Il benessere dei polli da carne nella filiera commerciale

Benessere animale

Le cinque libertà elencate di seguito definiscono i presupposti ideali per un benessere accettabile, che tenga in considerazione le condizioni fisiche dell'animale, le sue capacità di eseguire comportamenti innati o specie-specifici e il suo stato psicologico (emotivo). Queste tre componenti sono fondamentali per un benessere animale soddisfacente e sono riconosciute dall'Organizzazione Mondiale della Sanità Animale (OIE, 2011).

1. Libertà dalla fame e dalla sete (disponibilità di acqua fresca e di un'alimentazione che mantenga l'animale in buona salute)
2. Libertà di avere un ambiente fisico adeguato (grazie a un ambiente confortevole con aree di riparo e riposo)
3. Libertà da dolore, ferite e malattie (grazie a misure preventive, diagnosi rapide e cure)
4. Libertà di manifestare comportamenti specie-specifici (grazie alla disponibilità di uno spazio sufficiente, a un ambiente adeguato e alla compagnia di esemplari della stessa specie)
5. Libertà dalla paura e dal disagio (grazie a condizioni e cure atte a prevenire sofferenze psicologiche)

Il benessere dei polli è tutelato in certa misura dalla legislazione UE (Council Directive, 2007), dalle misure ulteriori adottate dai paesi che hanno implementato tale legislazione (per esempio, Welfare of Farmed Animals, 2010) e da vari sistemi di certificazione. I principali fattori considerati in grado di migliorare il benessere degli animali sono la densità di allevamento (con aspetti che riguardano il controllo ambientale), la velocità di crescita (che comprende le caratteristiche delle razze selezionate) e l'arricchimento ambientale.

Densità di allevamento

Gli effetti negativi di un'alta densità di allevamento tra i polli si manifestano con una scarsa qualità della lettiera, scarse capacità motorie, dermatiti sulle piante delle zampe e inibizioni comportamentali, come verificato dalla Commissione Europea (SCAHAW, 2000). Quest'ultima ha dichiarato che 'Dagli studi sul comportamento e sui disturbi alle zampe degli animali, è emerso chiaramente che la densità di allevamento deve essere uguale o minore di 25 kg/m^2 perché si possano evitare i problemi più gravi legati al benessere animale; al di sopra dei 30 kg/m^2, anche in presenza di ottimi sistemi di controllo ambientale, si assiste a un'altissima diffusione di disturbi seri'. La legislazione europea ha introdotto nel 2007 (con attuazione dal 2010) limiti massimi nella densità degli allevamenti al coperto pari a 33 kg/m^2 ma consente due eccezioni: si può salire fino a 39 kg/m^2 se i livelli di ammoniaca e anidride carbonica, i picchi di temperatura e umidità sono tenuti sotto controllo e fino a 42 kg/m^2 se il tasso di mortalità cumulativo è basso (~3,38% su 38 giorni) e verificato su sette gruppi di polli successivi. In Inghilterra, Galles e Scozia le Farmed Animals Regulations (2010) limitano la densità di allevamento massima a 39 kg/m^2: il sistema inglese di certificazione *Red Tractor*, che indica le misure standard per il settore, arriva a una densità di 38 kg/m^2, mentre il sistema *Freedom Food* dell'RSPCA scende fino 30 kg/m^2 con razze a velocità di crescita media. Negli allevamenti standard europei i polli vivono di solito con densità comprese tra i 18 e i 22 volatili/m^2, a seconda del peso raggiunto al momento dello sfoltimento e dello svuotamento dell'allevamento.

