



동물복지를 고려한 육계 운송 시 운송 밀도와 계절에 따른 행동, 체표면 온도, 호흡수 평가

이제석^{1*} · 유명환^{1*} · 산 란디마 나와라트너¹ · 엘리자 오킨라 오켓치¹ · 허정민^{2†}

¹충남대학교 축산학과 대학원생, ²충남대학교 동물자원과학부 교수

Effect of Crating Density and Weather in Transit on Behavior, Surface Temperature, and Respiration Rate in Broilers Considering Animal Welfare

Jeseok Lee^{1*}, Myunghwan Yu^{1*}, Shan Randima Nawarathne¹, Elijah Ogola Oketch¹ and Jung Min Heo^{2†}

¹Graduate Student, Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea

²Professor, Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea

ABSTRACT This study aimed to investigate the effects of seasonal differences and crating densities on the behavior, surface temperature, and respiration rate of broilers during transportation. A total of 600 broilers aged 35 days were divided into 10 treatment groups based on five crating densities (10.3, 11.5, 12.8, 14.1, 15.4 birds/m²) with two seasons (i.e. summer and winter) to give six replicates. Broilers were allocated to the crates (1.00 m × 0.78 m × 0.26 m) in a randomized design. The transportation distance was 20 km for 40 minutes (average 30–50 km/h) during the early morning. The results revealed that standing behavior of broilers during transportation was shown more frequently ($P<0.05$) in winter. Moreover, sitting behavior was significantly shown ($P<0.05$) more at densities of 14.1 birds/m² and 15.4 birds/m² compared to other treatments. Standing behavior was significantly shown more ($P<0.05$) in winter and lower crating density. Changes in broilers surface temperature after transportation were higher ($P<0.05$) in summer. However, surface temperature after transportation was not affected ($P>0.05$) by crating density, and interaction between seasonal differences and crating density. Respiration rate was higher ($P<0.05$) in summer. But there were no effects ($P>0.05$) on respiration rate based on crating density, and interaction between seasonal differences and crating density. Based on the results of the present study, broilers transportation is recommended in winter rather than summer to minimize the climatic stress, but further research is required to identify proper crating densities to improve the broilers welfare during transportation.

(Key words: animal welfare; broiler; crating density; season; transportation)

서론

육계 사양 시 동물복지 요소는 주로 사육 밀도, 조도, 깔개, 환기, 영양사양 관리, 질병 및 건강 상태, 환경 풍부화 등이 꼽힌다(Meluzzi and Sirri, 2009). 국내에서는 육계 복지 향상 및 사육환경 개선을 목적으로 한 연구가 꾸준히 진행되어 왔고(Song et al., 2022; Lee et al., 2023), 동물복지형 축산을 위한 사육기준(사육밀도, 시설관리, 관리방법)의 법령화 또한 최근에 이루어졌다(Jeon, 2021). 해외에서는 다른

수준의 복지요소를 도입한 사육시스템에서 사육하였을 때의 차이를 동물복지적 관점에서 평가하고(de et al., 2022), 계사 내 환경 풍부화에 따른 육계의 행동 변화를 연구하는(Ohara et al., 2015; Bergmann et al., 2017) 등 전 세계적으로 육계 복지 향상을 위한 연구는 활발히 진행되고 있는 실정이다. 이와 같이 육계 복지와 관련된 대부분의 연구는 계사 환경 조건에 의한 행동 분석을 기반으로 복지 수준을 증진하고자 하였다. 그러나 운송 중인 육계의 행동 분석을 통해 최적의 운송 조건을 규명하는 것 또한 중요하다. 이는 동

* These authors have contributed equally to this work.

† To whom correspondence should be addressed : jmheo@cnu.ac.kr

물복지형 축산을 위한 사육 기준에 비해 비교적 운송 관련 기준은 미흡한 현 실정과 더불어(Jeon, 2021), 기본적으로 가금의 행동을 이해하는 것이 복지 수준을 평가하는데 매우 중요함에서부터 기인한다(Duncan et al., 1998).

육계 운송 시 동물 복지 요소는 운송 이전 절식(feed withdrawal), 닭을 잡아서 어리장에 넣기(catching and crating), 운송 케이지 모델, 외부 기온, 그리고 운송 밀도 등으로 구분할 수 있다(Chikwa et al., 2019). 이 중 운송 밀도는 가장 기본적이고 중요한 요인으로, 육계 운송 시 스트레스와 경제적 손실을 줄이고 폐사율(DOA, Dead on Arrival)을 경감시키기 위하여 높은 운송 밀도는 피하는 것이 바람직하다(Delezie et al., 2007). 운송 시 외부 기온 또한 중요한 요인으로, 높은 기온에서 보다는 낮은 기온에서 운송이 권장되는 것으로 알려져 있다(Arikan et al., 2017). 이처럼 극심한 기온과 높은 운송 밀도를 비롯한 악조건 속 운송 시 육계의 복지 수준을 평가한 연구에서는 운송 후 계육 품질 및 생리학적 반응을 관찰하여 스트레스를 평가한 경우가 대부분을 차지한다. 국내에서는 본 연구와 동일한 설계 하의 선행 연구에서 동물복지를 고려한 육계의 사육밀도(30 kg/m² 이하)를 토대로 운송밀도를 설정하여 운송밀도에 따른 생산성, 육질 및 스트레스의 변화를 주제로 연구를 진행하였다(Yu et al., 2022). 반면 육계의 행동 변화에 초점을 두고 진행한 연구는 거의 없어, 육계 운송 시 행동학적 분석을 통한 최적의 운송 조건을 규명한 사례는 찾기 어려운 실정이다.

