Dept. of Bio-industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University, Daegu, 702-701, 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.

There has been few research on the chicken feet bone removers so far in Korea as well as worldwide. So the main objective of this study was to develop a chicken feet-bone remover which is suitable for domestic circumstances.

The average length of chicken feet was 113.3 mm with maximum and minimum lengths of 135.8 mm and 92.2 mm, and the average diameter of chicken leg was 12.5 mm, average width of the toe was 56.2 mm and the average weight of chicken feet was 26.4 g with maximum and minimum weight of 39.3 g and 16.9 g, respectively. Also, the average moisture content was 64.7% (w.b). The average cutting force of little toes was 15.6 N for the size ranges of less than 3.5 mm, 22.5 N, 3.5～6.0 mm and 30.3 N for larger than 6.0 mm in diameter, respectively.

Keywords : Chicken feet-bone, Design factor, Physical properties, Cutting force

1. 서 론

인간이 섭취하는 육류 소비의 대표적인 것은 쇠고기, 돼지고기, 닭고기 등으로 분류할 수 있다. 식생활의 서구화로 인하여 육류 소비가 증가하고 있으며, 이에 따른 축산농가의 대규모화도 이어지고 있다. 육류 소비량 추이를 살펴보면, 쇠고기와 돼지고기의 경우 가격 상승으로 인하여 소비량이 감소하는 반면, 비교적 저렴하고 손쉽게 섭취할 수 있는 단백질 섭취 원으로 닭고기를 선호하고 있다.

2009년 기준 국내 축산 농가는 육우 174,637호, 양돈 7,962호, 양계 3,539호 이며, 사육 두수는 한우 2,634,705두, 젖소 444,648두, 돼지 9,584,903마리, 닭 138,767,543 마리로 나타났다(Korea Agricultural Machinery Industry Cooperative, 2010).

일반적으로 육계는 1일 약 2,500,000수정도 도축이 되는 것으로 나타났으며, 닭고기의 영양소에 대한 인지도가 높아지면서, 닭고기에 대한 수요 또한 함께 증가하고 있는 상황이

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

다. 닭고기에 대한 소비는 2008년부터 2010년까지 2년간 각각 23%, 16%정도 증가하였으며(Statistics Korea, 2010) 이는 닭고기가 타 육류보다 담백하고 지방함량이 적어 쇠고기, 돼지고기에 대한 소비가 닭고기로 전환되는 세계적인 추세를 반영하고 있다고 볼 수 있다.

닭고기의 영양소를 살펴보면 단백질과 비타민, 아미노산이 풍부하고, 지방이 비교적 낮은 것으로 알려져 있으며, 특히 고단백질, 저지방, 저칼로리, 저탄수화물로 알려져 웰빙 식품으로 자리 잡고 있다. 닭발은 주로 안주용으로 많이 소비되었으나, 닭발에 함유된 콜라겐 성분이 피부미용과 다이어트 및 골다공증 예방효과에 대한 인식으로 남성위주의 소비에서 여성들도 일익을 담당하고 있는 상황이다(Shin, 2002).

이러한 전반적인 여건에 힘입어 닭발에 대한 수요가 급증하고 있으며, 예전에는 뼈를 제거하지 않은 상태로 공급하였으나, 최근에는 닭발의 뼈를 제거한 후 공급하게 되었다.

현재 닭발로부터 뼈를 제거하는 과정의 전 공정은 수작업에 의해 이루어지고 있으나 작업자들의 중노동과 열악한 작업여건을 개선하기 위하여 닭발의 뼈 제거를 위한 기계화가 절실히 요구되고 있다.

현재 수작업은 닭발의 잔발을 제거한 후 닭다리 근육을 절개하여 닭다리 뼈를 추출하는 작업이 이루어지고 있고, 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.