La deroga a 42 kg/m^2 prevista dalla legislazione europea ha chiari effetti negativi sulla velocità di crescita e sul benessere animale (Dawkins et al., 2004); aumentare la densità di allevamento al di sopra dei 30 kg/m^2 porta anche a un peggioramento delle capacità motorie e dell'umidità relativa nella settimana finale di produzione. Inoltre, gli effetti negativi sulla locomozione producono un abbassamento di 0,013 nel punteggio medio relativo alle capacità motorie (vedi scheda informativa n. 4) per ogni aumento della densità di allevamento di 1

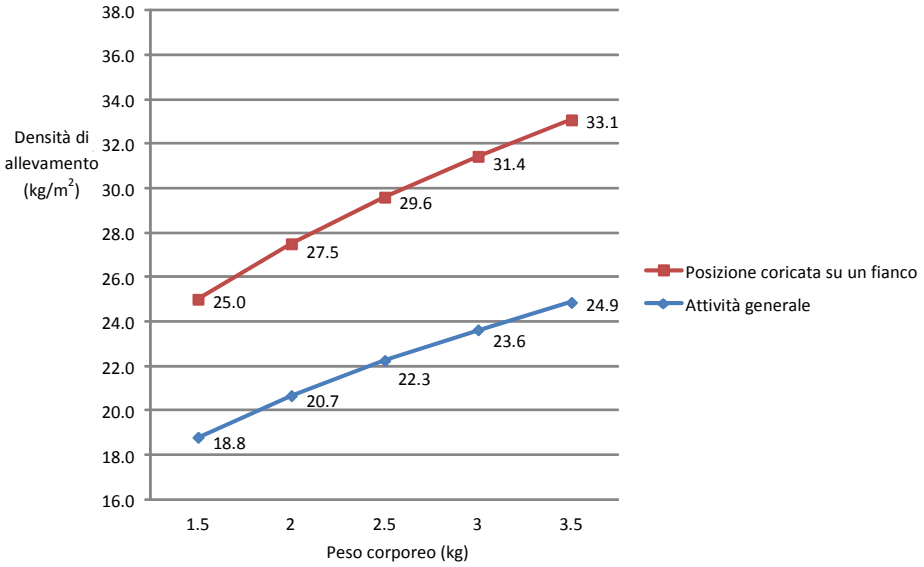
kg/m^2 nell'intervallo tra 15,9 e 44,8 kg/m^2 (Knowles et al., 2008). Il controllo ambientale – inteso in termini di temperatura, umidità relativa, livelli di ammoniaca e qualità della lettiera – si è rivelato di fondamentale importanza per il benessere dei polli (Dawkins et al., 2004; Jones et al., 2005) e in gran misura indicativo di una buona ventilazione.

Nella sua rassegna sugli studi riguardo gli effetti della densità di allevamento, Estevez (2007) ha concluso che gli effetti peggiori di un'alta densità si realizzano quando la disponibilità di spazio è inferiore a 0,07 o 0,065 m^2/volatile (ponendo come peso vivo 2,5 kg) o all'incirca 14-16 volatili/m^2. Il risultato è stato confermato da Bokkers et al. (2011) in uno studio recente che ha preso in esame i requisiti necessari perché l'animale mantenga una posizione stazionaria con movimenti limitati. Gli autori concludono che è necessario uno spazio maggiore per una gamma maggiore di movimenti e di comportamenti, con il risultato che il numero di capi dovrebbe essere ancora minore.

Lo spazio di cui un animale ha bisogno per mettersi in posizione di riposo sul fianco o per passare dalla posizione eretta a quella di riposo è dato dall'equazione allometrica $A = 0{,}0457W^{0{,}67}$ (Petherick, 2007) dove A = m^2/capi e W è il peso vivo. La costante empirica k varia a seconda della postura e non è stata definita per un'attività generica. Tuttavia, utilizzando le raccomandazioni stabilite dal Farm Animal Welfare Council (FAWC, 1995) per la densità di allevamento a terra al coperto – con attività maggiori rispetto ai sistemi tradizionali – dei tacchini (25 kg/m^2 per un capo di 5 kg), si può fissare il valore di k per attività generiche uguale a 0,06083. La figura 1 mostra la densità di allevamento calcolata a seconda del peso finale e delle condizioni necessarie perché l'animale si corichi sul fianco o espleti attività generiche.

