

「鳥取地どりピヨ」の改良試験 旨み（アラキドン酸）向上試験

Ⅲ 「鳥取地どりピヨ」とブロイラーの肉質比較試験

尾崎裕昭・福岡規夫・森田憲嗣・澤英夫¹・奥村敏広

(¹現 鳥取県農業大学校)

Comparison studies of meat quality between local meat-type chickens, 'Tottori jidori PIYO' and broilers.

Hiroaki OZAKI, Norio FUKUMA, Kenji MORITA, Hideo SAWA, Toshihiro OKUMURA.

要 約

「鳥取地どりピヨ」（以下 GSRW）とコマーシャルブロイラー（CB）のモモ肉中イノシン酸含量、脂肪酸組成、主要筋肉の組織学的筋線維特性、および肉色等の肉質比較を行うために、同一環境において GSRW と CB を 105 日齢まで飼育した。また、近年、高度育種された CB でムネ肉の White Striping（筋変性）が問題となっているため、併せて調査した。試験鶏として GSRW、CB を同日に餌付けし、42 日齢に CB23 羽、GSRW24 羽の雌を無作為に割り当て、隔週で体重、飼料摂取量の計測を行った。56、105 日齢に精肉調査（CB56、CB105、GSRW105、各 10 羽）を行い、肉質等分析調査、および浅胸筋他を採取し、定法により染色標本を作成、画像解析により筋線維数、筋線維面積、筋線維最小直径を測定した。

産肉成績（体重、飼料要求率、産肉量、歩留まり）は、GSRW より CB が良好であったが、いくつかの肉質成績項目では GSRW が優れていた。加熱損失は GSRW105 が CB56、105 より有意に少なかった（CB56、CB105、GSRW105 各 27.4、33.4、24.8、 $p<0.05$ ）。モモ肉の脂肪酸組成%の比較では、GSRW105 が CB56 よりもアラキドン酸%（3.8、5.8）、DHA%（0.7、1.1）は有意に多かった（ $p<0.05$ ）。ムネ肉、モモ肉の肉色の比較（CB56、GSRW105）では、GSRW は赤味（ a^* ）が高かった（ムネ肉 7.4、10.1、モモ肉 16.7、19.5、 $p<0.05$ ）。ムネ肉の筋線維組織比較（CB56、GSRW105）ではそれぞれ、筋線維密度は 116、341 個/ mm^2 、平均面積は 8,781、3,129 μm^2 、筋線維径は 81.1、51.8 μm で、CB の筋線維は有意に大きかった（ $p<0.05$ ）。GSRW56、105 には、筋変性は認めなかった。浅胸筋では、CB56、105 それぞれ 7/10、8/10 に病変が認められ、平均病変スコアはそれぞれ 1.2、1.8 であり、CB105 で、病変は重度となった。今回の試験結果から、GSRW は、脂肪酸組成において、ARA%、DHA%が高い特性が明らかとなった。また、CB105 では、ムネ肉のみならずモモ肉に筋変性が確認、一方、GSRW については、筋変性が全く認められず、長期飼育に影響を受けないことが明らかとなった。

緒 言

肉質は、品種や性の遺伝的要因、飼料、季節気候を含む環境要因、食鳥処理方法が影響し、その中核は品種と性とされる¹⁾。世界的に中国、タイ、日本等、いくつかの国では、ブロイラーとは一味違った在来種を活用した鶏肉を求める消費者が多く、自国在来種のおいしさに関する試験研究が行われている^{3,7,8,10,20)}。また、高度不飽和脂肪酸はフレーバーに影響し⁹⁾、その中で、アラキドン酸は比内地鶏において新たな旨み関連物質として確認され²⁰⁾、さらに、アラキドン酸高含有油脂を

ブロイラー²³⁾や地鶏¹¹⁾の飼料に添加することによって、旨みを増強させることが報告されている。一方、本県のブランド鶏である三元交雑種（交雑種（シャモ×ロードアイランドレッド、GSR）雄×ホワイトプリマスロック（WR）雌、ブランド名：鳥取地どりピヨ、GSRW）は、遅発育性の GSR と早発育性である WR を交配した中発育性肉用鶏である。中発育性肉用鶏において、脂肪酸組成の特性についての知見は極めて乏しい。よって、本研究の目的は、ブロイラーと GSRW を同時に同一環境で肥育し、脂肪酸組成を主体として、肉色、イノシン酸含量の肉質特性を比較調査することである。併せて、近

