

「鳥取地どりピヨ」の改良試験 旨み（アラキドン酸）向上試験

I 種雄、性別、発育とモモ肉脂肪酸組成との関連

尾崎裕昭、植松亜紀子¹、森田憲嗣、澤英夫²

(¹現 鳥取県西部家畜保健衛生所、²現 鳥取県立農業大学校)

Relationships between sire, sex, performance and fatty acid components of thigh meat in local brand meat type chickens.

Hiroaki Ozaki, Akiko Uematsu, Kenji Morita, Hideo Sawa

要約

鶏肉の食味を向上させる物質としてアラキドン酸 (ARA) が注目されている。鳥取県ブランド地鶏である「鳥取地どりピヨ」(GSRW) について、雄系種鶏 (GSR) の育種改良により腿肉の ARA%が向上するか明らかにするために、GSRW のモモ肉の脂肪酸組成および発育成績等の基礎的調査を行った。異なる4家系の GSR 雄から GSRW の半きょうだい (56日齢4区×20羽) を作成し、GSRW の発育状況、産肉成績、脂肪酸組成分析等調査を行った。発育成績について、体重における父親の影響は、初生の時を除いて各週齢に認められた。98日齢の平均体重は雄4,881g、雌3,517g、雌雄平均4,199gで、雄/雌比は1.39、飼料要求率は2.58であった。精肉調査成績では、GSRW の雌は雄と比較して、と体重量、中抜き重量、正肉重量等、父親の影響を受ける項目が多かった。モモ肉の脂肪酸組成について、ARA%は日齢の影響を受け ($p<0.05$)、日齢が増加するほど低下した (雄、74日齢6.70%、88日齢4.68%、102日齢4.33%、雌同様に5.00%、4.25%、3.88%)。一方、ARA%の雄の影響を見るために、ARA%の分散分析を行ったところ、父親効果 ($p=0.03957$)、日齢効果 ($p=0.00799$) が認められた。

緒言

「鳥取地どりピヨ」(GSRW) は鳥取県の地域ブランド地鶏であり、軍鶏 (G) の雄とロードアイランドレッド (RIR) の雌を交配した雑種 (以下 GSR)^{2,12,22)} の雄とホワイトプリマスロック (W) の雌の交配により作成される²⁾。肉質は、「適度な歯ごたえと独特のコクが特徴」とされているが、コクの要因については不明な点が多い。しかし近年、脂肪酸の一種であるアラキドン酸 (以下 ARA) の水和物が食味に影響を与え²³⁾、一方で、比内地鶏において鶏肉の新たな旨み関連物質¹⁷⁾としても報告されている。一般的に、食品中の ARA は肉類や鶏卵、肝臓に多く含まれている⁹⁾が、さらに ARA 高含有油脂を飼料に添加することによって、地鶏⁷⁾、ブロイラー¹⁹⁾の食味が改善されることが確認されている。また、分子レベルでも ARA は味覚のレセプターに直接関与して、旨みを増強させる作用が解明されている¹¹⁾。そして、第六の味覚として脂肪味¹⁸⁾も認識され始めている。

そこで、本研究では、地どりの食味を向上させる

物質として ARA に着目し、雄系種鶏の育種改良により ARA%が向上するか明らかにするために、GSRW のモモ肉の脂肪酸組成等の基礎的調査を行った。具体的には、異なる GSR の家系の雄から GSRW の半きょうだいを作成し、父親によって脂肪酸組成が影響を受けるかどうか調査した。あわせて、近年改良を進めた GSR を交配した GSRW の発育状況や産肉成績等のデータが乏しかったため、これらの調査も行った。

材料と方法

1. 供試鶏および飼育環境、試験区分

調査期間は、平成23年11月13日～平成24年3月2日までの約15週間である。80羽餌付けし、餌付けから56日齢まで群飼とし、同日に雄家系ごとに、試験鶏をプラスチック製の柵で試験区分けした (表1)。飼料は餌付けから20日齢まで肥育前期飼料 (ME3050cal/kg、CP22%)、21～55日齢まで肥育後期飼料 (ME3150cal/kg、CP18%、有薬飼料)、56日齢以降は肥育後期無薬飼料 (ME3150cal/kg、CP18%、無薬) を、飽食で給与した。試験終了まで、8～9羽/㎡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℃、42日齢から完全に廃温し、温度範囲は5~10℃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