La posizione stazionaria richiede densità che variano da 25 a 33 kg/m^2 con pesi di 1,5 e 3,5 kg equivalenti a 17 volatili/m^2 con un peso di 1,5 kg e 9,5 volatili/m^2 con un peso di 3,5 kg. Per uno spazio in cui sia possibile muoversi le densità necessarie vanno da 19 a 25 kg/m^2 con gli stessi valori di peso, equivalenti a 12,5 capi/m^2 da 1,5 kg e 7 volatili/m^2 da 3,5 kg. Stabilire la densità di allevamento massima con una cifra unica che prescinda dal peso del volatile può portare a delle storture: si rischia una concentrazione eccessiva di animali molto leggeri e una troppo bassa di animali più pesanti. Lo spazio necessario per la posizione stazionaria di un volatile da 2,5 kg è dato da una densità pari a 30 kg/m^2, quella richiesta dal nostro Premio Good Chicken. Tuttavia, sarebbe meglio se la disponibilità di spazio fosse calcolata tramite l'equazione allometrica, poiché si tengono in considerazione il numero dei volatili e il loro peso corporeo.

Figura 1. Densità di allevamento massima calcolata in base alla disponibilità di spazio, a seconda del peso e del tipo di posizione (stazionaria o attiva).



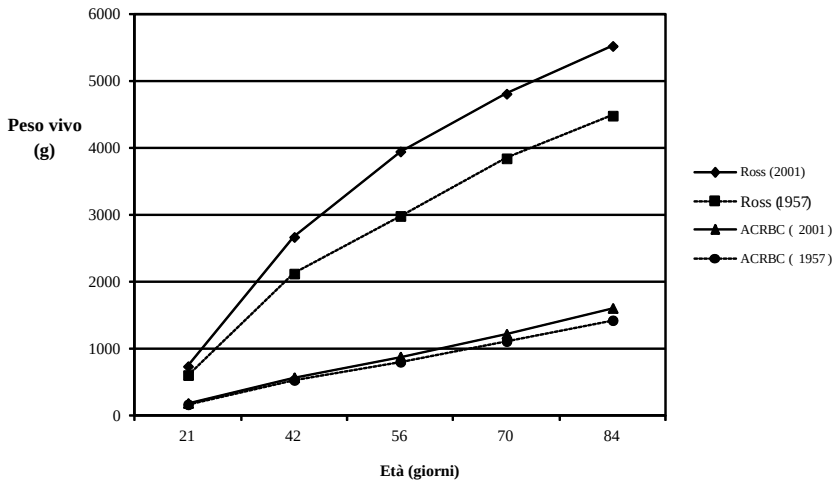
Velocità di crescita

Il peso dei capi da vivi e la velocità di crescita sono responsabili delle differenze nelle capacità motorie osservate in 13 genotipi di pollo con un'ampia varietà di potenziali di crescita (Kestin et al., 2001). Nonostante i progressi genetici per evitare danni e malformazioni alle zampe, tra i vari gruppi sono ancora prevalenti – anche se con molte differenze tra un gruppo e l'altro – scarse capacità motorie legate a rischi multifattoriali (Bradshaw et al., 2002). I principali fattori di rischio nei gruppi sani sono quelli di un'alta velocità di crescita (Knowles et al., 2008) e di uno scarso controllo ambientale (Jones et al., 2005). Le condizioni delle zampe e le capacità motorie si possono migliorare rallentando le fasi iniziali della crescita, aumentando le attività motorie e introducendo periodi di buio più lunghi (vedi sotto) e un'alimentazione meno ricca di nutrienti (Letterier et al., 1998; Welfare Quality, 2010), a base di pastoni invece che di cibo in pellet (Brickett et al., 2007 a).

Oltre a migliori capacità motorie, le razze ad accrescimento lento sono meno esposte a dermatiti sulle piante delle zampe (Nielsen et al., 2003) e risultano più attive: si muovono di più ed eseguono più volentieri rispetto a quelle ad accrescimento rapido attività come appollaiarsi o beccare (Castellini et al., 2002c; Bokkers and Koene, 2003).