국내·외 연구로는 육계의 가공기술(Ahn, 2003; Choi et al., 2004), 생산 및 저장기술(Kim et al., 2000; Na and Kang, 2003), 육계의 도축에 관련된 육계도축시스템 및 육계의 세척(Chae et al., 2005) 등에 관한 연구가 수행되고 있으며, 닭발 뼈 제거에 관한 연구는 전무한 상태라 할 수 있다.

따라서, 본 연구의 목적은 열악하고 비위생적인 작업환경 개선과 수작업에 의존하고 있는 닭발 뼈 제거작업을 기계화하기 위한 닭발 뼈 제거장치 개발의 기초 설계 자료를 도출하기 위하여, 닭발의 물성분석, 잔발 절단력, 뼈 분리력 등 물리적 특성을 측정 분석하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 닭발의 물성 시험

1) 공시 재료

본 연구에 사용된 닭발의 종류는 우리나라에서 사육되는 산란계와 육계로서 생육환경에 따라 다소 차이를 보이겠지만, 그 차이는 미미한 것으로 나타났다. 실험에 사용된 닭발은 생육기간이 9주에서 12주인 닭을 도계장의 도축작업에서 세척한 것이다. 그림 1은 본 연구에 사용된 닭발 공시재료의 모습을 사진으로 나타낸 것이다.

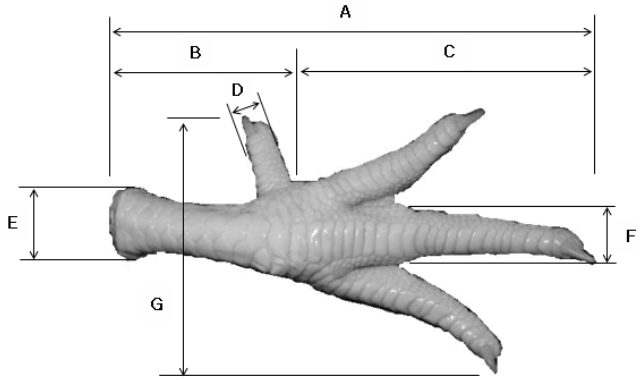
Fig. 1 Experimental materials of chicken feet.

2) 시험 방법

(1) 닭발의 크기 및 무게 측정

닭발의 크기 및 무게 측정은 닭발 공급장치, 닭발의 투입방향 감지장치, 닭발 공급 방향전 환장치, 이송장치, 닭발 고정장치, 닭발의 잔발 절단장치, 닭다리 근육 절개장치, 닭다리 뼈 제거장치, 닭발 뼈 제거장치, 각 공정으로의 닭발 이송을 위한 닭발 파지장치(clamp) 설계를위한 기초자료로 활용하기 위해서 측정하였다.

닭발 각부의 크기는 버니어캘리퍼스와 자를 이용하였으며, 그림 2는 닭발의 물성조사를 위한 각 부위의 측정위치를 나타낸 것이다. 또한 닭발의 무게는 전자저울(0.001 g, MARK-160, BEL Engineering, Italia) 이용하여 측정하였다



A : total length B : leg length C : tall toe length
D : little toe diameter E : leg diameter F : tall toe diameter
G : width

Fig. 2 Dimension of a chicken foot used in measuring.

이는 닭발 공급장치, 닭발의 투입방향 감지장치, 닭발 공급 방향전환장치, 이송장치, 닭다리 고정장치, 닭발의 잔발 절단장치, 닭다리 근육 절개장치, 닭다리 뼈 제거장치, 닭발 뼈 제거장치, 각 공정으로의 닭발 이송을 위한 닭발 파지장치(clamp) 설계를 위한 기초자료로 활용하기 위해서 측정하였다.

(2) 닭발의 크기별 구성비 산출

닭발의 잔발 직경별, 닭발 직경별, 닭다리 직경별 구성비는 닭발의 각부별 크기 측정시 분류한 닭발의 수를 전체 닭발의 수에 대한 비로 산출하였다.