年、高度に育種されたコマーシャルブロイラー (CB) において、高増体、肉量が要因と考えられている筋変性症、White Stripes (WS)^{13-18, 22, 26-25)} が問題となっている。GSRW と同時に CB を長期間飼育し、筋肉の病理組織検索により、発症状況を GSRW と比較調査した。

材料と方法

1. 試験計画

調査期間は、平成25年8月9日(餌付け)～平成25年11月22日(精肉調査)までの約15週間とした。GSRW50羽およびCB (Ross308) 50羽を餌付けし、42日齢にCB23羽、GSRW24羽の雌を無作為に試験区に割り当てた。56日齢および105日齢に無作為に10羽ずつ選別し、精肉調査を行った。飼育方法は、プラスチック製の柵で分けした。飼料は餌付けから21日齢まで肥育前期飼料 (ME3050cal/kg、CP22%)、21日齢以降は肥育後期無薬飼料 (ME3150cal/kg、CP18%) を飽食で給与した。飼育密度は、試験終了まで、8～9羽/平米となるように調整した。温度管理は餌付けから3週間は26～30℃、21日齢から22～25℃、35日齢から18～24℃、35日齢から完全に廃温し、温度範囲は10～24℃であった。点灯管理は、0～4日齢は、40LUX、23明期 (L) /1暗期 (D)、5～7日齢は20LUX、18L/6D、8～20日齢は20LUX、12L/12D、21日齢から20LUX、8L/16Dとした。

2. 調査項目

試験開始 (42日齢から) 体重、飼料摂取量の計測は1～2週間隔で行った。精肉調査は56、105日齢の時にいき、と殺開始18時間前に絶食した。と殺は、頸部を切開、放血し、63℃1分間湯漬けを行い、手作業で手早く脱羽処理した。脱羽後、10℃氷水中で1時間保持し、その後、4℃以下の冷蔵庫で冷却し、2時間保持し、精肉調査に供した。

精肉調査は、と体重、モモ肉重量、ムネ肉重量、ササミ肉重量、腹腔内脂肪重量を測定した。解体処理後、4℃18時間冷却し、測色色差計 (Color Meter ZE2000、日本電色工業、東京) にて肉色測定 (L*a*b* 表色系、CIE 1976、リファレンス番号 Y=94.89, X=92.92, Z=111.38) を行った。L*は明度、a*は赤色

度、b*は黄色度である。肉色の測定は、ムネ肉は骨付着面の血管の無い部位を、モモ肉は分離した半腱様筋を2回測定し、その平均値を測定値とした。イノシン酸および脂肪酸組成分析は、測定まで-30℃で保存し、分析を行った。

また、筋線維の組織学的比較のために、56、105日齢の精肉調査時に検査材料を採取した。すなわち、CBとGSRWをランダムに選び (各区N=5)、左側のムネ肉とモモ肉を採取し、4℃で冷蔵保存した後、浅胸筋、縫工筋、大腿二頭筋、大腿四頭筋、半腱様筋を分離、定めた所定の部位を切除し、10%中性緩衝ホルマリンに2～3日間固定し、定法によりパラフィン包埋ブロックを作成し、マイクロトームで薄切後、ヘマトキシリン・エオジン (HE) 染色を行った。染色標本は光学顕微鏡 (オリンパス、東京) で撮影し、JPEGイメージとして保存し、Image J²¹⁾ を使用し、筋線維数 (no./mm²)、筋線維面積 (CSA: Cross Sectional AREA、μm²)、筋線維直径 (最小径、μm) を測定した。筋変性の病変のスコアは、病変無し (0)、骨格筋変性散見 (1)、スコア1の所見と細胞浸潤 (2)、スコア2の病変著しく、脂肪組織置換、線維芽細胞増殖 (3) とした。有病変率は、検査羽数10に対し、スコア1以上の病変が認められた羽数として記録した。