La velocità di crescita dei polli odierni è fenomenale (vedi Figura 2) e raggiunge i 90 g al giorno a 42 giorni di vita (Aviagen, 2009). I polli di razza Ross impiegano un terzo del tempo di allevamento (32 giorni rispetto a 105) e una quantità di cibo tre volte inferiore per ottenere un capo di 1815 g con un ICA (indice di conversione alimentare) di 1,47; per fare un confronto, un capo non selezionato e alimentato casualmente nel 1957 presentava un ICA di 4,42 (Havenstein et al., 2003). La selezione genetica è responsabile dell'85-90% dei miglioramenti, mentre i progressi in campo alimentare contano per il restante 10-15%.

Figura 2. Crescita di un pollo odierno paragonato a quella di una razza non selezionata del 1957 (da Havenstein et al., 2003a), entrambi alimentati con prodotti commerciali standard nel 1957 e nel 2001



Un'intensa selezione genetica allo scopo di ottenere velocità di crescita alte e un alto rendimento di carne (specie del petto) – con miglioramenti continui nell'efficienza alimentare – ha portato a polli che presentano scarsa attività fisica, disturbi delle zampe e malattie metaboliche, oltre che asciti e sindrome da morte improvvisa (SCAHAW, 2000). Velocità di crescita elevate sono anche responsabili della necessità di imporre restrizioni alimentari e della conseguente fame cronica a cui i polli da riproduzione vanno incontro. Limitare la velocità di crescita potenziale (e quindi le restrizioni alimentari da imporre ai polli da selezione e riproduzione) può rappresentare la migliore soluzione pratica ai problemi di benessere attuali. I tentativi commerciali di allevare razze ad accrescimento medio (45 g al giorno in media) e veloce (63 g al giorno in media) con periodi di accrescimento rispettivamente fino a 56 e 42 giorni e con gli stessi periodi di esposizione alla luce (18 ore di

luce e 6 di buio) hanno mostrato che, nel caso di un tasso medio, diminuiscono la mortalità (1,5 contro 5,6%), le lesioni alle piante delle zampe (12,5 contro 83,0%) e le bruciature dei ginocchietti (11,5 contro 44,9%) (Cooper et al., 2008).

Diventa, quindi, fondamentale la scelta di una razza giusta. Le aziende al mondo che forniscono razze molto selezionate ad accrescimento rapido sono due, e una in Europa fornisce razze con velocità di crescita che variano molto. La Tabella 1 mostra la varietà delle linee genetiche a disposizione, la cui scelta è determinata in gran parte da peso commerciale, età e caratteristiche del prodotto (porzionato, presentato con carcassa intera ecc.). Nel Regno Unito, la JA 757 e la Cobb-Sasso 150 sono considerate adatte a sistemi estensivi di allevamento al coperto e la Hubbard JA 757 (tasso di crescita medio) è usata di solito per produzioni biologiche. Nel Regno Unito non si ricorre in genere a razze ad accrescimento lento, soprattutto a causa delle scarse dimensioni del petto e perché sono necessari tempi più lunghi per raggiungere il periodo di abbattimento. Tuttavia in Francia quasi il 50% dei polli proviene da razze ad accrescimento più lento e un terzo da produzioni Label Rouge (Quentin et al., 2005).

Tabella 1. Il potenziale genetico delle attuali razze di pollo disponibili sul mercato e fornite dalle tre principali aziende.

Azienda	Sistema di allevamento	Razza	35 giorni			42 giorni					
			BW (g)	GR (g/giorno)	ICA	BW (g)	GR (g/giorno)	ICA			
Ross	Standard	308/508/PM3 Arbor Acres Lohman LIR	1918-2021	54,8-57,7	1,58-1,62	2530-2652	60,2-63,1	1,73-1,77			
Cobb		500/700 Cobb-Avian-48	1933-2017	57,0-57,6	1,61-1,65	2548-2626	62,0-62,5	1,76-1,77			
Hubbard		Classic, Hubbard JV, Flex, F15, Yield	1830-2003	52,3-57,2	1,57-1,6	2379-2592	56,6-61,7	1,69-1,74			
			49 giorni			**56 giorni**			**70 giorni**		
			BW	**GR**	**ICA**	**BW**	**GR**	**ICA**	**BW**	**GR**	**ICA**
Ross	Estensivo al coperto	Rowan	Dati non disponibili								
Cobb		Cobb-Sasso 150	2110	43,1	1,92	2475	44,2	2,0	3135	44,8	2,23
			BW	**GR**	**ICA**	**BW**	**GR**	**ICA**	**BW**	**GR**	**ICA**
			56 giorni			**63 giorni**			**70/77 giorni**		
Hubbard	Diversi sistemi possibili	Varie (vedi nota 1)	1657-2389	29,6-42,7	2,06-2,16	2296-2697	36,4-42,8	2,21-2,31	2215-2651	31,6-37,8	2,37-2,63
	Lento	I657/S757N/ S757/S666 S86							2273	29,5	2.48-2,65