(3) 함수율 측정

함수율 측정은 닭발 공급장치와 컨베이어 벨트의 이송속도 선정을 위한 기초자료로 활용하기 위해 실시하였다. 닭발의 함수율 측정은 적외선 수분 측정기(FD-20, Korea Kett Engineering, Daejeon, Korea)를 이용하였다. 함수율은 다음 식 (1)에 의하여 산출하였다.

$$m = W_m / W_t \times 100 \quad (1)$$

where, m : Wet-basis moisture content (%)
W_m : Moisture weight of experimental material
W_t : Weight of experimental material

함수율 측정은 닭발 공급장치와 컨베이어 벨트의 이송속도 선정을 위한 기초자료로 활용하기 위해 실시하였다.

나. 잔발 절단력 및 뼈 분리력 시험

그림 3은 닭발의 잔발(little toe) 절단에 소요되는 힘을 측정하는 장치를 나타낸 것이다. 그림과 같이 스트레인 게이지 4매를 부착하여 Bridge회로로 구성한 저항 측정용 링 다이나모를 사용하여 닭발의 잔발을 절단할 때의 저항을 스트레인 엠프, A/D 컨버터, 컴퓨터에 연결하여 측정하였다. 닭발의 잔발 절단력은 링의 축 하단부에 잔발 절단장치를 링의 축과 수직이 되게 고정시키고, 측정용 링을 연직방향으로 눌러 닭발의 잔발이 절단되어질 때의 저항 값으로 측정하였다. 닭발 잔발의 크기에 따라 잔발의 직경이 3.5 mm이하, 직경이 3.5~6.0 mm, 직경이 6.0 mm이상의 3개 수준로 구별하여 각각 100개씩을 사용하여 닭발의 잔발 절단력을 측정하였다.

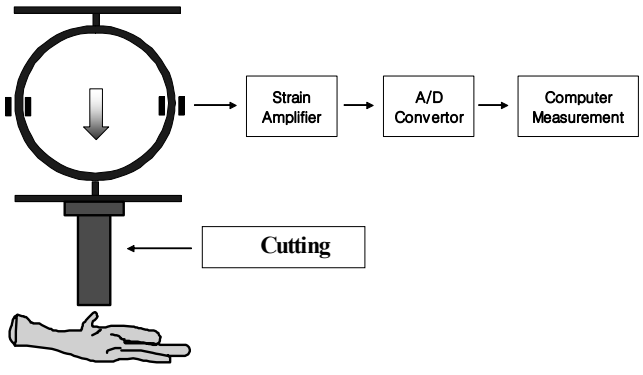


Fig. 3 Schematic of ring-dynamo feet for measuring the cutting force of little toe.

그림 4는 닭다리 뼈를 분리시키는데 소요되는 힘(뼈 분리력)을 측정하는 방법을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 닭다리 부위를 둘러싸고 있는 근육을 절개한 닭발을 고정시키고 절개부위의 근육을 좌우로 벌려 파지한 후 근육으로부터 닭다리뼈를 분리시키기 위해 외력을 가하는 방향을 4단계로 변화시키면서 뼈 분리력을 측정하였다. 닭다리 뼈 분리를 위해 작용점에서의 뼈를 밀어내는 각도는 닭발의 뼈가 지지되어있는 힌지 부분을 기준으로 0°, 15°, 30°, 45°로 하였다.

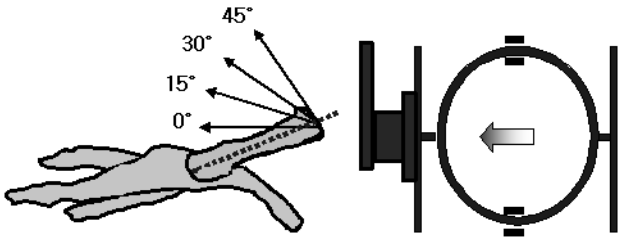


Fig. 4 Schematic of ring-dynamo test for measuring push force of the leg bone.