体重、飼料摂取量の計測は4週までは毎週、以降隔週で行った。生産成績は74、88日齢で精肉調査したため、飼料摂取量、飼料要求率は延べ羽数により算出した。精肉調査は74、88、102日齢で行い、と殺開始18時間前に絶食した。と殺は、頸部を切開し放血し、63度2分間湯漬けを行い、手作業で手早く脱羽処理した。脱羽後、と体を手で中抜きを行った。中抜きは、そ嚢遠位で食道を縛り、腹部を切開し、心臓を摘出、そ嚢からクロアカまでの消化管を一括して取り、肺の臓器片を摘出した。その後、4℃以下の冷蔵庫で冷却し、2時間保持した。解体調査は、と体重量、中抜きと体重量(Ⅲ型)、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℃24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、モモ肉は半腱様筋を分離し、3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。

3. 統計分析

統計分析はR(R project core team / www. r-project. org /)¹⁵⁾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ファンクションで行った。

結果と考察

1. 発育成績

性別および日齢ごとの体重の推移を表2に示した。体重における父親の影響は、初生の時を除いて各週齢に認められた。性の影響は測定した全ての日齢で認められた。父親と性の交互作用は認められなかった。今回の試験において70日齢の平均体重は、雄3,450g、雌2,602g、雌雄平均3,026gで、雄/雌比1.33、84日齢の平均体重は、雄4,316g、雌3,121g、雌雄平均3,695gで、雄/雌比1.38、98日齢の平均体重は雄4,881g、雌3,517g、雌雄平均4,199gで、

雄/雌比は1.39であった。コマーシャルブロイラーのマニュアル¹⁾では70日齢においても5,580g、雌4,523g、雄/雌比1.23であり、雌雄体格差についてもGSRWは改良の余地がある。生産成績を表3に示した。84、98日齢での飼料要求率(累計)はそれぞれ2.46、2.59であった。週齢の途中で精肉調査を行っているため、延べ羽数による計算値であり、より高値となる可能性はある。国内の地鶏⁴⁾のうち、種鶏にホワイトロックを交配している品種の成績²⁰⁾と比較すると、84日齢体重(雌雄平均)3,176g、FCR2.76であり発育は同水準で、良好であった。1999年の津森ら²¹⁾の調査では14週齢体重は無鑑別平均で2,841g(今回の調査成績:4,199)、飼料要求率は3.51(2.59)、正肉割合42.2%(41.5%)と大幅に改善、改良されている。今後、これらの発育に合わせた飼育マニュアル等の作成が必要である。

2. 精肉調査成績

各性において日齢による精肉調査成績の比較を行った(表4,5)。GSRW雌は、雄と比較して、と体重量、中抜き重量、正肉重量、腹腔内脂肪重量、ムネ肉%、ササミ肉%、と体重量等、父親によって影響を受ける項目が多いことが確認された。よって、GSRとGSRWの雌の発育、と体成績に着目した育種が今後必要である。

3. 肉色およびイノシン酸

性別、日齢による肉色の比較(表6)では、a*において、雌74日齢は102日齢の値に比べて有意に低く、雄と差があった。b*は全体的に雌区で高かった。性別、日齢のモモ肉のイノシン酸の変化を表7に示した。雄の74日齢区は著しく低かった。分散分析をIMPおよび肉色において行ったところ、a*は処理日齢の影響、b*およびIMPは性の影響が認められた(表8)。よって、a*は加齢によって増加し、b*とIMPは雌で高いことが判明し、肉質の性差を意識した販売戦略が必要である。

4. 脂肪酸組成

各性、日齢のモモ肉の脂肪酸組成の変化を表9に示した。脂肪酸組成に影響する性や日齢の影響は脂肪酸の項目により様々であった。MUFAやPUFAは性や日齢の影響を有意に受けた。ARA%は日齢の影響を受け、一般的な出荷日齢に近づくほど、低下することが明らかとなった。Komprdaら⁸⁾は、ブロイラー、七面鳥とも出荷日齢となるほどARA%が低下すると報告している。日齢が高くなると筋肉内脂肪酸含量は上昇する^{13,14,23)}が、増加する中性脂肪のアラキドン酸含量は少ないため³⁾、相対的にアラキドン酸%が低下した可能性はあるが、詳細は不明である。今回の成績では、若齢であるほうが高いモモ肉ARA%を得る

