食鳥処理工程におけるブロイラーの関節損傷

誌名	日本畜産學會報 = The Japanese journal of zootechnical science
ISSN	1346907X
著者名	長谷川,剛
発行元	Zootechnical Science Society of Japan
巻/号	85巻3号
巻号補足	
掲載ページ	p. 309-314
発行年月	2014年8月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

〈一般論文〉

食鳥処理工程におけるブロイラーの関節損傷

長谷川剛[1]

[1] 福島県食肉衛生検査所，福島市 960-0101

(2013. 1. 18 受付，2014. 5. 30 受理)

要　約　食鳥処理施設では，経済損失の重大な原因は筋肉内出血である．また，手羽折れと称される肘関節の開放性脱臼と肩関節脱臼は屠体の商品価値の低下や部分肉の整形する必要性から経営に重大な影響を及ぼす．ニワトリを処理する上でアニマルウェルフェアの啓発と経済損失の対策として，手羽折れの発生要因と防止対策をスタニング電圧，ATP 関連物質から検討した．スタニング電圧をニワトリの種類ごとに設定した結果，手羽折れ発生率が減少し，ブロイラーの適正なスタニング電圧は 15.7～22.3 V であった．手羽折れ屠体と正常鶏肉の ATP 関連物質（アデノシン三リン酸，アデノシン二リン酸，アデノシン一リン酸，イノシン酸，イノシン，ヒポキサンチン）を測定し，筋肉の分解の程度を表現する筋肉の Ka 値を算出した．手羽折れを呈したブロイラーの Ka 値は 93.5 ± 1.9%(平均 ± SD)，正常屠体ブロイラーは 88.0 ± 3.1% であった．一方，29 V のスタニング電圧で大腿部の皮下に出血斑が認められた屠体の Ka 値は 90.1 ± 2.3% であった．以上のことから，適正なアフタースタニング電圧は手羽折れ防止対策に有効であり，関節損傷と関連のある強い痙攣反応が Ka 値に影響していると示唆された．

日本畜産学会報 *85 (3), 309-314, 2014*

食鳥の飼育から処理に至る段階で，関節の損傷は養鶏場における不適切な捕鳥，食鳥処理場での不適切なシャックリングなど人的要件に起因するものがあるが，処理過程に発生する関節の損傷も多く認められる．特に，食鳥処理業界では食鳥処理工程に認められる上腕骨と橈骨，尺骨の関節部に出血，脱臼などの肘関節損傷を手羽折れと呼んでいる．

ニワトリの飼育は，孵卵場から雛を導入し，5～7 週齢まで飼育後，処理場に搬入して処理解体されるブロイラーチキン群と 10～20 週齢まで飼育し処理される銘柄鶏やシャモなどの地鶏群に分類できる．また，ブロイラーチキンとひとくくりされている鶏群には，本邦の食生活や食文化，流通，販売形態から正肉として脱骨して流通される大雛と骨付き唐揚げ用（フライドチキン用）として流通される中雛がある．

生産段階における関節部の損傷は赤血球，好中球などの白血球，リンパ球，線維芽細胞等炎症細胞の浸潤が認められるが，処理工程のものは明らかに異なり赤血球の浸潤は認めるが炎症細胞の浸潤は明らかに少ないことから，屠殺放血処理工程における手羽折れは頸動脈の切開によって放血されている間に惹起されるものと考えられる．

ブロイラーの屠体において，手羽折れは品質や商品の格付けに影響をもたらし食鳥処理業界では重大な経済損失の原因となっている．英国や米国では筋肉内出血や骨折などの報告はあるが（Gregory と Wilkins 1989, 1990 ; Kranen ら 2000），我が国において手羽折れの報告はない．

近年，世界的にアニマルウェルフェアの導入が食用動物おいても叫ばれているが，欧米では無意識の状態で屠殺しなければならない法律や規則で定められていることから，ニワトリは電気的，機械的あるいは他の方法で気絶させる方法が導入されている（AVMA 2001 ; EFSA 2004）．しかし，我が国では食鳥処理方法の法律，規則などはなく，また気絶後放血時の血抜けが不十分という理由で，電気的気絶方法（以下：スタニング）を実施していない処理場が多い．屠殺放血直後にスタニング（以下：アフタースタンニング）処理を導入している食鳥処理場もあるが，その処理条件については経験的に調整しているのが現状である．