그림 5는 스트레인 게이지를 이용한 저항 측정용 링 다이나모메터의 교정곡선을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 닭발의 잔발 절단력 및 뼈 분리력 측정 장치의 교정곡선의 상관계수는 0.99로서 정밀한 측정이 가능함을 알 수 있다.

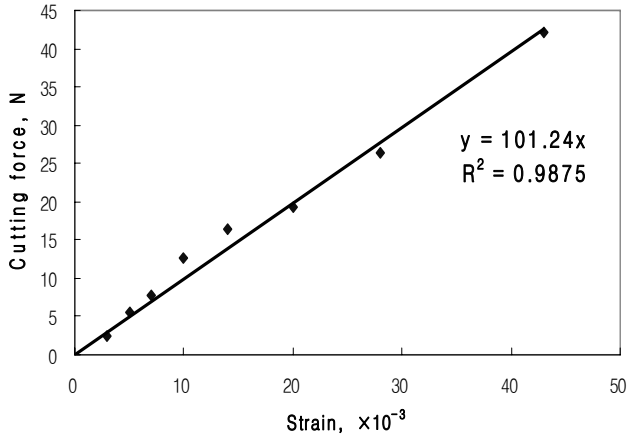


Fig. 5 Calibration curve of ring-dynamo for measuring system.

3. 결과 및 고찰

가. 닭발의 물성 분석

표 1은 닭발의 부위별 크기를 측정한 결과를 나타낸 것이다. 표에서와 같이 닭발의 전체 길이는 최소 92.2 mm, 최대 135.8 mm, 평균 113.3 mm로 나타나 닭발 뼈 제거장치의 각 장치간의 간격과 공급장치의 정렬용 스토퍼 설치간격 설계를 위한 기초자료로 활용하였다. 또한 닭다리의 직경은 최소 6.1 mm, 최대 21.3 mm, 평균 12.5 mm로 나타나 닭발 투입방향 감지장치와 뼈 분리 장치, 닭다리 근육 절개날의 절개깊이, 각 공정으로의 이송을 위한 파지장치 등의 설계에 기초자료로 활용하였다.

잔발의 직경은 최소 2.7 mm, 최대 7.9 mm, 평균 4.6 mm로 나타나 잔발 절단장치의 설계 자료로 활용할 수 있으며, 발가락의 직경은 최소 7.2 mm, 최대 22.7 mm, 평균 11.5 mm로 나타났다. 발가락의 폭은 최소 29.3 mm, 최대 89.0 mm, 평균 56.2 mm로 나타나 닭 발가락뼈 절단장치의 절단폭을 결정하는 설계 자료로 활용하였다. 또한 닭발의 무게는 최소는 16.9 g, 최대 39.3 g, 평균 26.4 g으로 나타났다.

닭발의 평균함수율은 약 64.7%, 유통과정의 닭발은 최대 70.3%, 최소 59.2%의 함수율을 가지는 것으로 나타났다. 닭발의 수분함량은 공급 장치의 진동가속도 결정과 공급 장치의 이송각도, 컨베이어 벨트의 이송속도를 결정하는 자료로 활용하였다.

잔발의 직경별 구성비는 표 2와 같다. 표에서와 같이 구성비는 잔발 직경 3.5 mm 이하는 8%, 3.5～6.0 mm는 78%, 6.0 mm 이상은 14%로 나타났다.

Table 2 Composition ratio of chicken little toe diameter for the ranges in size

Size range of little toe diameter (mm)	Composition ratio (%)
< 3.5	8
3.5～6.0	78
6.0 <	14

또한 닭발의 직경별 구성비는 표 3과 같다. 표에서와 같이 구성비는 닭발 직경 10 mm 이하는 15%, 10~15 mm는 72%, 15 mm 이상은 13%로 나타났다.

Table 3 Composition ratio of chicken tall toe diameter for the ranges in size

Size range of tall toe diameter (mm)	Composition ratio (%)
< 10	15
10～15	72
15 <	13

또한 닭다리의 직경별 구성비는 표 4와 같다. 표에서와 같이 구성비는 닭다리 직경 3.5 mm 이하는 14%, 3.5～6.0 mm는 78%, 6.0 mm 이상은 8%로 나타났다.