ことができるが、74日齢のARA%はバラツキが高い傾向(雄 CV18.0%、雌 CV35.2%、表データ未表示。CVは標準偏差/平均)にあることは考慮に入れる必要がある。ARA%の雄の影響を見るために、ARA%の分散分析を行った。この一般化線形モデルは、アラキドン酸% = 平均 + 父親効果 + 日齢効果 + 父親効果 × 日齢効果 とし算出した。その結果、父親効果 (p=0.03957)、日齢効果 (p=0.00799) が認められた。よって、GSRWのモモ肉ARA%は、父親(GSR種鶏群雄)により影響を受けることから、GSR種鶏群のARA%に着目した育種改良は効果がある可能性が確認できた。

肉用鶏は発育により高発育、中発育、低発育に分類することができ、近年、低発育性に分類される肉用鶏の特徴として、筋肉中の多価不飽和脂肪酸、アラキドン酸の組成が高いとする報告が相次いでいる^{6,17)}。そして、アラキドン酸などリン脂質に多く含まれる多価不飽和脂肪酸は、調理中に重要なアロマ揮発性物質生成に寄与する⁵⁾重要な物質である。GSRW

は中発育にあたるが、高発育肉用鶏(ブロイラー)と比べた時の脂肪酸組成特性を明確にするためには、同一飼料・環境の条件で行うことが必要¹⁷⁾であり、今後調査する予定である。

今回の結果から、産肉成績について、GSRWの発育は以前の報告²¹⁾より著しく向上した。しかし、雌の精肉調査において、と体重量、中抜き重量、正肉重量等の重要な項目で、父親の影響を受けやすいことが判明し、雌のバラツキを抑えるためには、GSRW雌の発育・産肉成績を改善できるGSRの育種が必要であると思われた。また、モモ肉の脂肪酸組成について、GSRWの父親の影響は有意であり、雄系種鶏群において、ARA%を選抜形質とし育種改良することは十分意義があると考えられた。また、ARA%は日齢に影響を受け、出荷日齢に近づくに従い減少したことから、ARA%の高い鶏肉を生産するには、地鶏の規格¹⁰⁾に囚われないことも必要と考えられた。

表1 試験区設定

試験区	雄系交雑種鶏		餌付羽数	開始羽数	精肉調査		
	雄号	育種価			74日齢	88日齢	102日齢
A	雄A	60.2	20	16 (雄8、雌8)	4	4	4
B	雄B	75.1	20	16 (雄8、雌8)	4	4	4
C	雄C	269.1	20	16 (雄8、雌8)	4	4	4
D	雄D	101.2	20	16 (雄8、雌8)	4	4	4
合計	4羽	126.4	80羽	64羽	16羽	16羽	16羽

表2 各性、日齢の体重の推移

性別	父親	0	7	14	21	28	42	56	70 ^{*2}	84 ^{*2}	98 ^{*2}
		n=80	n=80	n=80	n=80	n=80	n=80	n=80	n=80	n=64	n=48
♂	A	41	133	319	574	915	1,690	2,483	3,204	4,008	4,690
	B	42	147	343	628	1,005	1,873	2,795	3,573	4,355	4,813
	C	43	159	371	645	1,012	1,835	2,745	3,536	4,378	5,235
	D	44	154	347	615	974	1,783	2,628	3,489	4,270	4,785
	平均	42	148	345	615	976	1,793	2,663	3,450	4,316	4,881
♀	A	40	123	275	473	731	1,293	1,838	2,336	2,830	3,123
	B	40	134	307	542	831	1,470	2,065	2,699	3,303	3,645
	C	42	141	305	531	819	1,433	2,105	2,715	3,330	3,863
	D	38	141	306	535	825	1,425	2,035	2,656	3,087	3,438
	平均	40	135	298	520	802	1,405	2,011	2,602	3,121	3,517

分散分析

父親	0.189	***	***	***	***	***	***	***	***	***	**
性	** ^{*3}	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
雄×性	.	0.977	0.403	0.466	0.541	0.903	0.975	0.976	0.824	0.634	