筆者は商品価値の著しい低下の防止対策およびアニマルウェルフェアからも食鳥処理工程におけるアフタースタニング効果を調査および実験したので報告する．

材料および方法

1.　屠殺方法および供試鶏

ニワトリの処理までの経過として，生産農場から処理場までの輸送時間は 2 時間以内，処理場に搬入した後処理までの係留時間は 2 時間以内とし，鳥籠（コンテナ）から取り出すときは大腿部または下腿部を保持し，ワイヤーレーンに固定されたシャックル器にニワトリの中足骨部を

連絡者：長谷川剛（fax：024-554-6878，e-mail：fnm27@ac.auone-net.jp）

ひっかけ逆さ吊りにし，20 秒後に自動放血機で右頸動脈を切開放血し，約 210 秒放血エリアを経由し湯漬け槽に入る処理を非通電区とした．アフタースタニング非通電区に用いた供試鶏は，ブロイラーチキンとしてコブ種 38 日齢（以下：中雛）1,007 羽，コブ種 55 日齢（以下：大雛）1,100 羽，銘柄鶏としてハバードレッドブロ種(87.5%ロードアイランドレッド種）69 日齢（以下:銘柄鶏）1,005 羽，シャモ種 109 日齢（以下:シャモ鶏）100 羽を対象とした．

一方，右頸動脈を切開放血後，直ちにシャックル器から脚部をとおり頭部が接着するよう調整した金属板に 25 V の電圧で 20 秒間通電し移動する処理を 25 V アフタースタニング通電区とした．25 V アフタースタニング通電区に使用した供試鶏は，中雛 300 羽，大雛 300 羽，銘柄鶏 300 羽，シャモ鶏 100 羽を対象とした．

また，大雛の処理羽数が鶏種の中で一番多く，手羽折れによる商品の損失額が多額になることから，大雛のアフタースタニング通電の影響を見るため 20 V アフタースタニング処理として大雛 4,459 羽を用いた．なお，鶏体のシャックルの移動は 2,400 羽/時間とした．

2. 通電電圧の設定および供試鶏

当所で実施した全国の食鳥処理場の手羽折れとスタニング電圧の調査から主要 16 施設の情報を基に回帰分析を行ったところ図 1 のとおりであった．手羽折れの発生率から電圧値が 15～30 V において手羽折れ発生が少ないこと，また回帰分析における理論値から 19～25 V のスタニング電圧を設定した．

通電設定は，銘柄鶏 25 V，大雛 22 V，中雛 19 V とし，それぞれ用いた供試鶏は銘柄鶏 309 羽，大雛 543 羽，中雛 336 羽である．また，中雛においてアフタースタニング電圧を非通電，もしくは通電（16 V，18 V，20 V，22 V の各 4 電圧設定）した．非通電は，各 250 羽の実験を 5 回行った．通電については，各 100 羽の実験を同様に各 5 回行い，通電および非通電で計 3,250 羽について実験を行った．

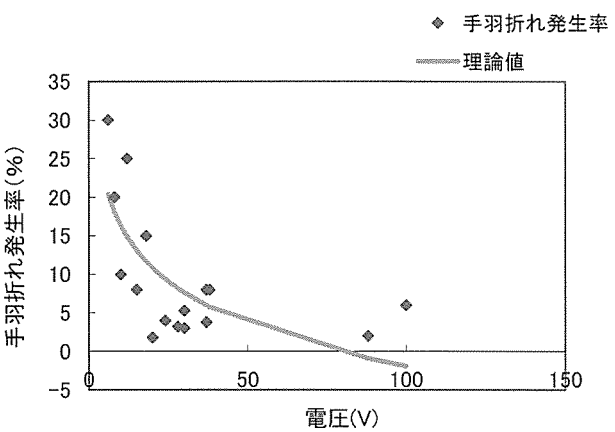

図 1 全国 16 食鳥処理場の手羽折れ発生率とスタニング電圧調査からの回帰分析による理論値（n = 16）．

3. ATP 関連物質の測定

22 V アフタースタニング通電処理した銘柄鶏（M1），大雛（B1），中雛（C1）の大腿部筋肉と非通電処理の銘柄鶏（M2），大雛（B2），中雛（C2），手羽折れ大雛（T）の大腿部筋肉，さらに 29 V アフタースタニング通電して皮下に出血斑を認めた鶏大腿部筋肉（S）の各 5 検体，計 40 検体を ATP 関連物質の測定に供した．

