



농장 내 특정 음원 노출이 육계의 출하 체중과 닭고기 등급에 미치는 효과

이재청¹ · 이상혁² · 조철훈³ · 이경우^{4*}

¹축산물품질평가원 차장, ²건국대학교 동물자원과학과 학생,
³서울대학교 농생명공학부 교수, ⁴건국대학교 동물자원과학과 교수

Effects of Music Enrichment on Live Body Weight and Meat Quality Grade of Broiler Chickens

Jae Cheong Lee¹, Sang Hyeok Lee², Cheorun Jo³ and Kyung-Woo Lee^{4*}

¹Chief Manager, Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation, Sejong-si 30100, Republic of Korea

²Student, Department of Animal Science and Technology, Konkuk University, Seoul 05029, Republic of Korea

³Professor, Department of Agricultural Biotechnology, Seoul National University, Seoul 08826, Republic of Korea

⁴Professor, Department of Animal Science and Technology, Konkuk University, Seoul 05029, Republic of Korea

ABSTRACT The current study was conducted to evaluate the effect of music enrichment on the live body weight of chickens and meat quality grade of the carcasses. Fourteen flocks at four broiler farms with identical windowless houses were provided with identical starter and finisher diets. These were either exposed to classical music or not exposed to any music from the starter to slaughter age. At 30 days posthatch, the chickens were transported from farms to a slaughterhouse. Two hundred carcasses from each flock were randomly selected for measurement of the carcass traits by the licensed meat inspectors at the slaughterhouse. The live body weights at the slaughter age were not significantly different between the two treatments. In addition, music enrichment did not affect meat freshness (i.e., torrymeter values) nor did it affect other carcass trait variables including percentage of bruises, flesh blemishes, abnormalities, and quality A grade. In conclusion, music enrichment did not affect the body weight or carcass quality of broiler chickens.

(Key words: broiler chickens, music enrichment, body weight, meat quality)

서 론

최근 유기농과 친환경 등 안전한 축산식품에 대한 소비자의 관심이 증가함에 따라 동물 복지 농장 인증제가 도입되었다. 국내 동물복지 축산농장 인증제는 높은 수준의 동물 복지 기준에 따라 인도적으로 동물을 사육하는 소, 돼지, 닭, 오리농장 등에 대해 국가에서 인증하고, 인증농장에서 생산되는 축산물에 동물복지 축산농장 인증마크를 표시하는 제도이다.

동물복지 육계농장 인증기준에는 관리자의 의무, 닭의 건강 상태 등 점검, 건강관리, 급이, 급수, 사육시설, 사육밀도, 사육환경 등 세부적인 구비요건을 제시하고 있다. 예를 들면 급이기는 65수당 33 cm 내외, 급수기는 10수당 니플 1개 이상 설치 등 구비조건 기준을 제시하고 있다. 또한, 사육시

설에는 육계 1,000수당 헥타 2 m, 닭의 쪼는 행동 욕구를 충족시킬 수 있는 양배추 또는 나무조각 등 물건을 제공하도록 하며, 계사 내 조명은 종야 점등을 금지하고 있다. 아울러 계사 내 소음으로 인한 스트레스를 방지하도록 소음 발생을 최소로 설정하고 있다. 육계의 복지 인증 가이드라인은 동물의 5대 자유에 기초하고 있으며(Anonymous, 2003) 아울러 세계동물보건 OIE에서도 동일하게 복지형 육계 사육시스템의 기준을 제시하고 있다(OIE, 2019).

육계는 빠르게 성장하는 특성을 가지며, 사육, 출하, 운송 단계에서 발생하는 다양한 환경 스트레스로 상당한 폐사가 발생하고 있다(Cockram and Dulal, 2018). 폐사 발생율은 열악한 복지 지표가 되기도 한다. 또한, 농장 사육 또는 출하 수송 과정에서 발생하는 스트레스는 신경내분비계를 자극하여 면역과 대사 기능에 영향을 미치고, 도계 후 근육 내 생

* To whom correspondence should be addressed : kyungwoolee@konkuk.ac.kr

화학적 변화를 유발시켜 닭고기의 품질을 떨어뜨리게 된다 (Ali et al., 2008; Zhang et al., 2009; Yue et al., 2010; Li et al., 2017; Xing et al., 2019). 따라서 최근 동물복지 사육방식에 따른 육계의 생산성과 닭고기의 품질에 관한 연구가 보고되고 있다. 육계의 복지가 향상된 사육 환경은 결과적으로 육계의 생산성, 질병저항성 또는 닭고기의 품질에 영향을 줄 수 있을 것으로 예상된다. 최근 BenSassi et al.(2019)은 사육 환경(조명, 사육밀도 등)을 개선하면 육계의 폐사율과 닭고기의 명·파계 발생율이 감소하고, 체중미달과 도체 손상 발생율이 감소하였다고 보고하였다. 따라서 육계의 사육 환경을 개선하거나 복지가 충족된 환경을 제공한다면 육계의 생산성과 닭고기 품질이 높아질 것이다.