Table 4 Composition ratio of chicken leg diameter for the ranges in size

Size range of leg diameter (mm)	Composition ratio (%)
< 15	16
15～18	75
18 <	9

나. 잔발 절단력

닭발의 잔발 제거용 절단장치의 설계 자료로 활용하기 위한 잔발 절단력 측정 결과는 표 5와 같이 나타났다.

Table 5 Average cutting forces of chicken feet for the ranges in size

size range	Mean (N)	±	S. D (N)	Min (N)	Max (N)	No.
< 3.5 mm	15.6	±	3.1	10.7	27.4	100
3.5～6.0 mm	22.5	±	4.1	14.7	41.1	100
6.0 mm <	30.3	±	2.9	18.6	47.0	100

표에서와 같이 닭발 잔발의 직경이 3.5 mm이하, 3.5～6.0 mm, 6.0 mm이상인 닭발의 잔발 절단력은 각각 평균값이 15.6, 22.5, 30.3 N 으로 닭발 잔발의 직경이 증가할수록 잔발 절단력이 증가하는 것으로 나타났으며, 직경 6.0 mm이상이 직경 3.5 mm이하보다 약 2배 정도 높게 나타났다. 잔발의

Table 1 Dimensional properties of chicken feet used in the experiment

Item	weight (g)	total length (A) (mm)	leg length (B) (mm)	tall toe length (C) (mm)	little toe diameter (D) (mm)	leg diameter (E) (mm)	tall toe diameter (F) (mm)	width (G) (mm)	moisture contents (%)
Max.	39.3	135.8	69.2	77.0	7.9	21.3	22.7	89.0	70.3
Min.	16.9	92.2	30.3	47.0	2.7	6.1	7.2	29.3	59.2
Average ±S.D	26.4 ±5.0	113.3 ±9.2	50.6 ±6.1	62.7 ±5.3	4.6 ±0.9	12.5 ±2.4	11.5 ±1.9	56.2 ±9.8	64.7 ±3.2

직경이 3.5 mm이하는 절단력이 최소 10.7 N, 최대 27.4 N이고, 직경이 3.5~6.0 mm는 최소 14.7 N, 최대 27.4 N이었고, 직경이 6.0 mm이상은 최소 18.6 N, 최대 47.0 N로 나타났다.

다. 뼈 분리력

닭다리의 근육을 절개한 후 근육으로부터 다리뼈를 분리시키는데 소요되는 힘의 측정에는 닭발 발목부의 직경이 15 mm이하, 직경 15~18 mm, 직경 18 mm이상으로 구분하여 측정하였다. 그림 6은 닭다리 뼈를 분리시키기 위해 닭다리 뼈에 외력을 가하는 방향에 따른 닭다리의 굵기별 뼈 분리력을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 닭발 뼈에 가하는 외력의 작용방향(이하 분리각이라 표기함)이 증가할수록 뼈 분리력은 감소하였으나, 분리각이 30°에서 45°로 증가함에 따라 오히려 뼈 분리력이 다소 증가하는 것으로 나타났다. 이는 분리각이 일정각도 이상으로 되면 외력이 닭다리 근육으로부터 뼈를 분리시키지 않고 닭다리 전체를 상방향으로 들어 올리려는 힘으로 작용되어져서 뼈 분리력이 증가하나 뼈는 잘 분리되지 않는 것으로 나타났다.

그림에서와 같이 외력을 가하여 닭발 발목의 뼈를 분리할 때에 소요되는 힘은 닭다리의 직경이 클수록 증가하는 것으로 나타났다.

닭다리 뼈 제거를 위한 뼈 분리 힘은 분리각이 수평방향일 때 가장 크게 나타났으며, 분리각이 30°일 때 분리력이 최소가 됨을 알 수 있다. 따라서 뼈 분리 장치는 분리각을 30°로 하는 구조가 닭다리 뼈 분리작업에 에너지가 가장 적게 소요될 것으로 판단된다.