3. 統計分析

統計分析はR²⁵⁾ (R project core team / www. r-project.org/) により行い、Bartlett の等分散性の検定、多群の平均値検定は等分散の場合、Tukey-HSD または不等分散の場合、Games/Howell 法によって行った。分散分析は aov 関数で行った。2群の平均値の差の検定は t. test 関数を使用した。

結果と考察

1. 発育成績 (体重、飼料要求率)

調査羽数は表1に示した。CBは84日齢時に1羽、98日齢時に2羽の脚弱鶏が認められたため淘汰を実施した。体重および飼料要求率を表2に示した。体重比較では56日齢で、CB、GSRWそれぞれ、3,646、1,791g、105日齢で、6,533、2,997gでありCBはGSRWの2倍以上の発育であった (p<0.05)。

表1 羽数の推移

羽数	日齢									
	42	49	56*1	63	70	77	84	91	98	105*1
CB	23	23	23	13	13	13	13 (1*2)	12	12 (2)	10
GSRW	24	24	24	14	14	14	14	14	14	14

*1 ; 精肉調査羽数は56、105日齢で内10羽、*2 ; 脚弱のため淘汰

表2 体重、飼料要求率の推移

日齢	体重				期間FCR		累計FCR	
	CB		GSRW		CB	GSRW	CB	GSRW
42d	2,565	± 161.3	1,304	± 108.3	-	-	-	-
56d	3,646	± 216.0	1,791	± 120.3	2.40	2.68	2.40	2.68
70d	4,738	± 338.5	2,277	± 141.4	3.05	4.58	2.73	3.63
84d	5,329	± 536.2	2,549	± 146.7	4.90	5.42	3.70	4.88
98d	6,026	± 622.7	2,916	± 172.8	4.50	5.19	4.68	5.29
105d	6,533	± 509.2	2,997	± 196.3	2.70	7.44	3.75	5.60

※CB; コマーシャルブロイラーの雌、GSRW; GSR (軍鶏×ロードアイランドレッド) ×W (白色プリマスロック) の雌。

試験期間のFCRは、CBはGSRWより低かった(3.75、5.60)。CBの発育成績(雌)は生産目標値(Ross308)では42、56、70日齢体重はそれぞれ2,595、3,691、4,523gで、今回の試験では2565、3646、4738gであり、ほぼ同程度であった。42日齢以降のFCRはCB、GSRWそれぞれ3.75、5.60でありCBの発育能力は後半においても高かった。

2. 精肉調査成績(と体成績)

精肉調査の結果を表3に示した。産肉重量はほと

んど全ての項目でGSRW105、CB56、CB105の順に有意に大きかった。特にムネ肉重量、と体重に対する比率は、CBが2倍大きかった(CB、GSRW105各24.7、12.2、 $p<0.05$)。腹腔内脂肪%はCB56よりGSR105が2.6倍多かった。加熱損失はGSR105日齢がその他より有意に少なかった(CB56、105、GSRW105各27.4、33.4、24.8、 $p<0.05$)。正肉歩留まりはCB56、CB105、GSRW105の順に47.7、46.6、34.0%であり、GSRWは著しく低かった。

表3 ブロイラー(CB)と鳥取地どりピヨ(GSRW)の精肉調査成績の比較

項目		CB56			CB105			GSRW105		
生体重	g	3634	± 204.2	b	6533	± 509.2	a	3091	± 124.9	c
と体重量	g	3280	± 193.1	b	6005	± 440.4	a	2775	± 116.0	c
ムネ肉重量	g	751	± 77.1	b	1477	± 113.6	a	338	± 29.8	c
ササミ肉重量	g	150	± 15.1	b	262	± 29.7	a	103	± 9.6	c
モモ肉重量	g	661	± 42.4	b	1051	± 121.6	a	502	± 26.2	c
腹腔内脂肪重量	g	82	± 12.6	b	306	± 72.6	a	179	± 32.8	c
と体重量%										
(wt/生体重)	%	90.3	± 0.86	b	92.0	± 1.23	a	89.8	± 1.52	c
と体重割合%										
ムネ肉	%	22.9	± 1.62	b	24.7	± 1.94	a	12.2	± 1.02	c
ササミ肉	%	4.6	± 0.32	b	4.4	± 0.64	a	3.7	± 0.32	b
モモ肉	%	20.2	± 0.86	a	17.5	± 0.97	a	18.1	± 1.00	b
腹腔内脂肪	%	2.5	± 0.44	b	5.1	± 1.00	a	6.4	± 1.15	c
加熱損失	%	27.4	± 1.52	b	33.4	± 4.47	a	24.8	± 1.92	c
冷解凍損失	%	ND	±		4.0	± 1.10		3.4	± 1.20	
ドリップロス	%	ND	±		5.6	± 1.56		4.5	± 2.18	