Environment enrichment는 동물관리의 핵심으로 동물의 행동 욕구가 충족될 수 있도록 동물에게 제공하는 항목을 말하며(Coleman et al., 2013), 육계 복지농장 인증기준에는 햇대, 모래상자, 휴식장소, 야외 운동장, 나무조각 등이 포함된다. 아울러 인증기준에는 포함되어 있지 않지만, 동물의 복지를 높이는 외부 환경 요인으로 음악이 있다. 음악은 스트레스 완화, 행동 변화, 환경 enrichment를 통하여 동물의 복지를 높일 수 있다(Alworth and Buerkle, 2013). 하지만 아직까지 육계를 포함한 가축에는 음악의 적용이 보고된 바 없다. 따라서 본 조사에서는 입추에서 출하까지 전 사육단계에서 특정 음악에 노출되었을 때 육계의 출하 체중과 닭고기 품질 등급에 미치는 효과를 알아보려 수행하였다. 음원 실험은 공간적으로 제한적인 실험 농장에서 수행하기에는 처리 간 소음의 완벽한 차단이 어렵기에, 본 조사는 음원을 사용하는 육계 계열 농장을 선정하여 현장 조사로 진행하였다.

재료 및 방법

1. 공시 동물 및 사육관리

충남 및 충북의 HACCP 인증을 받은 C계열화 회사의 협조를 받아 농가 조사를 진행하였으며, 농가의 선정 기준은 다음과 같다. 노출된 음원 이외에 소음이 통제되며, 동일 농장 내 음원을 제공하거나 제공하지 않는 동일한 환경의 계사가 존재하며, 같은 부화장의 병아리를 입추하는 농장으로 선정하였다. 본 연구에는 총 4개의 농가를 선정하였으며 (Table 1), 사육하는 육계 품종은 Ross 308로써 암·수 구별 없이 일괄 사육하였다. 음원을 제외한 모든 사양관리는 C계열 회사에서 제시하는 권장 사육 방법에 따라 진행하였다. 사료와 음수는 무제한 급이와 급수를 원칙으로 하였다. 옥수수 및 대두박 위주의 전·후기 사료는 종계 회사에서 제시하는 영양소 요구량을 충족하도록 설계하였다. 전기사료는 입추에서 21일까지 crumble 형태로 제공하였으며, 후기 사료는 22일에서 출하시까지 pellet 형태로 공급하였다. 사료 성분은 회사의 보안사항으로 제시하지 않았다. 점등은 사육 전 기간 동안 종야 점등을 원칙으로 하였다.

2. 농장 선정 및 음원

본 조사에 참여한 육계 농가는 2개 이상의 무창 계사를 보유하고 있으며, 두 계사 간 거리는 50 m 이상으로 음원에 영향을 받지 않았다. 동일 농장에서 한 계군에는 스피커를 통하여 모차르트 피아노 협주곡 2번을 일출부터 일몰시까지 동일하게 음악을 틀어주었다. 음원 없이 관행적으로 사육하는 계군은 대조군으로 설정하였다. 음원을 제공하지 않는 계사 내 소음은 환기를 포함하여 약 65 dB이며, 음원을 공

Table 1. Number of birds per farms subjected to music enrichment

Farm	Music treatment		Farm location
	Control (No. birds/flock)	Music enrichment (No. birds/flock)	
Farm A	22,560	22,680	Jin-Chun, Chung-Buk
Farm B	15,840	4,880	Bo-Eun, Chung-Buk
Farm C	7,410	7,410	Chung-Ju, Chung-Buk
Farm C	13,800	7,200	Chung-Ju, Chung-Buk
Farm B	14,880	5,040	Bo-Eun, Chung-Buk
Farm D	26,730	10,040	Kong-Ju, Chung-Chong
Farm A	21,770	21,680	Jin-Chun, Chung-Buk
Total	122,990	78,930	

급하는 계사의 소음은 75 dB(65 dB + 10 dB)로 유지되었다.