大腿部筋 4 g を精秤し，1 N 冷過塩素酸 40 mL を加えてホモジナイズ後，遠心分離（3000×g，15 分間）した．その上清を炭酸水素カリウムにて pH 6.5 に調整し，さらに遠心分離（3000×g，15 分間）した後，孔径 0.45 μm のメンブランフィルターで濾過し，20 μL を高速液体クロマトグラフ（LC10 システム；(株)島津製作所，京都）(以下：HPLC）で測定した．

HPLC の条件としては紫外部検出器（260 nm），カラムは CLC-ODS Ⅱ（4.6×150 mm），温度 40℃，流速 1.0 mL/分とし，移動層はトリエチルアミン 20.9 mL とリン酸 6.8 mL を，蒸留水にて 1 L にしたものにアセトニトリル 10 mL を加えて使用した．

ATP 関連物質は，根岸と吉川（1994）の報告を参考に，HPLC を用いて定量した．すなわち，ATP 関連物質（ATP，アデノシン三リン酸；ADP，アデノシン二リン酸；AMP，アデノシン一リン酸；IMP，イノシン酸；Ino，イノシン；Hyp，ヒポキサンチン）の分解進行から Ka 値（Ka ＝（IMP＋Ino＋Hyp)/(ATP＋ADP＋AMP＋IMP＋Ino＋Hyp)）を求め，Ka 値を鶏の屠殺放血における痙攣反応と筋肉の変化の指標とした．

4. 統計処理

得られた値の統計処理には，統計演算プログラム（山崎と奥秋 2004）を用い，値は平均値±標準偏差で表わし，unpaired t－test により差を検定し，評価結果は P <0.05 の場合に有意とみなした．

結　　果

1. 非通電区と通電区の手羽折れ率の比較

非通電区における手羽折れは，ブロイラーチキン中雛，大雛の 30%以上に認められ，銘柄鶏やシャモ鶏では 10%弱の発生を認めたが，大雛において通電区 20 V および 25 V 設定により放血エリアでの翼のバタツキが抑制されるとともに，手羽折れの発生は 10%以下に抑えられた．大雛処理工程の 20 V アフタースタニング処理による手羽折れの発生率 7.6%とアフタースタニング処理を行わない手羽折れの発生率 31.8%を図 2 に，また鶏種別アフタースタニングの非通電の手羽折れ発生率は中雛 35.2%，大雛 31.8%，銘柄鶏 10.3%，シャモ鶏 6.0%であったが，25 V 通電処理の手羽折れ発生率は中雛で 18.5%，大雛 10%，銘柄鶏 1%，シャモ鶏発生なしを図 3 に示した．

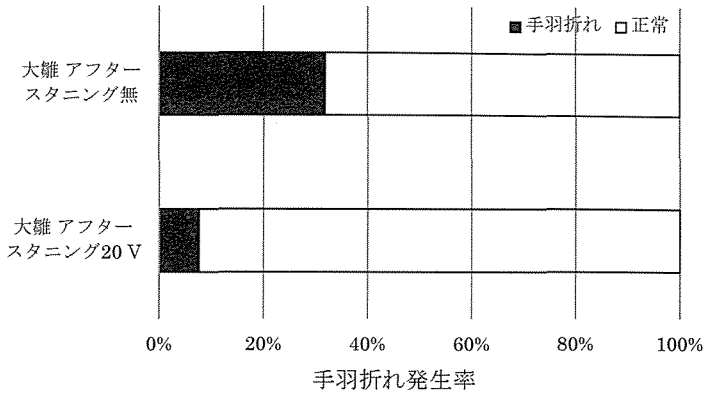

図 2 処理工程のアフタースタニング処理による手羽折れの発生率（%）.