BW: peso corporeo; GR: velocità di crescita; ICA: indice di conversione alimentare

1. Linee genetiche derivanti da vari incroci di maschi con femmine JA57 e Redbro (linea maschile e femminile) (esempi: Gris Barre (JA) Cou Nu (+/- collo nudo), JA957, JA757, New Hampshire, Master Gris, Redpac)

Per le razze Ross vedi: www.aviagen.com/ss/broiler-breeders. Per le Cobb, vedi: www.cobb-vantress.com/Products/Default.aspx. Per le Hubbard, vedi: www.hubbardbreeders.com

Arricchimento ambientale

La legislazione europea prescrive che i polli siano allevati con un livello di illuminazione di 20 lux e che sia loro riservato un minimo di 6 ore di buio (di cui 4 consecutive). In precedenza i polli erano allevati in condizioni inferiori o uguali ai 5 lux e solo 1 ora di buio per ogni ciclo di 24 ore.

Un periodo di buio è necessario perché l'animale sviluppi ritmi di sonno e di comportamento diurno regolari (Appleby, 1994), aspetto importante perché il sonno è finalizzato al recupero fisiologico, in termini di conservazione dell'energia, rigenerazione dei tessuti e crescita (Malleau et al., 2007). Il benessere aumenta con una minore esposizione alla luce: diminuiscono i disturbi ossei (Classen et al., 1991), la mortalità (Rozenboim et al., 1999; Bricket et al., 2007a; Knowles et al., 2008) e l'ansia, mentre aumentano le attività motorie (Sanotra et al., 2002). Per raggiungere il miglior profilo comportamentale possibile (in termini di attività motoria, alimentazione, accesso all'acqua, assenza di stress, comportamenti finalizzati alla sopravvivenza e all'esplorazione dello spazio) il benessere ottimale si raggiunge con un programma che preveda da 16 a 17 ore di luce (Schwean-Lardner et al., 2012).

La retina degli uccelli è provvista di un gran numero di coni singoli e doppi, responsabili della vista in condizioni di luce intensa e capaci di rendere l'occhio sensibile alla porzione di spettro ultravioletto. È sensato quindi concludere che una luce forte e naturale sia un fattore positivo per l'acutezza visiva degli uccelli. La luce naturale aumenta le attività di beccata a terra (Lewis, O'Connell 2011): in ambienti dotati di intensità luminosa più alta risultano maggiori le attività motorie (alimentarsi, bere, grattarsi, cercare cibo, camminare) (Davis et al., 1999; Blatchford et al., 2009) e la cura del piumaggio (Deep et al., 2012). Con una luce più forte gli animali si mostrano più attivi (Kristensen et al., 2006), mentre preferiscono riposare o appollaiarsi con un'intensità luminosa minore (Davis et al., 1999). I risultati indicano che una distribuzione spaziale o temporale di luce intensa aumenta il benessere animale, fornendo periodi o aree di attività e riposo. I polli allevati con un'intensità luminosa bassa (< 5 lux) hanno occhi più pesanti e grandi di quelli esposti a luce intensa (Blatchford et al., 2009; Deep et al., 2010 citato in Deep et al., 2012).