各区N=10

3. 肉質分析(脂質、脂肪酸組成、イノシン酸、肉色)

各区のモモ肉中のイノシン酸(IMP)含量(mg/100g)を表4に示した。各区の平均値に有意な差は無かった。Tangら²⁴⁾はIMPについてCBより在来種で多いと報告し、Rikimaruら²⁰⁾も同様の報告を行っている。

しかし、今回のGSRWの成績は、これまでのGSRWの飼育試験(未発表)との数値と比較しても、半分程度と低く、原因は不明である。

脂肪酸組成の比較を表5に示した。モモ肉の脂肪酸組成%は、GSRWよりCBでオレイン酸が有意に多く(CB56、GSRW105、37.7、35.3)、CB56よりもGSR105

でアラキドン酸% (ARA%) (3.8, 5.8)、DHA% (0.7, 1.1) は有意に多かった (p<0.05)。これらのことから、GSRW の脂肪酸組成の特性として、CB より、オレイン酸が少なく、アラキドン酸、DHA の多価不飽和脂肪酸が多い特性が明らかとなった。Rikimaru ら²⁰⁾ は、同一環境で飼育したブロイラーと比内地鶏について、遊離アミノ酸、イノシン酸、脂肪酸組成について調査し、特性として IMP と高度不飽和脂肪酸 (PUFA) 含有率の高さを指摘している。また、Tang²³⁾ は中国在来種を活用した Wenchang や Xianju でも同様に IMP や PUFA が高いことを報告している。Jayasena ら¹⁰⁾ は、在来種と他種を比較し、モモ肉において、官能評価に差はないものの、

アラキドン酸や DHA の組成が高いことを報告している。これら脂肪酸組成における特徴について、Bosco ら²⁾ は、遅発育性の肉用鶏は高度不飽和脂肪酸の転換効率が良いと考察している。これらのことから、官能評価における PUFA の影響は賛否両論だが、特性であることは一致している。

ムネ肉、モモ肉の肉色の比較を表 6 に示した。ムネ肉、モモ肉の L* の傾向として、CB56、CB105、GSRW105 の順に有意に低下した。ムネ肉の a* は CB56 より CB105、GSRW105 が有意に高かった。b* は CB56 より CB105 が有意に高かった。モモ肉の a* は CB105 より GSRW105 で有意に高かった。GSRW の特徴として、赤味の強い肉色の特性が認められた。

表 4 ブロイラー (CB) と鳥取地どりピヨ (GSRW) のモモ肉のイノシン酸含量の比較

項目	単位	CB 56 日齢	CB 105 日齢	GSRW 105 日齢
IMP	mg/100g	87.1 ± 7.89	70.7 ± 17.24	77.1 ± 28.90

各区 N=5

表 5 ブロイラー (CB) と鳥取地どりピヨ (GSRW) のモモ肉の脂肪酸組成の比較 (筋肉)