3. 출하 체중과 품질 등급 판정

4개 농장에서 총 7회의 출하과정을 진행하였으며(Table 1), 농장별 출하와 도계의 모든 과정은 동일하게 진행하였다. 음원 노출 처리 계군과 대조 계군은 분리 출하하여 처리군이 혼합되지 않도록 하였다. 동일한 시간에 출하하고 동일한 시간 동안 계류하였다. 등급판정은 계군별 200수를 무작위로 선별하여 국내에서 축산물품질평가사에 의해 현장에서 실시되는 계육 등급판정 절차에 따라 실시하였다(Jung et al., 2009). 우선 멍/파계(bruises/flesh blemishes)와 비정상계(carass abnormalities)는 교육받은 현장 작업인원이 사전 선별하고, 그 후 축산물품질평가사가 도체의 외관, 외상, 변색, 뼈의 상태, 신선도, 살붙임, 지방부착, 깃털, 이물질 및 도체 처리 상태를 종합적으로 판단하여 품질등급을 부여하였다.

4. 신선도 측정

닭 도체의 신선도는 토리미터(Torrymeter, TorryFreshness-Meter, Distell, Scotland)를 이용하여 측정하였다(Lee et al., 2014). 닭 도체의 torrymeter는 1 mA의 낮은 전류를 닭 도체에 흘려보내 전송 신호의 유전체/위상 변화와 탐지된 신호 사이의 차이를 측정하는 것으로, 근육의 유전체 변화는 효소 및 세균 활동, 시간 지연에 의해 발생하는 세포 구조의 변화 시 변화하는 전도성과 임피던스 값이 0~16으로 표시되며, 숫자가 높을수록 신선함을 의미한다.

5. 통계분석

본 실험의 반복은 농가로 설정하였다. 연구 기간 동안 얻어진 자료의 통계 분석은 student *t*-test를 처리하였으며, 5% 유의수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

육계는 빠른 성장율로 활동성이 떨어져 다리 이상이 빈번

하게 발생하며, 건조하고 딱딱한 깔짚에 가슴, 다리 등 접촉으로 피부 손상이 발생하고 있다(EFSA, 2010). 따라서 지금까지 수행된 environment enrichment 연구는 주로 헛대, 사육밀도, 환경온도, 점등, 야외운동장, 깔짚, 휴식장소 등 닭의 선천적인 행동을 높일 수 있는 사육 환경과 밀접한 관계가 있었다. 이러한 environment enrichment는 사육 환경을 개선하여 동물의 선천성 행동 발현 기회를 높이고, 생물학적 기능을 이끌어내는 것이다(Riber et al., 2018). 농장에서 복지 환경을 제공하면 생산성에는 영향이 없지만(Aksit et al., 2017), 닭의 복지 지표 향상(Vasdal et al., 2019), 면역능 향상(Mohamed et al., 2014; Matur et al., 2016), 그리고 닭고기 내 병원성 미생물 오염수준이 감소(Iannetti et al., 2020)한다고 보고된 바 있다. 이와 반대로 복지가 향상된 환경에서 자란 육계에서 생산성 감소, 폐사율 증가 및 가슴육의 전단력(shear force)이 증가하였다는 결과도 보고된 바 있다(Zhao et al., 2014).

2017년 기준으로 미국의 복지인증 축산물이 차지하는 비율은 전체 대비 약 5%에 해당하는 것으로 보고되었다(Spain et al., 2018). 국내·외에서 수행한 설문조사에 따르면 동물 복지 축산물에 대한 소비자 인지도와 구매 의향은 높은 것으로 알려져 있다(Hong et al., 2018; Spain et al., 2018). 본 연구에서는 육계의 육추에서 출하 단계까지 특정 음악을 틀어주었을 때 출하 시 출하 체중과 닭고기의 품질에 영향이 있는지 알아보고자 실시하였다. 본 연구는 특정 음원을 사용하는 농장을 선정하여 진행한 현장 조사로써 사육환경을 인위적으로 조절하지는 않았다. 본 결과에서 도출된 계군별 출하 체중은 계열회사에서 제공받았으며, 닭 도체의 품질은 축산물품질평가사에 의해 현장에서 실시되는 계육 등급판정에 따라서 진행하였다.