L'accesso all'esterno consente la ricerca di cibo e l'esplorazione, aumentando la varietà di ambienti, le fonti alimentari e l'attività, e creando i presupposti per un maggiore benessere. L'accesso all'esterno aumenta l'attività delle razze ad accrescimento rapido con un fattore di 1,8, oltre al tempo trascorso in posizione eretta, a camminare e beccare (Jones et al., 2007), riducendo il riposo di 0,8 (Castellini et al., 2002a). In media gli animali compiono 98 passi nei periodi di libertà all'esterno, contro i 7,2 al coperto (Jones et al., 2007).

L'uso dello spazio nelle razze ad accrescimento rapido è tuttavia basso. Studi condotti su gruppi numerosi e piccoli di polli hanno trovato in media che rispettivamente il 14% (Dawkins et al., 2003) e l'11 % (forbice 0,2-51,4%) dei volatili si trovava fuori verso la fine del loro ciclo di accrescimento. Le razze ad accrescimento lento presentavano variazioni migliori rispetto a quelle ad accrescimento rapido, ed entambe avevano risultati migliori se alimentate con una dieta a medio apporto energetico, invece che basso (Nielsen et al., 2003); le razze ad accrescimento lento trascorrevano la maggior parte del tempo all'aperto (60% per la razza Kabir, 35% per la Ross 208) (Castellini et al., 2002b). I polli presentano ritmi diurni nell'alternanza tra spazi esterni e interni, con una quantità maggiore di uccelli all'esterno durante il mattino e prima del tramonto (Dawkins et al., 2003; Nielsen et al., 2003; Jones et al., 2007). Tendono a non allontanarsi dal capannone (Weeks et al., 1994; Christensen et al., 2003) e mostrano, con l'avanzare dell'età, maggiore predisposizione per i comportamenti esplorativi, in termini di percentuale di tempo trascorso all'esterno e di distanza coperta (Mirabito and Lubac, 2001; Mirabito et al., 2001; Jones et al., 2007).

Il rapporto con l'esterno è influenzato dalle condizioni climatiche e dall'ambiente. I polli stanno più volentieri all'aperto d'estate (Jones et al., 2007) e reagiscono male alle basse temperature, al vento e alla pioggia (Gordon, Forbes, 2002). Preferiscono cielo coperto, vegetazione, alberi ed erba bassa (Dawkins et al., 2003); è

gradita anche la presenza di ripari realizzati con foglie o sterpaglie (Gordon and Forbes, 2002). Sono da garantire rifugi artificiali, abbeveratoi all'esterno e aree per i bagni di polvere. Alberi in grado di assicurare un buon riparo dal sole migliorano ulteriormente l'ambiente esterno e incentivano il comportamento esplorativo e la locomozione del Label Rouge (Mirabito et al., 2001) e di razze ad accrescimento rapido (Jones et al., 2007).

References

Appleby, M.C., Hughes, B.O. and Savory, C. J. (1994) Current state of poultry welfare: Progress, problems and strategies. *British Poultry Science* 35 (3), 467-475.

Aviagen, (2009) Ross 308 Broiler Performance Objectives. Newbridge, Midlothian, EH28 8SZ. Scotland. http://67.20.64.230/ss/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross_308_Broiler_Performance_Objectives.pdf . Last accessed September 2010.

Blatchford, R.A., Klasing, K.C., Shivaprasad, H.L., Wakenell, P.S., Archer, G.S. and Mench, J.A. (2009) The effect of light intensity on the behavior, eye and leg health, and immune function of broiler chickens. *Poultry Science* 88, 20–28.

Bokkers, E.A.M. and Koene, P. (2003) Behaviour of fast and slow growing broilers to 12 weeks of age and the physical consequences. *Applied Animal Behaviour Science* 81, 59-72.

Bokkers, E.A.M., Boer, I.J.M., and Koene, P. (2011) Space needs of broilers. Animal Welfare 20:623-632

Bradshaw, R.H., Kirkden, R.D. and Broom, D.M. (2002) A review of the aetiology and pathology of leg weakness in broilers in relation to welfare. *Avian and Poultry Biology Reviews* 13(2), 45-103.