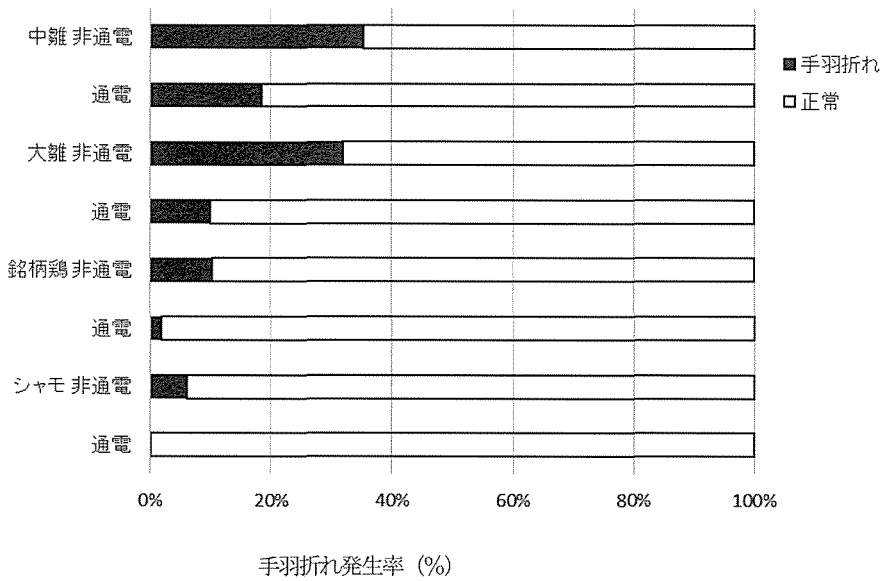

図 3 鶏種別アフタースタニングの非通電と通電処理の手羽折れ発生率の比較.
上段はアフタースタニング非通電処理の手羽折れ発生率.
下段はアフタースタニング 25 V 通電処理の手羽折れ発生率.

表 1 鶏種別アフタースタニング電圧の設定

	供試鶏種			
	銘柄鶏	シャモ	大雛	中雛
日齢	72	106	52	39
スタニング設定電圧（V）	25	25	22	19

2. 通電電圧の設定と手羽折れ率の比較

処理前の保管時間，シャックル移動スピード，アフタースタンニング電圧が同程度の処理場 16 ヵ所を抽出し，その情報を基に回帰分析から理論値を導き，19～25 V のアフタースタニング電圧を表 1 のとおり設定した.

中雛に対し 19 V，大雛では 22 V，銘柄鶏で 25 V を通電したところ，手羽折れ率はそれぞれ 3.9%，5.5%，1.0% となり，非通電に比較して，スタニング電圧の低下に伴って減少した（図 3 および図 4）．また，中雛において電圧を 2 V 単位で非通電，16 V，18 V，20 V，22 V と変化させた場合，非通電では 35.0 ± 3.2%であったが，16 V で 8.8 ± 1.2%，18 V で 11.2 ± 1.7%，20 V で 7.0 ± 1.4%，22 V で 5.2 ± 1.2%であった（図 5）.

3. ATP 関連物質の測定

ATP 関連物質の測定では大腿部筋肉 1 g 中に 5.1～7.8 mg の ATP 関連物質が検出された．Ka 値はアフタースタニング非通電区では M1：86.1 ± 1.7%，B1：88.0 ± 3.1% および C1：88.5 ± 0.2%，アフタースタニング通電区では M2：87.8 ± 1.0%，B2：86.7 ± 1.8% および C2：87.9 ± 0.9% であり，アフタースタニングの有無による有意差は認められなかった．しかしながら，手羽折れ大雛である T の Ka 値は 93.5 ± 1.9% と高い値を示し，また 29 V でアフタースタニング処理し皮下に出血斑を認

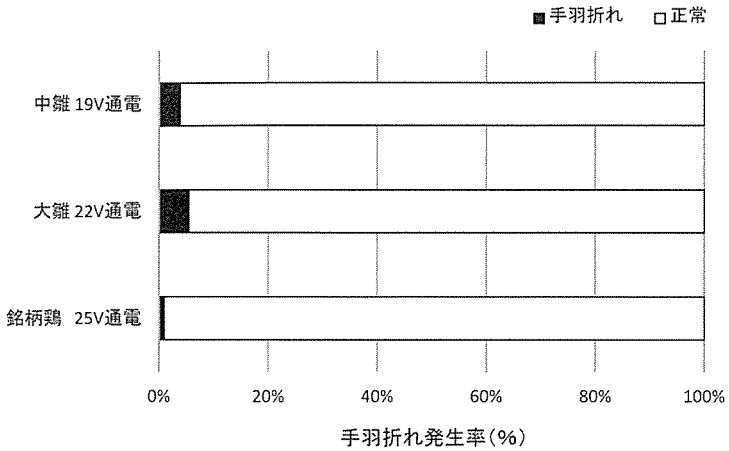

図 4 鶏種別に設定したアフタースタニング電圧の変化による手羽折れ発生率（%）.