실험 결과, 음원 노출 여부와 상관없이 육계의 출하 체중은 평균 1.5 kg 내외를 나타내었다(Table 2). 또한, 육계의 사육 기간 동안 음원 노출에 따른 계육의 신선도(토리미터 수치), 멍/파계 발생율, 이상육 및 A 등급 발생율에는 차이가 발견되지 않았다(Table 3). 본 연구에서 얻어진 계육 품질

Table 2. Effect of music enrichment on body weight in broiler chickens¹

Item	Control		Music enrichment		<i>P</i> -value
	Mean	SD ²	Mean	SD	
Live body weight, kg/bird	1.54 ¹	0.25	1.52	0.20	0.53

¹ Values are average of seven flocks per treatment.

² Standard deviation.

Table 3. Effect of music enrichment on meat quality grade of broiler carcasses¹

Items	Control		Music enrichment		P-value
	Mean	SD ²	Mean	SD	
Torrymeter value	12.30 ¹	0.85	12.80	0.86	0.44
Skin bruises (%)	5.12	1.24	5.06	1.22	0.94
Flesh blemishes (%)	1.13	0.51	1.19	0.44	0.87
Carcass abnormality (%)	1.71	0.67	1.63	0.84	0.88
Quality A grade (%)	83.8	8.96	82.6	5.68	0.84

¹ Values are averages of 7 flock replicates with 200 carcasses per flock.

² Standard deviation.

결과는 Jung et al.(2009)이 보고한 계육의 품질평가 결과와 비슷하거나 우수하였다. 즉, 계육의 토리미터 수치는 유사하였으나, A 등급 출현율(82.6~83.8% vs. 73.5~78.9%)과 이상육 발생율(1.63~1.71% vs. 2.37~2.91%)은 더 높은 수치를 나타내었다. 결과적으로 육계의 사육 단계에서 특정 클래식 음악을 틀어주어도 출하 체중과 닭고기의 등급에는 영향이 없는 것으로 조사되었다.

육계를 포함한 산업 동물의 복지는 최종 산물의 품질이나 안전성을 높이기 위함이 아니라, 동물에게도 기본적인 생명유지와 생산활동을 위한 환경을 제공하고, 불필요한 고통을 당하지 않도록 하는 것을 바탕으로 한다(Coleman et al., 2013). 하지만 밀사스트레스, 고온스트레스 등 사육 환경에서 발생하는 다양한 스트레스는 육계의 생산성, 대사, 면역 등에 광범위하게 영향을 미치기 때문에 사육환경이 개선된 동물 복지 사육 방식은 생산성과 닭고기의 품질에 긍정적인 영향을 미친다는 보고가 종종 발표되고 있다. 농장 사육 또는 출하 수송 과정에서 발생하는 스트레스는 닭의 신경·내분비계를 자극하고, 면역과 대사 기능을 떨어뜨려 도계 후 근육 내 생화학적 변화를 유발시켜 닭고기 품질을 떨어뜨리기 때문이다(Ali et al., 2008; Zhang et al., 2009; Yue et al., 2010; Li et al., 2017; Xing et al., 2019).

본 조사는 육계 농장 사육 단계에서 특정 음원 노출에 따른 영향을 알아보기 위하여 진행되었기에 닭의 행동, 스트레스, 두려움 등 지표를 측정하지는 않았다. 선행 연구에 따르면 음원이 동물의 생산성과 스트레스 지표에 긍정적 또는 부정적인 결과를 미친다고 보고된 바 있다. 특정 음원이 육계의 체중과 사료요구율이 향상되었거나, 산란계에서 스트레스 지표인 혈액 내 heterophil : lymphocyte ratio가 감소하였다고 보고되었다(Gvoryahu et al., 1989; Ladd et al., 1992). 이와

유사하게 실험동물인 토끼에게 음악을 틀어주면 분변 내 cortisol 함량이 감소하였다고 보고되었다(Peveler and Hickman, 2018). 하지만 Campo et al.(2005)은 산란계에서 클래식 음악을 75 dB 또는 90 dB로 틀어주면 스트레스와 두려움을 나타내는 지표는 오히려 증가하였다고 보고하였다.

본 연구는 4곳의 육계 농장에서 음원 처리별 7계군(flock)에 대한 조사이기 때문에, 생산성과 최종 생산물인 닭고기의 품질에 environment enrichment로서 음원이 효과가 없다고 결론을 맺기에는 한계가 있다. 특히 본 조사는 농장에서 얻어진 결과로써 조절하지 못한 환경 요인이 조사 결과에 영향을 미칠 수 있다. 예를 들면, 도계장의 운송거리는 농장 별로 차이가 발생하였으며, 일부 농장에서는 산발적으로 장염도 발생하여 농장별 분석 결과에 상당한 오차가 발생하였다. 따라서 향후 참여 농장의 수를 늘려 진행한다면 음원의 효과를 보다 정확하게 평가할 수 있을 것이다. 또한, 분석항목에서도 행동과 스트레스 지표 등 가축의 복지 지표를 추가한다면 좀 더 유익한 정보를 도출할 수 있을 것이다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 동물 복지와 관련하여 육계 농장에서 음원 노출에 대한 연구로써 국내·외에서 처음으로 시도되어 그 가치와 의의가 높다고 할 수 있다.