項目	単位	CB 56 日齢	CB 105 日齢	GSRW105 日齢
オレイン酸	%	37.7 ± 1.90 a	37.6 ± 0.77 a	35.3 ± 0.84 b
リノール酸	%	18.0 ± 0.73	17.1 ± 0.50	17.9 ± 0.73
アラキドン酸	%	3.8 ± 0.89 b	4.0 ± 0.47	5.1 ± 0.57 a
リノレン酸	%	0.9 ± 0.11	0.9 ± 0.05	0.8 ± 0.08
DHA	%	0.7 ± 0.17 b	0.7 ± 0.08 b	1.1 ± 0.13 a
飽和脂肪酸	%	30.6 ± 0.94	32.3 ± 1.35	32.1 ± 0.54
不飽和脂肪酸	%	67.3 ± 1.09	66.0 ± 1.20	66.1 ± 0.44
単価不飽和脂肪酸	%	43.1 ± 2.17 a	42.6 ± 0.88	40.3 ± 0.85 b
多価不飽和脂肪酸	%	24.1 ± 1.32	23.4 ± 0.91 b	25.8 ± 1.13 a
n6	%	21.9 ± 1.14	21.3 ± 0.84 b	23.2 ± 1.09 a
n3	%	2.3 ± 0.21 b	2.1 ± 0.12 b	2.6 ± 0.20 a
n6/n3		9.7 ± 0.57	10.1 ± 0.53 a	9.0 ± 0.78 b

※異符号間に有意差あり (危険率<0.05)。各区 N=5。

表 6 ブロイラー (CB) と鳥取地どりピヨ (GSRW) のムネ肉およびモモ肉の肉色の比較

部位		CB56	CB105	GSRW105
ムネ肉	L*	56.2 ± 2.05 a	54.0 ± 2.29 b	50.7 ± 1.27 b
	a*	7.4 ± 0.91 b	11.2 ± 2.51 a	10.1 ± 2.33 a
	b*	16.5 ± 1.30 b	19.2 ± 1.51 a	17.9 ± 1.68
モモ肉	L*	50.7 ± 2.17 a	48.9 ± 2.61 ab	44.4 ± 2.14 b
	a*	16.7 ± 2.44 ab	14.4 ± 1.47 b	19.5 ± 1.16 a
	b*	12.4 ± 1.24	12.6 ± 2.47	12.9 ± 1.57

※異符号間に有意差あり (a-b; p<0.05)。各区 N=10。

表7 筋線維の組織学的比較

項目	単位	CB105 (n=5)			GSRW105 (n=5)		
		値	標準偏差	有意差	値	標準偏差	有意差
筋線維密度	no./mm ²	116	17.7	b	341	92.8	a
筋線維の太さ (最小径)	μm	81.1	5.09	a	51.8	5.89	b

※異符号間に有意差あり (a-b; p<0.05)。各区N=5。

表8 筋線維病変の比較

項目	日齢	品種	骨格筋検査部位				
			浅胸筋	大腿二頭筋	縫工筋	大腿四頭筋	半腱様筋
スコア平均*	56d	CB	1.2	0.3	0	0	0
		GSRW	0.0	0.0	0	0	0
	105d	CB	2.7	0.4	0	0	0.1
		GSRW	0.0	0.0	0	0	0
有病率**	56d	CB	7/10	2/10	0/10	0/10	0/10
		GSRW	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
	105d	CB	10/10	3/10	0/10	0/10	1/10
		GSRW	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10

※各区、日齢 N=10。スコア：0；病変なし、1；筋線維変性壊死、2；1+細胞浸潤、3；2+線維化、脂肪組織置換、これらスコアの平均、**※有病率；検査羽数10羽のうち病変を有する羽数の比。

4. 筋線維の組織学的比較

筋線維組織比較を表7に示した。ムネ肉の筋線維密度はCB、GSRWそれぞれ、116、341個/mm²であった。CSAは8,781、3,129μm²、筋線維径は81.1、51.8μmで、CBの筋線維は有意に大きかった。筋線維の太さとテクスチャーは必ずしも一致しないが、第一次筋束の大きさや分離の程度がきめと言われ、きめの細かい肉は保水性⁶⁾が良いとされ、この観点からすればGSRWのムネ肉は、きめが細かく良い考えることができる。ブロイラーや日本国内の地域ブランド鶏と筋線維の直径を比較(胸肉はIIW線維がほとんどなのでこの数値を抜粋する)すると、ブロイラー60日齢で67.2μm⁶⁾、薩摩鶏70日齢で42.0μm⁶⁾、薩摩鶏交雑ブロイラー70日齢で48.0-50.0μm⁶⁾、天草大王90日齢で53.7μmであり¹⁹⁾、GSRWの105日齢は51.8μmであり、これらの中間的な太さである。CB105の筋線維直径のデータは他文献には見当たらないが、81.1μmと著しく太いことも明らかとなった。