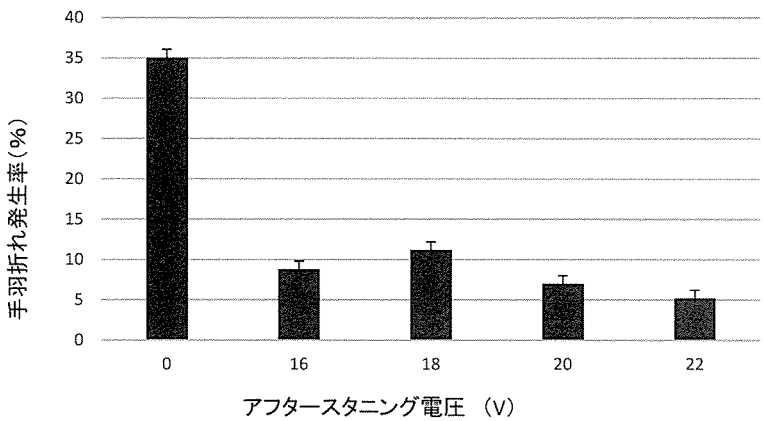

図 5 中雛におけるアフタースタニング電圧変圧による手羽折れ発生率の変化.
平均 ± SD（n = 5）.

表 2 各鶏種のアフタースタニング処理の有無，出血斑および手羽折れ屠体の Ka 値

	Ka 値（%）			
	アフタースタニング無	アフタースタニング有	出血斑	手羽折れ
銘柄鶏	(M2) 86.1 ± 1.7	(M1) 87.8 ± 1.0		
大雛	(B2) 88.0 ± 3.1[ab]	(B1) 86.7 ± 1.8[b]	(S) 90.1 ± 2.3[bc]	(T) 93.5 ± 1.9[d]
中雛	(C2) 88.5 ± 0.2	(C1) 87.9 ± 0.9		

各値は（mean ± SD, n = 5）
[a,b,c,d]：異符号間に有意差あり（$P < 0.05$）

めた検体 S では 90.1 ± 2.3% であった．大雛における Ka 値は B1 および B2 より T で高い値を示し，また B1 より S で，S より T で有意に高い値を示し（$P < 0.05$）（表 2），皮下出血した屠体や関節損傷である手羽折れと関連する強い痙攣を伴った屠体で高い傾向が認められた．

考　　察

我が国では，食鳥検査において手羽折れは生理的な損傷という解釈で廃棄の対象とはしていない．生体時に受けた物理的損傷である骨折とは一線を画している．骨折は骨折・筋血浸の症候名で廃棄の対象としている．しかし，手羽折れは商品価値の低下という経営上の大きな問題として食鳥処理場にとって重要であるが，我が国において食鳥の屠殺時の手羽折れについて調査されていない．Gregory と Wilkins（1989）は食鳥屠体の骨折の主要な所見はブロイラー屠体では一般的な特徴であるとし，主として処理工程で発生するとしている．生鳥時の骨折は一般的でなく，生産現場で捕鳥する際もしくはシャックルに懸吊するときに

急激な力がかかって，骨折することが多く，また，骨折部位として肩甲骨，坐骨，恥骨，鎖骨などが多いと報告している．

本調査では，手羽折れ（肘関節脱臼）について調査した．供試鶏は食鳥処理場に搬入，シャックル懸吊までは臨床所見として翼の肘関節脱臼は認められなかった．また，25 V アフタースタニング通電処理の手羽折れ発生率は処理の有無により（無：31.8%，有：10%）に違いが認められ，ブロイラーでの発生率は飼養期間の長い銘柄鶏やシャモ鶏と比較して高率であった．これは飼育期間と肘関節の形成に関連していると考えられる．

大雛におけるアフタースタニング電圧の変化による手羽折れ発生率（20 V：7.6%，22 V：5.5%，25 V：10.0%，図 3，4）の違いから，電圧の調整が手羽折れ発生率と深く関係していることが推察された．