*1: N=雌雄×羽数×雄区、*2: 体重測定後、各家系よりランダムに74、88、102日齢で4羽(雌雄2羽づつ)精肉調査実施

*3: 危険率 ***;0.001, **;0.01, *;0.05, .;0.1

表3 生産成績

項目	単位	日齢										
		0	7	14	21	28	42	56	70	84 ^{*1}	98 ^{*1}	
体重	平均	g	42	143	322	566	884	1,584	2,307	3,026	3,695	4,199
	最大	g	49	171	396	712	1,110	2,060	3,020	3,980	4,790	6,060
	最小	g	34	113	260	430	666	1,180	1,660	2,140	2,670	3,000
	標準偏差	g	3	13	33	64	110	227	363	486	624	770
DG	期間	g/日		14	26	35	45	50	52	51	48	36
	累計	g/日		14	20	25	30	37	40	43	43	42
飼料摂取量 ^{a1}	期間	g/羽・日		24	38	58	83	72	134	139	196	127
	累計	g/羽・日		24	31	40	51	58	77	87	100	102
飼料要求率 ^{a1}	期間			1.67	1.49	1.66	1.82	1.44	2.59	2.70	4.09	3.54
	累計			1.67	1.56	1.60	1.69	1.57	1.90	2.09	2.46	2.59

*1:計算値(概算)

表4 日齢による精肉調査成績の比較(雄)

項目	単位	食鳥処理日齢						分散分析		
		74 (n=8)		88 (n=8)		102 (n=8)		父親	日齢	父親 ×日齢
と体重量	g	3,325 ± 264.9	b	3,779 ± 272.3	ab	4,456 ± 248.5	a	.	***	NS
中抜き重量	g	2,608 ± 208.8	b	3,011 ± 207.6	ab	3,550 ± 242.8	a	.	***	NS
モモ肉重量	g	738 ± 71.6	b	837 ± 68.1	ab	1,051 ± 66.4	a	NS	***	NS
ムネ肉重量	g	476 ± 46.8	b	566 ± 24.3	ab	652 ± 62.5	a	NS	***	NS
ササミ肉重量	g	113 ± 13.1	b	142 ± 13.4	a	159 ± 16.7	a	*	***	NS
腹腔内脂肪	g	99 ± 26.1	b	92 ± 39.5	b	153 ± 44.1	a	NS	*	NS
中抜きと体	%と体	78.4 ± 1.13		79.7 ± 0.94		79.6 ± 2.06		NS	NS	NS
モモ肉	%と体	22.2 ± 1.34	b	22.1 ± 0.76	b	23.6 ± 0.76	a	NS	*	NS
ムネ肉	%と体	14.3 ± 0.93		15.1 ± 1.07		14.6 ± 1.22		NS	NS	NS
ササミ肉	%と体	3.4 ± 0.31		3.8 ± 0.38		3.6 ± 0.31		NS	.	.
腹腔内脂肪	%と体	3.0 ± 0.71		2.4 ± 0.98		3.4 ± 0.95		NS	NS	NS
モモ肉	%中抜きと体	28.3 ± 1.70		27.8 ± 0.94	b	29.6 ± 1.34	a	NS	.	NS
ムネ肉	%中抜きと体	18.2 ± 0.99		18.9 ± 1.28		18.4 ± 1.32		NS	NS	NS
ササミ肉	%中抜きと体	4.3 ± 0.35		4.7 ± 0.45		4.5 ± 0.34		NS	.	.
腹腔内脂肪	%中抜きと体	3.8 ± 0.94		3.0 ± 1.25		4.3 ± 1.28		NS	NS	NS

危険率 ***:p<0.001, **:p<0.01, *:p<0.05, NS;有意差なし。異符号間に有意差あり (p<0.05)。

表5 日齢による精肉調査成績の比較 (雌)