Brickett, K.E., Dahiya, J.P., Classen, H.L., Annett, C.B. and Gomis, G. (2007a) The Impact of Nutrient Density, Feed Form, and Photoperiod on the Walking Ability and Skeletal Quality of Broiler Chickens. *Poultry Science* 86, 2117–2125.

Brickett, K.E., Dahiya, J.P., Classen, H.L. and Gomis, G. (2007b) Influence of Dietary Nutrient Density, Feed Form, and Lighting on Growth and Meat Yield of Broiler Chickens. *Poultry Science* 86, 2172–2181.

Castellini, C., Mugnai, C. and Dal Bosco, A. (2002a) Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality *Meat Science* 60, 219–225.

Castellini, C., Dal Bosco, A., Mugnai, C. and Bernardini, M. (2002b) Performance and behaviour of chickens with different growing rate reared according to the organic system. *Italian Journal of Animal Science* 1, 291-300.

Christensen, J.W., Nielsen, B.L., Young, J.F., and Noddergaard, F. (2003) Effects of calcium deficiency in broilers on the use of outdoor areas, foraging activity and production parameters. *Applied Animal Behaviour Science* 83, 229-240.

Classen, H.L., Riddell, C. and Robinson, F.E. (1991) Effects of increasing photoperiod length on performance and health of broiler chickens. *British Poultry Science* 32(1), 21-29.

Cooper, M.D., Allanson-Bailey, S., Gauthier, R. and Wrathall, J. (2008) Higher welfare standards and broiler welfare. *World Poultry* 18(8), 20-21.

Council Directive 2007/43/EC. (2007) Laying down minimum rules for the protection of chickens kept for meat production. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:182:0019:0028:EN:PDF. Last accessed August 2010.

Davis, N.J., Prescott, N.B., Savory, C.J. and Wathes, C.M. (1999) Preferences of growing fowls for different light intensities in relation to age, strain and behaviour. *Animal Welfare* 8, 193-203.

Dawkins, M.S., Cook, P., Whittingham, M., Mansell, K., and Harper, A. (2003) What makes free-range broilers range? In-situ measurement of habitat preference. *Animal Behaviour* 66, 342-344.

Dawkins, M.S., Donnelly, C.A. and Jones, T.A. (2004) Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. *Nature* 427, 342-344.

Deep, A., Schwean-Lardner, K., Crowe, T.G., and Fancher, B.I. (2012) Effect of light intensity on broiler behaviour and diurnal rhythms. Applied Animal behaviour Science 136: 50-56.

Defra (2010) Welfare of farmed animals (England) (Amendment) 2010 available at: http://www.legislation.gov.uk/ukdsi/2010/9780111503546/contents

Estevez, I. (2007) Density Allowances for Broilers: Where to Set the Limits? *Poultry Science* 86, 1265–1272.

Gordon, S.H and Forbes, M.J. (2002) Management factors affecting the use of pasture by table chickens in extensive production systems. In: Powell. (ed), *UK Organic Research 2002: Proceedings of the COR Conference,* 26-28th March 2002, Aberystwyth, pp. 269-272. Archived at http://orgprints.org/8257. last accessed July 2010.

Havenstein, G.B., Ferket, P.R. and Qureshi, M.A. (2003) Growth, Livability, and Feed Conversion of 1957 Versus 2001 Broilers When Fed Representative 1957 and 2001 Broiler Diets. *Poultry Science* 82, 1500–1508.

Jones, T.A., Donnelly, C.A. and Dawkins, M.S. (2005) Environmental and management factors affecting the welfare of chickens on commercial farms in the UK and Denmark stocked at five densities. *Poultry Science* 84(8), 1155-1165.

Jones, T.A., Feber, R., Hemery, G., Cook, P., James, K., Lamberth, C., and Dawkins, M.S. (2007) Welfare and environmental benefits of integrating commercially viable free-range broiler chickens into newly planted woodland: a UK case study. *Agricultural Systems* 94, 177-188.

Kestin, S.C., Gordon, S., Su, G. and Sorensen, P. (2001) Relationships in chickens between lameness, liveweight, growth rate and age. *Veterinary Record* 148, 195-197.