본 연구는 육계 운송 시 어리장(1.00 m × 0.78 m × 0.26 m) 내 육계의 마릿수와 계절에 따른 육계의 행동, 체표면 온도, 호흡수를 분석하였다. 본 연구 결과를 바탕으로 육계 운송 시 행동 및 생리학적 변화를 기초로 한 적정 외부기온과 운송밀도를 규명하여, 양계산업 현장에서 육계 운송 시 적절한 운송 기준을 설정할 수 있도록 하고, 동시에 운송 시 육계 복지를 향상시켜 보다 지속가능한 양계산업을 추구할 수 있도록 하였다.

재료 및 방법

1. 공시동물과 시험설계

본 실험은 충남대학교 동물윤리위원회 심의규정(202206-CNU-082)에 의해 검토된 후 수행되었고, 동물의 관리 및 취급은 본 대학 동물실험윤리위원회의 규정을 준수하고, 승인을 받았다. 실험에서 사용된 공시동물은 35일령 Ross 308 600수(평균 무게 1,750 g)이며, 섭외된 적재차량의 어리장의 크기(1.00 m × 0.78 m × 0.26 m) 내 동물복지를 고려한 육

계의 사육밀도(30 kg/m²)를 토대로 운송밀도를 설정하였고, 각각 처리구는 어리장 내 닭의 수수 기준으로 8수(10.3 birds/m²), 9수(11.5 birds/m²), 10수(12.8 birds/m²), 11수(14.1 birds/m²), 12수(15.4 birds/m²)로 설정하였다. 처리구당 6반 복으로 진행하였으며, 실험은 여름, 겨울 총 2번 실시하였다.

본 실험은 운송 4시간 전에 절식을 진행하였으며, 한국의 대전 유성구에 위치한 충남대학교를 중심으로 수행되었다. 농장에서 수송거리는 총 20 km였으며, 운송시간은 40분이었고, 온도와 습도는 기상청의 데이터를 바탕으로 기록하였다. 외부의 온도와 습도는 각각 여름에는 27℃, 80%, 겨울에는 영하 9℃, 60%으로 측정되었다. 또한, 운송은 동일한 시간과 경로로 수행되었다.

2. 조사항목

1) 행동

행동 분석의 경우, 트럭을 이용한 운송 중 어리장 속에 있는 모든 닭들의 행동을 분석하기 위해 4채널 차량용 블랙박스(GT900, GNET system, Hwaseong, Korea)를 설치하였다. 닭의 행동은 닭의 기본 행동 중 앉기 행동(sitting)과 서기 행동(standing)을 운송시간인 40분 동안 발견되는 빈도에 따라 수집 분석을 한 뒤 30분을 기준으로 변환하여 제시하였다.

2) 체표면 온도

체표면 온도의 경우, 운송 이전과 운송 후 휴대용 열화상 카메라(IRay T3PRO, Shandong, China)를 이용하여 각각 어리장 내 육계의 체표면 온도를 측정하여 나타나는 수치들의 평균으로 계산하였다. 또한, 도착 전후의 온도 변화를 절대값으로 변환하여 분석하였다(Fig. 1).

3) 호흡수

호흡수의 경우 운송이 끝나고 체온변화 측정이 끝난 뒤 1분 동안 카메라(GoPro Hero 8, San Mateo, CA)를 이용하여 어리장당 무작위로 선택된 3마리의 육계를 이용하여 분당 호흡수를 측정하였다.

3. 통계처리

실험에 이용된 모든 데이터는 SPSS 26.0(SPSS Inc., Chicago, USA)의 GLM program(general linear model, two-way ANOVA procedure, SPSS Inc., Chicago, USA)를 이용하여 분석하였으며, 모든 분석항목을 어리장을 통계단위로