渡辺（1997）は，胸最長筋・大腰筋の ATP 関連物質の測定に基づき，ウシの屠殺方法における延髄・脊髄破壊による痙攣は筋肉の変化に強く影響していると報告している．ニワトリの ATP 関連物質は，筋肉中 1 g について約 5.1 ～7.8 mg 程度であり，品種，日齢による違いは認められなかった．しかし，ATP 関連物質の測定結果を基に Ka 値を算出したところ，大雛でアフタースタニング通電処理を与えないときに Ka 値のバラツキが認められた．これは食鳥処理時に懸鳥，放血などの工程時の個々の鶏で出現する痙攣などの差異が現れ，痙攣反応が高いものほど「あばれ」を生じ，手羽折れの発生や Ka 値にバラツキが現れたものと推察する．また，過度にアフタースタニング電圧を与えた場合，大腿部に出血斑が出現し，Ka 値も手羽折れを呈した鶏と同様に 90% を越えていた．これに対し，適切なアフタースタニング電圧を与えると，Ka 値を有意に抑制することができ，手羽折れ発生率も有意に減少することができた．これらのことから，屠殺放血時に発生した痙攣をはじめとした暴れの出現がブロイラーの手羽折れに影響していることが確認され，適切な電気的アフタースタニングは手羽折れの発生率を軽減するために有効であると思われた．また，弱電圧を通電した鶏屠体と通電しない屠体，大腿筋膜に出血した屠体，手羽折れした屠体それぞれの大腿筋を Ka 値により比較したところ，手羽折れした屠体の大腿筋の Ka 値が高く，強い痙攣反応が Ka 値に強く影響していると示唆された．

謝　　辞

本研究の実施に際して，多大なご協力をいただきました福島県相馬市「伊達物産株式会社副霊山工場」の皆様に感謝いたします．

文　　献

American Veterinary Medical Association (AVMA). 2001. 2000 Report of the AVMA Panel on Euthanasia. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **218**, 669-696.

European Food Safety Authority (EFSA) AHAW/04-027. 2004. Welfare aspects of animal stunning killing methods. [homepage on the internet]. European Food Safety Authority (EFSA-Q-2003-093) Parma, Italia ; [cited 10 December 2012]. Available from URL : http : //www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/opinion_ahaw

Gregory NG, Wilkins LJ. 1989. Effect of stunning current on carcase quality in chickens. *Veterinary Record* **124**, 530-532.

Gregory NG, Wilkins LJ. 1990. Broken bones in chickens : Effect of stunning and processing in broilers. *British Poultry Science* **31**, 53-58.

Kranen RW, Lambooij E, Veerkamp CH, Kuppevelt Van TH, Veerkamp JH. 2000. Hemorrhages in muscles of broiler chickens. *World's Poultry Science Journal* **56**, 93-126.

根岸春夫，吉川純夫．1994．鶏肉工場で屠殺後処理中の鶏胸肉の物理化学的性質の変化．日本畜産学会報 **65**，738-745.

渡辺　彰．1997．屠畜後の筋肉の pH と食肉の品質．栄養生理研究会報 **41**，69-80.

山崎信也，奥秋　晟．2004．なるほど統計学とおどろき Excel® 統計処理．第 4 版．医学図書出版，東京．

Reduction of broken wings in broiler chickens during processing

Tsuyoshi HASEGAWA[1]

[1] Meat Hygiene Inspection Office, Fukushima Prefecture, Fukushima 960-0101, Japan

Corresponding : Tsuyoshi HASEGAWA (fax : +81 (0) 24-554-6878, e-mail : fnm27@ac.auone-net.jp)

In poultry processing facilities, bleeding is considered as a major cause of economic loss. Operations are also largely impacted by chicken wing break, which is a term for open dislocation of the elbow joint and dislocation of the shoulder, due to the diminished commercial value of the carcass and the need to partially reshape the meat. The causes of chicken wing break and countermeasures for its prevention were examined using the stunning voltage and ATP-related substances as part of efforts in increasing awareness for animal welfare and measures against economic loss in chicken processing. Stunning voltages were set for different types of chickens, and the optimal stunning voltage for the broiler was determined to be 22 V, which was lower than the routine voltage used and was thus strongly associated with chicken wing break. ATP-related substances (i.e., adenosine triphosphate, adenosine diphosphate, adenosine monophosphate, inosinic acid, inosine, and hypoxanthine) in the meat of wing-broken and normal chickens were measured, and the Ka value in the muscle, which was an indicator of the extent of muscle breakdown, was determined. The Ka values of broilers exhibiting chicken wing break and of normal-carcass broilers were 93.5 ± 1.9% and 88.0 ± 3.1%, respectively. The Ka value of carcasses showing bleeding spots under the thigh skin at a stunning voltage of 29 V was 90.1 ± 2.3%. This information suggests that an optimum after-stunning voltage is effective in preventing chicken wing break, and that the Ka value is impacted by a strong convulsive reaction, which is associated with joint damage.

$$Ka = (IMP + Ino + Hyp)/(ATP + ADP + AMP + IMP + Ino + Hyp).$$

Nihon Chikusan Gakkaiho 85 (3), 309-314, 2014

Key words : ATP-related substances, chicken wing break, Ka value, poultry processing, stunning voltage.