病変のスコア平均、有病率を表8に示した。GSRWには、筋変性を示す病変は無かった。CBの浅胸筋では、56、105日齢それぞれ7/10、8/10に病変が認められ、平均スコアはそれぞれ1.2、1.8、CB105で、病変は重度となった。大腿二頭筋には、スコア3は無かったものの細胞浸潤まで認められるスコア2も存在した。105日齢という長期ではモモ肉にも影響が出る事が明らかとなった。よって、銘柄鶏とし

てブロイラーを長期飼育する場合は、何らかの飼育方法等の対応が必要である。一方、GSRWについては筋変性が全く認められず、長期飼育に全く問題が無いことが明らかとなった。

WSはKuttappanら¹³⁻¹⁸⁾により調査されており、高増体、肉量が強く関係しており、遺伝的要因、ラインによって発生率が異なっている¹³⁾。発症率は10%とされている。重度なものは廃棄、加工用に向けられるが、著しい変性であり、食鳥肉としては不適である。筋変性としては深胸筋変性症¹²⁾が知られていたが、近年、WSは世界的に問題視されている。その他の変性部位は、上腕筋でも報告されている²⁰⁾。今回の試験で、ムネ肉のみならずモモ肉(大腿二頭筋)にも認められたことは、その他の報告に無く、新たな知見である。Kuttappanら¹³⁻¹⁸⁾は、浅胸筋以外にも、深胸筋、大腿二頭筋、腓腹筋について調査しているが、大腿四頭筋、半腱様筋については調査していない。今回の結果では、大腿四頭筋、に病変は認められなかったが、半腱様筋は1/10に片性壊死が認められた。

現在の産肉能力の高いCBを中長期飼育することはアニマルウェルフェアの観点から好ましくなく、適した品種を飼育することが必要である。あるいは、ビタミンE⁴⁾によって重症度を低減できるため、これらの飼育技術を検討する必要がある。