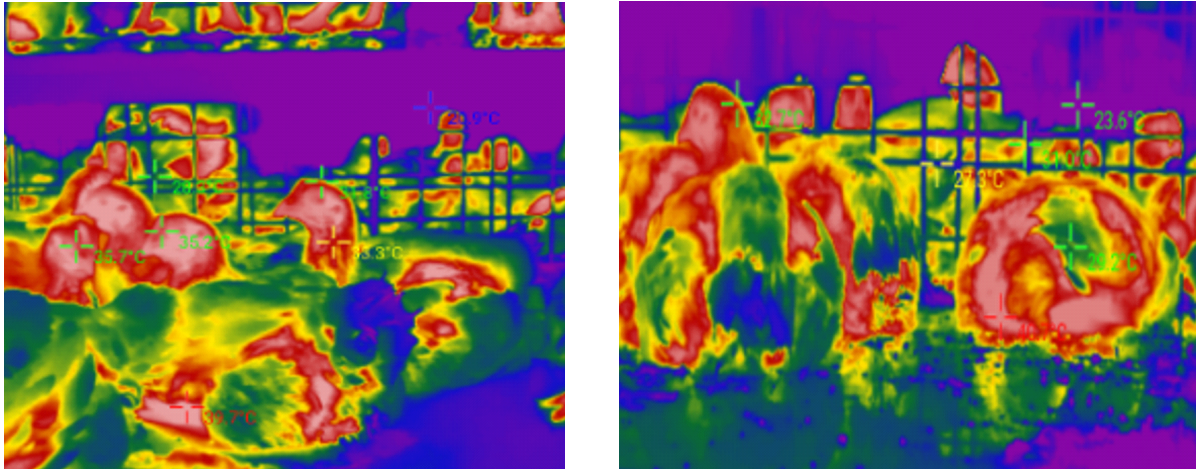


Fig. 1. Skin temperature of broiler before and after transportation.

계산하였다. 계절에 관계 없이 모든 측정값에 대해 운송 밀도의 선형 또는 비선형 효과의 유의적인 차이를 평가하기 위해 Orthogonal polynomial contrast를 이용하여 분석하였다. 또한, 사후 검정은 Tukey의 다중검정을 이용하였고, 95%의 신뢰수준에서의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 행동

Table 1은 육계의 운송 밀도와 계절에 따른 행동 발현을 나타낸다. 육계 운송 시, 평균적인 서기 시간은 여름철(27°C)에 6.08분으로, 겨울철(-9°C)에는 8.26분으로 나타났고, 앉기 행동은 여름철(27°C)에 23.92분이었으며, 겨울철(-9°C)에 21.74분으로 나타났다. 서기 행동의 경우, 겨울철(-9°C)에 여름철(27°C)보다 더 많이 발현되었고($P<0.05$), 앉기 행동의 경우 겨울철(-9°C)에 여름철(27°C)보다 더 많이 나타났다($P<0.05$).

본 연구의 경우, 육계의 운송을 전체로 하였으나, 관련 연구가 충분하지 않을 경우 다른 축종의 운송 연구를 참조하여 결과를 해석하였다. 운송 시 온도에 따른 행동 변화를 조사한 선행 연구에 따르면 저온(-18°C)에서 칠면조의 운송 시, 앉기 행동과 서기 행동은 각각 유의미하게 줄어들었고, 반면 무리 짓기(huddle), 깃털 고르기(preen), 떨기(shiver)와 같은 체온조절 행동(thermoregulatory behaviors)의 발현이 증가하였다고 보고하였다(Henrikson et al., 2018). 또한 An 등(2023)은 높은 온도에서 돼지 운송 시, 서기 행동과 앉기 행동이 모두 감소하고, 눕기 행동(Lying)이 증가하였다고 보

고하였다. 이와 같이 운송 시 외부 기온에 따른 동물의 행동 변화는 일관되지 않은 경향성을 보인다. 다만, 본 연구에서 운송 시 앉기 행동이 여름철에 더 많이 발현된 결과는 육계가 고온 환경에서 앉기 행동으로써 체표면을 넓혀 스스로 열을 배출하고, 열 스트레스에 대응하였기 때문으로 사료된다(Lee et al., 2021). 또한 고온 환경에서 체내 열 발생량을 줄이기 위해 앉기 행동으로써 신체적 활동을 줄이고, 기초 대사율을 낮추어 열 스트레스에 효과적으로 대응하였다고 해석할 수 있다(Li et al., 2015). 또한 많은 연구에서 가금의 행동 중 앉기 행동의 경우 휴식 행동(resting)으로 분류하여 왔지만(Bergmann et al., 2017; Henrikson et al., 2018), 가금에 있어 행동은 단순 앉기와 서기 두 종류 외에도 다른 수많은 종류의 행동이 발현되므로, 앉기와 서기 두 행동만의 발현 정도를 비교하여 육계 복지를 평가하는 것은 적절하지 않을 수 있다. 따라서 추후 연구에서 육계 운송 시 앉기와 서기뿐만 아니라, 구체적인 행동(보행, 몸단장, 쪼기, 무리 짓기, 떨기, 날개짓 등)을 추가적으로 분석할 경우(Ha et al., 2011; Bergmann et al., 2017; Henrikson et al., 2018), 운송 시 육계 복지를 행동학적 관점에서 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구 결과, 보다 높은 운송 밀도에서 서기 행동은 감소하고, 앉기 행동은 증가하였다($P<0.05$). 서기 행동의 경우, 운송 밀도가 가장 낮은 10.3 birds/m² 처리구에서 가장 많이 관찰되었고, 운송 밀도가 커질수록 적게 관찰되었다($P<0.05$). 반면 앉기 행동의 경우, 운송 밀도가 가장 큰 15.4 birds/m² 처리구에서 가장 많이 나타났으며, 운송 밀도가 낮아질수록 적게 나타났다. 이러한 결과는 돼지 운송 시 운송