Knowles, TG., Kestin, S.C., Haslam, S.M., Brown, L.E., Butterworth, A., Pope, S.J., Pfeiffer, D. and Nicol, C.J. (2008) Leg disorders in broiler chickens: prevalence, risk factors and prevention. PLoS ONE 3(2): e1545. doi:10.1371/journal.pone.0001545.

Kristensen, H.H., Perry, G.C., Prescott, N.B., Ladewig, J., Ersbøll, A.K. and Wathes, C.M. (2006) Leg health and performance of broiler chickens reared in different light environments. *British Poultry Science* 47 (3), 257-263.

Leterrier, C., Rose, N., Constantin, P. and Nys, Y. (1998) Reducing growth rate of broiler chickens with a low energy diet does not improve cortical bone quality. *British Poultry Science*, 39 (1), 24-30.

Lewis, C.L., and O'Connell, N.E. (2011) The influence of natural light and straw bales on the behavior and leg health of broiler chickens. Poster presentation: UFAW International Symposium, Portsmouth 28-29 June 2011: Making animal welfare improvements: economic and other incentives and constraints

Malleau, A.E., Duncan, I.J.H., Widowski, T.M. and Atkinson, J.L. (2007) The importance of rest in young domestic fowl. *Applied Animal Behaviour Science* 106, 52–69.

Mirabito, L., and Lubac, L. (2001) Descriptive study of outdoor run occupation by 'Red Label' type chickens. *British Poultry Science* 42, S16-S17.

Mirabito, L., Joly, T., and Lubac, L. (2001) Impact of the presence of peach orchards in the outdoor hens run on the occupation of the space by Red Label type chickens. *British Poultry Science* 42, S18-S19

Nielsen, B.L., Thomsen, M.G., Sørensen, P. and Young, J. F. (2003) Feed and strain effects on the use of outdoor areas by broilers. *British Poultry Science* 44(2), 161-169.

OIE (2011) Terrestrial Animal Health Code: Chapter 7.1 Introduction to the recommendations for animal welfare (Article 7.1.1) Available at: http://www.oie.int/index.php?id=169&L=0&htmfile=chapitre_1.7.1.htm

Rozenboim, I., Robinzon, B. and Rosenstrauch, A. (1999) Effect of light source and regimen on growing broilers. *British Poultry Science* 40(4), 452-457.

Petherick, J.C. (2007) Spatial requirements of animals: Allometry and beyond. Journal of veterinary Behaviour 2:197-204

Quentin, M., Bouvarel, I. and Picard, M. (2005) Effects of crude protein and lysine contents of the diet on growth and body composition of slow-growing commercial broilers from 42 to 77 days of age. Animal Research 54, 113–122.

Sanotra, G.S., Lund, J.D. and Vestergaard, K.S. (2002) Influence of light-dark schedules and stocking density on behaviour, risk of leg problems and occurrence of chronic fear in broilers. *British Poultry Science* 43(3), 344-354.

Schwean-Lardner, K. and Classen, H. (2010) Lighting for Broilers. Aviagen technical report. 0210-AVN-024. http://en.aviagen.com/assets/Uploads/RossTechLightingforBroilers.pdf. Last accessed August 2010.

Schwean-Lardner, K., Fancher, B.I., and Classen, H.L. (2012) Impact of daylength on behavioural output in commercial broilers. Applied Animal behaviour science 137: 43-52

Scientific Committee on Animal Health and Welfare (SCAHAW) (2000) The Welfare of Chickens Kept for Meat Production (Broilers). European Commission, Health and Consumer Protection Directorate-General, Brussels, Belgium. SANCO.B.3/AH/R15/2000.

Weeks, C.A., Nicol, C.J., Sherwin, C.M. and Hunt, S.C. (1994) Comparison of the behavior of broiler chickens in indoor and free-range environments. *Animal Welfare* 3, 179-192.

Welfare Quality. (2010). Preventing lameness in broiler chickens (Popular Fact Sheet WQ Broilers 0303). http://www.welfarequality.net/everyone/41858/5/0/22. Last accessed April 2011.