参考文献

- 1) Andersen HJ, Oksbjerg N, Young JF, Therkildsen M, Feeding and meat quality-a future approach. *Meat science*, 70(3), 543-554. 2005
- 2) Bosco AD, Mugnai C, Ruggeri S, Mattioli S, Castellini C, Fatty acid composition of meat and estimated indices of lipid metabolism in different poultry genotypes reared under organic system. *Poultry Science* 91, 2039-2045. 2012.
- 3) Choe JH, Nam K, Jung S, Kim B, Yun HJ, Jo C. Differences in the quality characteristics between commercial Korean native chickens and broilers. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* 30:13-19. 2010.
- 4) Guetchom B, Venne D, Che´nier S, et al. Effect of extra dietary vitamin E on preventing nutritional myopathy in broiler chickens. *J Appl Poult Res.* 21: 548-555. 2012.
- 5) 入江正和、豚肉質の評価法、日本養豚学会誌、39 : 221-254. 2002.
- 6) Iwamoto H, Morita S, Ono Y, et al., A study on the fiber composition of breast and thigh muscles in Satsumajdori crossbred broilers. *Jpn. J. Zootech. Sci.*, 55, 88-94, 1984(Jpn)
- 7) Jaturasitha S. Srikanchai T. Kreuzer M. and WICKE M. Difference in carcass and meat characteristics between chicken indigenous to northern Thailand (blackboned and Thai native) and imported extensive breeds (Bresse and Rhode Island Red). *Poultry Science*, 87: 160-169. 2008.
- 8) Jaturasitha S. Kayan A. and Wicke M. Carcass and meat characteristics of male chickens between Thai indigenous compared with improved layer breeds and their crossbred. *Arch. Tierz., Dummerstorf*, 51: 283-294. 2008.
- 9) Jayasena DD. Ahn DU. Nam KC and Jo C, Factors affecting cooked chicken meat flavour: a review. *World's Poultry Science Journal*, 69:515-526. 2013.
- 10) Jayasena DD, Jung S, Kim HJ, Bae YS, Yong HI, Lee JH. Kim JG. and Jo C. Comparison of Quality Traits of Meat from Korean Native Chickens and Broilers Used in Two Different Traditional Korean Cuisines., *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 26:1038-1046. 2013.
- 11) Kiyohara R. Yamaguchi S. Rikimaru K. and Takahashi H. Supplemental arachidonic acid-enriched oil improves the taste of thigh meat of Hinai-jidori chickens. *Poultry Science* 90: 1817-1822. 2011.
- 12) Klasing K, Crespo R, Shivaprasad H, et al. Noninfectious diseases. In: Saif YM, Fadly AM, Glisson JR, et al, eds. *Diseases of Poultry*. 12th ed. Ames, IA: Wiley-Blackwell; 1121-1258. 2008.
- 13) Kuttappan VA, Brewer VB, Mauromoustakos A, McKee SR, Emmert JL, Meullenet JF, Owens CM. Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry Science* 92:811-9. 2013.
- 14) Kuttappan VA, Huff GR, Huff WE, Hargis BM, Apple JK, Coon C, Owens CM. Comparison of hematologic and serologic profiles of broiler birds with normal and severe degrees of white striping in breast fillets. *Poultry Science* 92:339-45. 2013
- 15) Kuttappan VA, Shivaprasad HL, Shaw DP, Valentine BA, Hargis BM, Clark FD, McKee SR, Owens CM. Pathological changes associated with white striping in broiler breast muscles. *Poultry Science* 92(2):331-8. 2013.
- 16) Kuttappan VA, Goodgame SD, Bradley CD, Mauromoustakos A, Hargis BM, Waldroup PW, Owens CM. Effect of different levels of dietary vitamin E (DL- α -tocopherol acetate) on the occurrence of various degrees of white striping on broiler breast fillets. *Poultry Science* 91:3230-5. 2012.
- 17) Kuttappan VA, Brewer VB, Apple JK, Waldroup PW, Owens CM. Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry Science* 91:2677-85. 2012.
- 18) Kuttappan VA, Lee YS, Erf GF, Meullenet JF, McKee SR, Owens CM. Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of white striping. *Poultry Science* 91:1240-7. 2012.
- 19) 仁木隆博ら、特産肉用鶏「天草大王」の骨格筋重量と筋線維特性—ブロイラーとの比較—、日本暖地畜産学会報、55 : 167-173. 2012.
- 20) Rikimaru K. and Takahashi H. Evaluation of the meat from Hinai-jidori chickens and broilers: Analysis of general biochemical components, free amino acids, inosine 5'

- monophosphate, and fatty acids. *The Journal of Applied Poultry Research* 19: 327-333. 2010.
- 21) Rasband WS. ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <http://imagej.nih.gov/ij/>, 1997-2012.
- 22) Sihvo HK, Immonen K, Puolanne E. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the pectoralis major muscle of broilers. *Vet Pathol.* 51: 619-23. 2014.
- 23) Takahashi H, Rikimaru K., Kiyohara R. and Yamaguchi S. Effect of arachidonic acid-enriched oil diet supplementation on the taste of broiler meat. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 25: 845-851. 2010.
- 24) Tang H. Gong YZ. Wu CX. Jiang J. Wang Y. and Li K. Variation of meat quality traits among five genotypes of chicken. *Poultry Science* 88: 2212-2218. 2009.
- 25) The R Project for Statistical Computing R Development Core Team (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. , URL <http://www.R-project.org>.
- 26) Petracci M, Mudalal S, Babini E, Cavani C. Effect of white striping on chemical composition and nutritional value of chicken breast meat. *Italian Journal of Animal Science* 13: 3138-45. 2014
- 27) Petracci M, Mudalal S, Bonfiglio A, Cavani C. Occurrence of white striping under commercial conditions and its impact on breast meat quality in broiler chickens. *Poultry Science* 92: 1670-5. 2013.
- 28) Zimmermann FC, Fallavena LCB, Salle CTP, et al. Downgrading of heavy broiler chicken carcasses due to myodegeneration of the anterior latissimus dorsi: pathologic and epidemiologic studies. *Avian Disease.* 56:418-421. 2012.