Table 1. Influence of crating density and weather conditions on broiler behaviors during transportation

Crating density	Weather ¹	Standing (Min)	Sitting (Min)
10.3 birds/m ²	Summer	9.13 ^g	20.87 ^a
11.5 birds/m ²		7.00 ^d	23.00 ^d
12.8 birds/m ²		5.60 ^c	24.40 ^e
14.1 birds/m ²		4.89 ^b	25.11 ^f
15.4 birds/m ²		3.75 ^a	26.25 ^g
10.3 birds/m ²	Winter	9.36 ^g	20.64 ^a
11.5 birds/m ²		9.01 ^{fg}	20.99 ^{ab}
12.8 birds/m ²		8.50 ^f	21.50 ^b
14.1 birds/m ²		7.68 ^e	22.32 ^c
15.4 birds/m ²		6.75 ^d	23.25 ^d
SEM		0.037	0.037
Main effect			
Crating density			
10.3 birds/m ²		9.24 ^c	20.76 ^a
11.5 birds/m ²		8.01 ^{bc}	21.99 ^{ab}
12.8 birds/m ²		7.05 ^{abc}	22.95 ^{abc}
14.1 birds/m ²		6.29 ^{ab}	23.71 ^{bc}
15.4 birds/m ²		5.25 ^a	24.75 ^c
SEM		0.244	0.244
Weather			
Summer		6.08	23.92
Winter		8.26	21.74
SEM		0.280	0.280
P-value			
Crating density		<0.001	<0.001
Weather		0.001	0.001
Crating density × Weather		<0.001	<0.001
Crating density (linear) ²		<0.001	<0.001
Crating density (quadratic) ²		<0.001	<0.001

¹ Weather: Summer = high ambient temperature (27°C), Winter = low ambient temperature (-9°C).

² Linear and quadratic effects of increasing crating density with the pooled data of broilers from different weather.

^{a-g} Values with different superscripts in the same row were significantly different ($P < 0.05$).

SEM, standard error of the mean.

밀도가 높을수록 불편함에 의해 단일 행동(singularity behavior)이 증가하여 앞가 행동이 더 많이 발현되었음을 보고

한 An 등(2023)의 연구와 동일한 결과이다. 또한 밀도 (density)의 관점에서 토종육계가 낮은 사육 밀도(9.5 bird/

m²)에서 서기 행동을, 높은 사육 밀도(12.6 bird/m²)에서 앉기 행동을 자주 나타냈다고 보고한 Ha 등(2011)의 연구결과와 일치한다. 반면 육계 사육 시 밀도가 높을수록 완전한 휴식을 취하기 어려운 상황에 놓여 앉기 행동의 감소가 나타났다고 보고한 연구와는 상반되는 결과이다(Lewis and Hurnik, 1990; Hall, 2001; Thomas et al., 2011). 또한 본 연구에서 운송 시 서기 행동에 비해 앉기 행동이 전반적으로 더 많이 관찰되었는데, 이는 육계 사육 시 사육밀도와 관계없이 가장 많이 관찰된 행동은 앉기 행동이라고 보고한 선행 연구와 동일한 경향을 보인다(Thomas et al., 2011; Son et al., 2013). 이와 같이 육계의 행동과 밀도 간 연관성을 조사한 연구는 계사 내 사육 밀도를 기준으로 육계의 행동을 분석한 경우가 대부분이므로(Andrews et al., 1997; Thomas et al., 2011; Son et al., 2013), 운송 밀도를 바탕으로 한 육계의 행동학적 연구가 추가적으로 필요한 것으로 사료된다.

또한 육계 운송 시 운송 밀도와 계절 간 상호 작용 효과는 행동 변화에 모두 통계적으로 유의미한 영향을 미쳤다($P < 0.05$). 서기 행동의 경우, 겨울철에 낮은 운송 밀도로 운송 시 증가하였고($P < 0.05$), 반면 앉기 행동은 여름철 높은 운송 밀도로 운송 시 더 많이 관찰되었다($P < 0.05$). 이러한 결과는 돼지를 낮은 온도(10°C 이하)와 낮은 밀도(0.43 m²/100 kg)로 운송 시, 서기 행동이 더 많이 관찰되었음을 보고한 선행 연구와 동일한 결과이다(An et al., 2023). An 등(2023)의 경우 고온 환경에서 돼지 운송 시, 다른 돼지와 접촉을 피해 시원한 공간을 찾아 눕기(lie down) 때문이라고 해석하였지만 육계를 공시동물로 한 운송 밀도와 계절 간 상호작용 효과에 따른 행동학적 연구는 아직 미흡한 실정이므로 추가적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