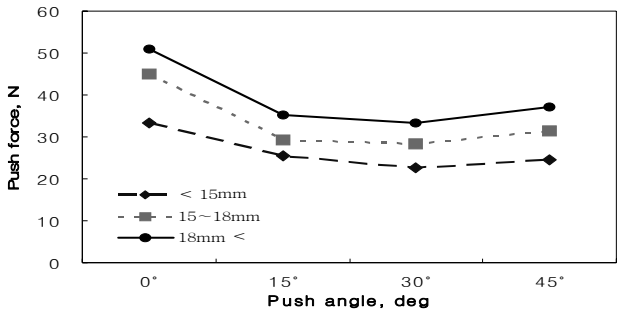


Fig. 6 Detachment-forces of chicken bones at different push angle for the size ranges of leg diameter.

4. 요약 및 결론

현재 닭발로 부터 뼈를 제거하는 작업은 수작업에 의해 이루어지고 있으나, 작업자들의 중노동과 열악한 작업여건을 개선하기 위하여 닭발의 뼈 제거작업의 기계화가 절실히 요구되고 있다. 따라서 본 연구는 수작업에 의존하고 있는 닭발 뼈 제거작업을 기계화하기 위한 닭발 뼈 제거장치 개발의 기초 설계 자료를 도출하기 위하여, 닭발의 물성분석, 잔발 절단력, 뼈 분리력 등을 측정한 결과는 다음과 같다.

(1) 닭발의 물성조사 결과, 닭발의 길이는 평균 113.3 mm이고 최대는 135.8 mm, 최소는 92.2 mm로 나타났고, 닭발 발목부의 직경은 12.5 mm, 긴 발가락의 평균길이는 62.7 mm로 나타났으며, 닭발의 무게는 평균 26.4 g, 최대 39.3 g, 최소 16.9 g으로 나타났다.

(2) 닭발 잔발의 절단력은 잔발의 직경이 3.5 mm이하, 3.5~6.0 mm, 6.0 mm이상에서 각각 평균 15.6, 22.5, 30.3 N로 나타나 잔발의 직경이 클수록 잔발 절단력이 증가하는 것으로 나타났다.

(3) 닭다리 뼈 분리력은 다리의 직경이 클수록 증가하는 것으로 나타났으며, 분리력은 분리 각도 30°에서 가장 낮게 나타났다.

감사의 글

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

참 고 문 헌

1. Ahn, D. U. 2003. Use of chicken meat and processing technology. 2003 International symposium of Korean Society of Poultry Science. pp. 69-78.
2. Chae, H. S., J. N. Ahn, Y. M, Yoo, J. S. Ham, S. K. Jeong, J.M. Lee and Y. I. Choi. 2005. Effect of different stunning time on meat quality of broiler. Journal of animal science and technology 47(6):1017-1024.
3. Choi, Y. I. and J. N. Ahn. 2004. Development of breeding and processing techniques for high quality broiler meat. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Report, Gwacheon, Korea. (In Korean)
4. Kim, B. C., S. K. Lee and M. H. Lee. 2000. New storage and processing technology for the improvement of chicken economic traits. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Report, Gwacheon, Korea. (In Korean)
5. Korea Agricultural Machinery Industry Cooperative and The Korean Society for Agricultural Machinery. 2010. Agricultural Machinery Yearbook. Korean Society for Agricultural Machinery, Suwon, Korea. (In Korean)
6. Na, C. S, and B. S. Kang. 2003. Studies on development productive technique and increasing storing capacity in exporting chicken meaty. Rural Development Administration Report, Suwon, Korea. (In Korean)
7. Shin, M. H. 2002. Properties of collagen extraction from chicken foot skin. Culinary Research 8(1):95-105.
8. Statistics Korea. 2010. Statistics Korea Yearbook Republic of Korea. Seoul, Republic of Korea.