결론

본 연구는 environment enrichment의 일환으로 농장 사육 단계에서 특정 음원이 육계의 출하 체중과 닭고기의 품질에 영향을 미치는지 알아보기 위하여 수행하였다. 특정 음원에 노출되어도 육계의 출하 체중과 닭고기의 품질등급에는 차이가 발견되지 않았다. 향후 특정 음원에 따른 육계의 행동, 스트레스, 면역 등 다양한 복지 지표에 대한 추가 연구가 필요하

했다. 이를 위하여 육계의 행동, 발생, 체온 등을 측정할 수 있는 ICT 기술을 활용한다면 계사 내 environment enrichment에 따른 계군의 복지 지표를 평가할 수 있을 것이다.

적 요

본 조사는 육계에게 특정 음원에 장기간 노출시켜 출하 후 비정상계 비율 및 등급판정에 따른 A급 비율을 파악하고자 실시하였다. 음원을 제공하는 4개의 육계농가를 선정하여 클래식 음악을 입추일부터 출하일, 일출시부터 일몰시까지 동일한 시간동안 틀어주었다. 4개 농장에서 총 7회의 걸쳐 현장 조사를 진행한 결과, 음원 노출 여부와 상관없이 육계의 출하 체중은 평균 1.5 kg 내외를 나타내었으며, 처리간 차이는 발생하지 않았다($P>0.05$). 음원 노출에 따른 닭고기의 신선도(토리미터 수치), 멍/파계 발생율, 이상율 및 A 등급 발생율에도 차이가 발견되지 않았다. 결론적으로 농장 단위에서 육계에 특정 음원을 틀어주어도 출하 체중과 닭고기의 품질 등급에는 영향이 없는 것으로 조사되었다. 향후 특정 음원에 따른 육계의 행동, 스트레스, 면역 등 복지를 나타내는 지표에 대한 추가 연구가 필요하겠다.

(색인어: 등급, 음원, 육계, 생산성)

사 사

이 논문은 2019학년도 건국대학교의 연구년교원 지원에 의하여 연구되었음.

ORCID

Jae Cheong Lee <https://orcid.org/0000-0003-3572-3084>
 Sang Hyeok Lee <https://orcid.org/0000-0002-3184-5554>
 Cheorun Jo <https://orcid.org/0000-0003-2109-3798>
 Kyung-Woo Lee <https://orcid.org/0000-0002-3533-7979>

REFERENCES

- Aksit M, Yardim ZK, Yalcin S 2017 Environmental enrichment influences on broiler performance and meat quality: effect of light source and providing perches. *Euro Poult Sci* 81:10.1399/eps.2017.182.
- Ali MS, Kang GH, Joo ST 2008 A review: influences of pre-slaughter stress on poultry meat quality. *Asian-Aust J Anim Sci* 21(6):912-916.
- Alworth LC, Buerkle SC 2013 The effects of music on animal physiology, behavior and welfare. *Lab Anim* 42:54-61.
- Anonymous 1993 Second report on priorities for research and development in farm animal welfare. *Farm Animal Welfare Council (FAWC), Department of Environment, Food and Rural Affairs, London, UK.*
- BenSassi N, Vas J, Vasdal G, Averos X, Estevez I, Newberry RC 2019 On-farm broiler chicken welfare assessment using transect sampling reflects environmental inputs and production outcomes. *PLoS One* 14(4):e0214070.
- Campo JL, Gil MG, Davila SG 2005 Effects of specific noise and music stimuli on stress and fear levels of laying hens of several breeds. *Appl Anim Behav Sci* 91:75-84.
- Cockram MS, Duala KJ 2018 Injury and mortality in broilers during handling and transport to slaughter. *Can J Anim Sci* 98(3):416-432.
- Coleman K, Weed JL, Schapiro SJ 2013 Chapter 4 - Environmental Enrichment for Animals Used in Research. *Animal Models for the Study of Human Disease Academic Press.* Pages 75-94.
- EFSA 2010 Scientific opinion on the influence of genetic parameters on the welfare and the resistance to stress of commercial broilers. *EFSA J* 8(7):1666.
- Gvoryahu G, Cunningham DL, Van Tienhoven A 1989 Filial imprinting, environmental enrichment, and music application effects on behavior and performance of meat strain chicks. *Poult Sci* 68:211-217.
- Hong EC, Kang HK, Park KT, Jeon JJ, Kim HS, Kim CH, Kim SH 2018 A survey of Korean consumer's awareness on animal welfare of laying hens. *Korean J Poult Sci* 45(3):219-228.
- Iannetti L, Neri D, Santarelli GA, Cotturone G, Vulpiani MP, Salini R, Antoci S, Di Serafino G, Di Giannatale E, Messori S 2020 Animal welfare and microbiological safety of poultry meat: impact of different at farm animal welfare levels on at-slaughter *Campylobacter* and *Salmonella* contamination. *Food Control* 109:106921.
- Jung S, Lee JC, Choe JH, Jo C 2009 Effect of the use of antibiotics n meat quality grade of broiler carcass. *Korean J Poult Sci* 36(3):223-229.