2. 체표면 온도

Table 2는 육계의 운송 밀도와 계절에 따른 체표면 온도 변화를 나타낸다. 운송 시 고온 환경의 여름(27°C)에 육계의 평균 체표면 온도는 운송 전 38.70°C, 운송 후 41.11°C로 나타났고, 저온 환경의 겨울(-9°C)에 육계의 평균 체표면 온도는 운송 전 36.56°C, 운송 후 36.77°C로 나타났다. 운송 이전 체표면 온도와 운송 이후 체표면 온도는 겨울철(-9°C)보다 여름철(27°C)에 더 높은 경향을 나타냈다($P < 0.05$). 또한 운송 전후 체표면 온도의 차이는 겨울철(-9°C)보다 여름철(27°C)에 더 크게 나타났다($P < 0.05$). 이는 돼지 운송 시 외부 기온이 높을수록 운송 후 체표면 온도와 운송 전후 체표면 온도 변화가 더 크게 나타난 동일한 결과이다(An et al.,

2023). 본 연구에서 육계 운송 시 외부 기온과 평균 체표면 온도가 양의 상관관계로 나타났는데, 이는 육계에서 깃털로 덮여 있는 체표면 온도는 외부 기온과 가깝기 때문으로 사료된다(Yahav et al., 2005). 이는 육계의 체표면 온도는 체내 심부 온도와 강한 상관관계에 있어 체온조절 상태의 지표가 될 수 있다고 보고한 선행 연구에 따라(Giloh et al., 2012), 운송 시 외부 기온이 육계의 체온조절에 영향을 미치는 것으로 해석될 수 있다. 또한 육계의 체심부 온도는 외부 기온과 양의 상관관계를 가진다고 보고된 바 있다(Strawford et al., 2011). 하지만 대부분의 연구는 육계 사육 시의 외부 기온과 체온 간 상관관계를 규명한 경우가 다수이고, 운송 시 그 관계를 규명한 연구는 거의 없는 상황이다. 따라서 추후 연구에서 육계 운송 시, 외부 기온과 육계의 체표면 및 체심부 온도 간의 연관성을 파악하는 추가적인 연구를 진행하여 운송 시 외부 기온이 육계의 체온에 미치는 영향을 더욱 정확하게 규명한다면, 운송 시 육계의 복지 향상에 더욱 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

반면, 육계 운송 시 운송밀도에 따른 체표면 온도 변화는 관찰되지 않았고($P > 0.05$), 계절과 운송밀도 간 상호작용 효과 또한 존재하지 않았다($P > 0.05$). Alaeldein 등(2013)에 따르면 육계의 사육 밀도를 높일 경우 체표면 온도가 상승함을 관찰하였다. 또한 Hussnain 등(2020)에 따르면 겨울철(3.6~9.5°C)에 육계 운송 시, 높은 운송 밀도(30.30 birds/m²)에서 육계의 직장 온도가 증가한다고 보고하였다. 그리고 높은 운송 밀도에서 돼지 운송 시, 일반적으로 낮은 운송 밀도에 비해 운송 전후 체표면 온도 변화가 더 큰 것으로 나타났다(An et al., 2023). 이와 같이 동물 체온의 변화와 밀도 간 상관관계를 조사한 다양한 연구 사례를 바탕으로 높은 운송 밀도에서 육계의 체표면 온도가 상승할 것으로 유추되나, 본 연구 결과 운송밀도에 따른 체표면 온도 변화는 나타나지 않았다. 이는 본 연구의 운송밀도가 동물복지를 고려한 육계의 사육밀도(30 kg/m² 이하)에 기반하였고, 이는 체표면 온도에 영향을 미칠 만큼 높은 밀도가 아니었기 때문으로 사료된다. 혹은 실제로 깃털로 인해 육계의 체표면을 정확하게 측정하기 어려움이 존재하였다. 따라서 추후에는 좀 더 정확한 결과를 얻기 위해 직장을 통한 육계의 온도를 측정하는 것이 고려되어야 한다고 사료된다.

3. 호흡수

Table 3은 육계의 운송 밀도와 계절 조건 별 호흡수의 변화를 나타낸다. 육계 운송 시, 여름철(27°C) 운송 후 평균 호

Table 2. Influence of crating density and weather conditions on skin temperature of broilers during transportation

Crating density	Weather ¹	Skin temperature (°C)		
		Before transport	After transport	Skin temperature change
10.3 birds/m ²	Summer	38.57	40.87	2.30
11.5 birds/m ²		38.60	40.63	2.03
12.8 birds/m ²		38.90	41.33	2.43
14.1 birds/m ²		38.57	41.10	2.53
15.4 birds/m ²		38.87	41.60	2.73
10.3 birds/m ²	Winter	37.37	36.53	0.83
11.5 birds/m ²		37.30	36.27	1.03
12.8 birds/m ²		38.13	37.93	1.20
14.1 birds/m ²		36.90	35.40	1.50
15.4 birds/m ²		38.10	37.70	0.40
SEM		0.131	0.148	0.097
Main effect				
Crating density				
10.3 birds/m ²		37.97	38.70	1.57
11.5 birds/m ²		37.95	38.45	1.53
12.8 birds/m ²		38.52	39.63	1.82
14.1 birds/m ²		37.73	38.25	2.02
15.4 birds/m ²		38.48	39.65	1.57
SEM		0.167	0.460	0.173
Weather				
Summer		38.70	41.11	2.41
Winter		36.56	36.77	0.99
SEM		0.130	0.183	0.101
P-value				
Crating density		0.490	0.796	0.878
Weather		<0.001	<0.001	<0.001
Crating density × Weather		0.787	0.198	0.218
Crating density (linear) ²		0.495	0.595	0.685
Crating density (quadratic) ²		0.789	0.854	0.748

¹ Weather: Summer = high ambient temperature (27°C), Winter = low ambient temperature (-9°C).

² Linear and quadratic effects of increasing crating density with the pooled data of broilers from different weather.

SEM, standard error of the mean.

흡수는 53.60회/분으로, 겨울철(-9°C) 운송 후 평균 호흡수는 46.80회/분으로 나타나, 운송 이후 평균 호흡수는 겨울철

보다 여름철에 더 높게 나타나는 경향을 보였다($P<0.05$). 고온 환경에서 동물의 운송 시 저온 환경에 비해 전반적인 호

Table 3. Influence of crating density and weather conditions on respiratory frequency of broilers during transportation

Crating density	Weather ¹	Respiratory frequency (count/min)
10.3 birds/m ²	Summer	50.00
11.5 birds/m ²		50.00
12.8 birds/m ²		52.00
14.1 birds/m ²		56.00
15.4 birds/m ²		60.00
10.3 birds/m ²	Winter	48.00
11.5 birds/m ²		46.00
12.8 birds/m ²		46.00
14.1 birds/m ²		46.00
15.4 birds/m ²		48.00
SEM		0.721
Main effect		
Crating density		
10.3 birds/m ²		49.00
11.5 birds/m ²		48.00
12.8 birds/m ²		49.00
14.1 birds/m ²		51.00
15.4 birds/m ²		54.00
SEM		1.008
Weather		
Summer		53.60
Winter		46.80
SEM		0.811
P-value		
Crating density		0.368
Weather		<0.001
Crating density × Weather		0.200
Crating density (linear) ²		0.070
Crating density (quadratic) ²		0.109

¹ Weather: Summer = high ambient temperature (27°C), Winter = low ambient temperature (-9°C).

² Linear and quadratic effects of increasing crating density with the pooled data of broilers from different weather. SEM, standard error of the mean.

흡수가 증가하는 경향은 과거의 산란계, 칠면조, 돼지의 운송 관련 연구에서도 동일하게 나타났다(Henrikson et al., 2018; Beaulac et al., 2020; An et al., 2023). 일반적으로 닭의 헐떡거림(panting)은 열 스트레스에 대처하여 호흡수를 가쁘게 하고, 증기를 배출하여 체내 열을 발산시키는 행동으로 알려져 있다(Teeter et al., 1985; Mack et al., 2013). 또한 닭은 체표면에 땀샘이 존재하지 않기 때문에, 헐떡거림을 비롯한 호흡 과정은 닭의 체온 조절에 있어 중요한 역할을 한다(Donald and William, 2002). 이러한 고열에 의한 헐떡거림은 호흡성 알칼리증(respiratory alkalosis)을 유발하고, 사료 섭취 및 성장성을 저해하기 때문에(Calder et al., 1968; Teeter et al., 1985), 육계의 호흡수가 지나치게 높아지지 않도록 적절한 운송 환경을 조성하는 것은 중요하다. 따라서 육계 운송 시 고온 환경을 피하여 헐떡거림을 예방하고, 적정 외부 기온 하 운송을 진행하는 것이 호흡수 및 육계 복지의 관점에서 중요하다. 또한 추후 연구에서 운송 이전 호흡수를 추가적으로 조사하여 외부 기온에 따른 운송 전후 호흡수의 차이를 분석할 경우(Nascimento et al., 2012), 행동학적 관점에서 운송 시 육계 복지 향상에 더욱 도움이 될 것으로 사료된다.

반면, 운송 시 운송 밀도에 따른 호흡수의 변화는 더 높은 운송 밀도에서 수치적으로 증가하였으나, 통계적으로 유의미하게 나타나지 않았다($P>0.05$). 운송 시 운송 밀도와 계절 조건 간의 상호 작용 효과 또한 나타나지 않았다($P>0.05$). Son 등(2022)에 따르면 육계가 열 스트레스에 31일간 노출된 경우, 사육 밀도가 낮은 처리구에서 호흡수가 낮게 나타난 것으로 관찰되었고, 이를 육계 사육 밀도가 낮아질수록 열 스트레스가 경감되어 직장 온도가 하강한 것으로 해석하였다. 하지만 본 연구의 경우, 동물복지를 고려한 육계의 사육밀도(30 kg/m² 이하)를 바탕으로 운송밀도를 설정하였고, 이에 육계의 호흡수에 영향을 미칠 만큼 운송밀도가 높지 않았기 때문에 이러한 결과가 나타난 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 적재 차량 내 어리장의 크기(1.00 m × 0.78 m × 0.26 m) 내 출하 수수 조정을 통해 동물복지를 고려한 육계의 사육밀도(30 kg/m² 이하)를 토대로 운송밀도를 설정하였고, 계절 및 운송밀도에 따른 육계의 행동, 체표면 온도 및 호흡수를 조사하였다. 총 600수의 35일령 육계를 두 계절(여름, 겨울)과 다섯 가지 운송밀도(10.3, 11.5, 12.8, 14.1,