- Ladd JK, Albright JL, Beck AM, Ladd BT 1992 Behavioural and physiological studies on the effect of music on animals. *J Anim Sci* 70(Suppl. 1):170.
- Lee JC, Kim Bk, Jun JA, Yim CH, Kim H, Lee KW 2014 Comparison of water retention and loss of chicken carcasses by different water chilling condition. *Korean J Poult Sci* 41(3):159-164.
- Li ZY, Lin J, Sun F, Li H, Xia J, Li XN, Ge J, Zhang C, Li JL 2017 Transport stress induces weight loss and heart injury in chicks: disruption of ionic homeostasis via modulating ion transporting ATPases. *Oncotarget* 8:24142-24153.
- Matur E, Akyazi I, Eraslan E, Ekiz EE, Eseceli H, Keten M, Metiner K, Bala DZ 2016 The effects of environmental enrichment and transport stress on the weights of lymphoid organs, cell-mediated immune response, heterophil functions and antibody producing in laying hens. *Anim Sci J* 87(2): 284-292.
- Mohamed RA, Eltholth MM, El-Saidy NR 2014 Rearing broiler chickens under monochromatic blue light improve performance and reduce fear and stress during pre-slaughter handling and transportation. *Biotechnol Anim Husb* 30(3):457-471.
- OIE (World Organization for Animal Health) 2019 Animal Welfare and Broiler Chicken Production Systems. https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahc/current/c_hapitre_aw_broiler_chicken.pdf. Accessed on March 10, 2019.
- Peveler JL, Hickman DL 2018 Effects of music enrichment on individually housed male New Zealand white rabbits. *J Am Assoc Lab Anim Sci* 57(6):695-697.
- Riber AB, van de Weerd HA, de Jong IC, Steinfeldt S 2018 Review of environmental enrichment for broiler chickens. *Poult Sci* 97(2):378-396.
- Spain CV, Freund D, Mohan-Gibbons H, Meadow RG, Beacham 2018 Are they buying it? United States consumers' changing attitudes toward more humanely raised meat, eggs, and dairy. *Animals* 8:128.
- Vasdal G, Vas J, Newberry RC, Moe RO 2019 Effects of environmental enrichment on activity and lameness in commercial broiler production. *J Appl Anim Welf Sci* 22(2):197-205.
- Xing T, Gao F, Tume RK, Zhou G, Xu X 2019 Stress effects on meat quality: a mechanistic perspective. *Com Rev Food Sci Food Safety* 18(2):380-401.
- Yue HY, Zhang L, Wu SG, Xu L, Zhang HJ, Qi GH 2010 Effects of transport stress on blood metabolism, glycolytic potential, and meat quality in meat-type yellow-feathered chickens. *Poult Sci* 89(3):413-419.
- Zhang L, Yue HY, Zhang HJ, Xu L, Wu SG, Yan HJ, Gong YS, Qi GH 2009 Transport stress in broilers: I. blood metabolism, glycolytic potential, and meat quality. *Poult Sci* 88(10):2033-2041.
- Zhao Z, Li J, Li X, Bao J 2014 Effects of housing systems on behavior, performance and welfare of fast-growing broilers. *Asian-Aust J Anim Sci* 27(1):140-146.

Received Mar. 20, 2020, Revised Apr. 16, 2020, Accepted Apr. 21, 2020