15.4수/m²)에 따라 10개의 처리구로 나누어 6반복으로 실험을 진행하였다. 실험결과, 운송 중 육계의 서기 행동은 여름보다 겨울에 더 많이($P<0.05$) 발현되는 것으로 나타났다. 또한 운송 밀도가 높을수록 타 처리구에 비해 앉기 행동이 유의미하게 더 많이($P<0.05$) 관찰되었다. 서기 행동의 경우, 계절과 운송밀도의 상호작용 효과에 따라, 겨울에 운송밀도가 낮을수록 더 많이($P<0.05$) 나타났다. 운송 이후 육계 표면온도의 변화는 겨울보다 여름에 더 큰 값이 관찰되었다($P<0.05$). 그러나 운송 후 표면 온도의 경우, 운송밀도 또는 계절과 운송밀도 간 상호작용 효과에는 영향을 받지 않았다($P>0.05$). 호흡수의 경우, 겨울보다 여름에 더 많이($P<0.05$) 관찰되었다. 그러나 운송밀도에 따른 호흡수 또는 계절과 운송밀도 간 상호작용에는 영향을 받지 않았다($P>0.05$). 본 연구의 행동학적 분석에 따라, 육계 운송 시 여름보다는 겨울이 권장된다. 또한 육계 운송 시 행동학적 분석에 따른 최적의 운송 밀도를 규명하기 위한 추가적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

(색인어: 동물 복지, 육계, 운송 밀도, 계절, 운송)

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ016214)의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

ORCID

Jeseok Lee <https://orcid.org/0000-0002-6829-029X>
 Myunghwan Yu <https://orcid.org/0000-0003-4479-4677>
 Shan Randima Nawarathne
<https://orcid.org/0000-0001-9055-9155>
 Elijah Ogola Oketch
<https://orcid.org/0000-0003-4364-460X>
 Jung Min Heo <https://orcid.org/0000-0002-3693-1320>

REFERENCES

- Abudabos AM, Samara EM, Hussein EO, Al-Ghadi MAQ, Al-Atiyat RM 2013 Impacts of stocking density on the performance and welfare of broiler chickens. *Ital J Anim Sci* 12(1):e11.
- An J, Kim Y, Song M, Choi J, Oh H, Chang S, Go Y, Song D, Cho H, Park S, Kim Y, Park Y, Park G, Oh S, Cho J 2023 Effect of loading density and weather conditions on animal welfare and meat quality of slaughter pigs. *J Anim Sci Technol*.
- Andrews SM, Omed HM, Phillips CJ 1997 The effect of a single or repeated period of high stocking density on the behavior and response to stimuli in broiler chickens. *Poult Sci* 76(12):1655-1660.
- Arikan MS, Akin AC, Akcay A, Aral Y, Sariozkan S, Cevrimli M B, Polat M 2017 Effects of transportation distance, slaughter age, and seasonal factors on total losses in broiler chickens. *Braz J Poultry Sci* 19:421-428.
- Beaulac K, Crowe TG, Schwan-Lardner K 2020 Simulated transport of well-and poor-feathered brown-strain end-of-cycle hens and the impact on stress physiology, behavior, and meat quality. *Poult Sci* 99(12):6753-6763.
- Bergmann S, Schwarzer A, Wilutzky K, Louton H, Bachmeier J, Schmidt P, Rauch E 2017 Behavior as welfare indicator for the rearing of broilers in an enriched husbandry environment: a field study. *J Vet Behav* 19:90-101.
- Calder WA, Schmidt-Nielsen KNUT 1968 Panting and blood carbon dioxide in birds. *Am J Physiol* 215(2): 477-482.
- Chikwa K, Atkare S, Bhardwaj J, Nema R, Kumar J, Padwar P, Viswakarma R 2019 Transportation of broilers: an issue of welfare. *J Pharm Innov* 8:68-70.
- de Jong IC, Bos B, van Harn J, Mostert P, Te Beest D 2022 Differences and variation in welfare performance of broiler flocks in three production systems. *Poult Sci* 101(7): 101933.
- Delezie E, Swennen Q, Buyse J, Decuypere E 2007 The effect of feed withdrawal and crating density in transit on metabolism and meat quality of broilers at slaughter weight. *Poult Sci* 86(7):1414-1423.
- Donald D, William DW 2002 Commercial chicken meat and egg production. Kluwer Academic Publishers 3:187-243.
- Duncan IJ 1998 Behavior and behavioral needs. *Poult Sci* 77(12):1766-1772.
- Giloh M, Shinder D, Yahav S 2012 Skin surface temperature of broiler chickens is correlated to body core temperature and is indicative of their thermoregulatory status. *Poult Sci* 91(1):175-188.
- Gou Z, Abouelezz KFM, Fan Q, Li L, Lin X, Wang Y, Ma X 2021 Physiological effects of transport duration on

- stress biomarkers and meat quality of medium-growing yellow broiler chickens. *Animal* 15(2):100079.
- Ha JJ, Rhee YJ, Kim BC, Ohh SJ, Song YH 2011 Effects of rearing densities on behavior characteristics in Korean native broilers. *J Anim Sci Technol* 53(5):481-487.
- Hall AL 2001 The effect of stocking density on the welfare and behaviour of broiler chickens reared commercially. *Anim Welf* 10(1):23-40.
- Henrikson ZA, Vermette CJ, Schwean-Lardner K, Crowe TG 2018 Effects of cold exposure on physiology, meat quality, and behavior of turkey hens and toms crated at transport density. *Poult Sci* 97(2):347-357.
- Hussnain F, Mahmud A, Mahmood S, Jaspal MH 2020 Effect of transportation distance and crating density on pre-slaughter losses and blood biochemical profile in broilers during hot and humid weather. *Turkish J Vet Anim Sci* 44(2):418-426.
- Hussnain F, Mahmud A, Mehmood S, Jaspal MH 2020 Effect of broiler crating density and transportation distance on preslaughter losses and physiological response during the winter season in Punjab, Pakistan. *Braz J Poultry Sci* 22.
- Jeon JH 2021 Study on the revision of animal welfare certification standards for poultry and pig. NIAS. PJ013608.
- Lee B, Kim T, Choi SW 2023 Overcoming ethical conflicts and dilemmas in farm animal welfare: investigation of correlation between ethical awareness level and compliance with animal welfare-related regulations in Korean layer farms. *Korean J Poult Sci* 50(2):81-90.
- Lee DH, Jang DH, Kwon KS, Ha T, Kim JB, Lee JY, Yang KY 2021 Analysis of behavioral changes in broilers in a heat stressed environment. *JKAIS* 22(12):292-298.
- Lewis NJ, Humik JF 1990 Locomotion of broiler chickens in floor pens. *Poult Sci* 69(7):1087-1093.
- Li M, Wu J, Chen Z 2015 Effects of heat stress on the daily behavior of wenchang chickens. *Braz J Poultry Sci* 17: 559-566.
- Mack LA, Felver-Gant JN, Dennis RL, Cheng HW 2013 Genetic variations alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. *Poult Sci* 92(2):285-294.
- Meluzzi A, Sirri F 2009 Welfare of broiler chickens. *Ital J Anim Sci* 8:161-173.
- Nascimento ST, Silva IJOD, Mourão GB, Castro ACD 2012 Bands of respiratory rate and cloacal temperature for different broiler chicken strains. *Rev Bras Zootec* 41:1318-1324.
- Ohara A, Oyakawa C, Yoshihara Y, Ninomiya S, Sato S 2015 Effect of environmental enrichment on the behavior and welfare of Japanese broilers at a commercial farm. *J Poult Sci* 52(4):323-330.
- Son J, Kim HJ, Hong EC, Kang HK 2022 Effects of stocking density on growth performance, antioxidant status, and meat quality of finisher broiler chickens under high temperature. *Antioxidants* 11(5):871.
- Song DH, Alam SM, Lee JA, Hoa VB, Kang SM, Kim HW, Seol KH 2022 Effect of halal and conventional slaughtering method with CO₂ and N₂ gas stunning on physicochemical traits of chicken breast muscle and small intestine. *Korean J Poult Sci* 49(1):1-8.
- Strawford ML, Watts JM, Crowe TG, Classen HL, Shand PJ 2011 The effect of simulated cold weather transport on core body temperature and behavior of broilers. *Poult Sci* 90:2415-2424.
- Teeter RG, Smith MO, Owens FN, Arp SC, Sangiah S, Breazile JE 1985 Chronic heat stress and respiratory alkalosis: occurrence and treatment in broiler chicks. *Poult Sci* 64(6):1060-1064.
- Thomas DG, Son JH, Ravindran V, Thomas DV 2011 The effect of stocking density on the behaviour of broiler chickens. *Korean J Poult Sci* 38(1):1-4.
- Warriss PD, Pagazaurtundua A, Brown SN 2005 Relationship between maximum daily temperature and mortality of broiler chickens during transport and lairage. *Br Poult Sci* 46(6):647-651.
- Yu M, Oketch EO, Hong JS, Nawarathne SR, Vohobjonov Y, Heo JM 2022 Evaluation of preslaughter losses, meat quality, and physiological characteristics of broilers in response to crating density for the standard of animal welfare and to seasonal differences. *Korean J Agric Sci* 49 (4):927-936.