項目	単位	食鳥処理日齢						分散分析		
		74 (n=8)		88 (n=8)		102 (n=8)		父親	日齢	父親 ×日齢
と体重	g	2,526 ± 257.7	b	2,923 ± 224.7		3,330 ± 396.5	a	**	***	NS
中抜き重量	g	1,935 ± 190.0	b	2,274 ± 191.8	a	2,560 ± 283.7	a	**	***	NS
モモ肉重量	g	552 ± 63.8	b	653 ± 63.0		753 ± 101.9	a	**	***	NS
ムネ肉重量	g	382 ± 34.4	b	430 ± 50.8	b	502 ± 53.9	a	**	***	NS
ササミ肉重量	g	87 ± 6.7	b	103 ± 12.6	a	112 ± 14.2	a	**	***	NS
腹腔内脂肪	g	101 ± 34.5	b	150 ± 33.1		201 ± 47.2	a	*	***	NS
中抜きと体	%と体	76.6 ± 0.79		77.8 ± 2.52		77.0 ± 2.51		*	NS	NS
モモ肉	%と体	21.8 ± 0.91		22.3 ± 1.12		22.6 ± 0.56		NS	NS	NS
ムネ肉	%と体	15.2 ± 0.87		14.7 ± 1.00		15.1 ± 0.79		**	NS	.
ササミ肉	%と体	3.5 ± 0.24		3.5 ± 0.26		3.4 ± 0.19		*	NS	NS
腹腔内脂肪	%と体	4.0 ± 1.14	b	5.2 ± 1.22		6.1 ± 1.38	a	.	**	NS
モモ肉	%中抜きと体	28.5 ± 1.24		28.7 ± 1.64		29.3 ± 1.31		.	NS	NS
ムネ肉	%中抜きと体	19.8 ± 1.07		18.9 ± 1.24		19.6 ± 0.60		.	.	*
ササミ肉	%中抜きと体	4.5 ± 0.27		4.5 ± 0.29		4.4 ± 0.19		NS	NS	NS
腹腔内脂肪	%中抜きと体	5.2 ± 1.53	b	6.7 ± 1.72		7.9 ± 1.98	a	*	*	NS

危険率 ***;p<0.001, **;p<0.01, *;p<0.05、NS ; 有意差なし。異符号間に有意差あり (p<0.05)。

表6 性、日齢によるモモ肉の肉色の変化

性別	雄			雌		
	74	88	102	74	88	102
L*	41.6	42.2	42.7	43.7	43.5	42.4
a*	20.0	21.7 a	21.1 a	18.6 b	20.8	21.6 a
b*	10.7 bcd	10.5 cd	10.2 d	11.7 abcd	12.2 abcd	13.2 a

各区N=8、異符号間に有意差あり (p<0.05)。

表7 モモ肉のイノシン酸値

性別	雄			雌		
	74	88	102	74	88	102
IMP(mg/100g)	81.1 a	130.6	115.5	159.5	185.9 b	151.6

各区N=4、異符号間に有意差あり (p<0.05)。

表8 肉色とIMP値の分散分析結果

項目	L*	a*	b*	IMP
性	NS	NS	***	*
日齢	NS	**	NS	NS
性×日齢	NS	NS	NS	NS

危険率 ***;p<0.001, **;p<0.01, *;p<0.05、NS ; 有意差なし。

表9 性、日齢によるモモ肉の脂肪酸組成の変化

性別	雄			雌			分散分析		
	74	88	102	74	88	102	性	日齢	性×日齢
解体日齢									
N	4	4	4	4	4	4			
C14:0	0.55	0.68	0.68	0.63	0.65	0.78	NS	**	NS
C16:0	21.08 b	22.05	22.03	22.25	22.38	23.05 a	*	NS	NS
C17:0	0.08	0.20	0.18	0.10	0.15	0.13	NS	*	NS
C18:0	10.60 a	9.63	9.03	9.15	8.83	8.23 b	*	NS	NS
C16:1	2.55	2.90	2.70	3.33	3.15	3.25	*	NS	NS
C18:1	31.65 b	34.55	35.43	34.35	36.48 a	37.13 a	*	*	NS
C18:2 n-6	17.93	17.78	18.43	17.18	16.75	16.35	**	NS	NS
C20:2 n-6	0.20	0.20	0.20	0.15	0.10	0.10	***	NS	NS
C20:4 n-6	6.70 a	4.68	4.33 b	5.00	4.25 b	3.88 b	NS	**	NS
C18:3 n-3	0.73 b	0.88	0.95 a	0.83	0.83	0.93	NS	**	NS
C20:5 n-3	0.28	0.23	0.23	0.30	0.23	0.28	NS	*	NS
C22:5 n-3	0.88	0.63	0.53	0.63	0.55	0.50	*	**	NS
C22:6	1.63	1.08	1.08	1.10	1.00	0.98	*	*	NS
MUFA	37.15	40.23	40.70	40.43	42.40	42.95	*	*	NS
PUFA	28.33 a	25.45	25.73	25.18	23.70 b	23.00 b	**	*	NS
n-6	24.83 a	22.65	22.95	22.33	21.10 b	20.33 b	**	*	NS
n-3	3.50	2.80	2.78	2.85	2.60	2.68	*	*	NS
未同定	2.23	1.78	1.68	2.28	1.90	1.88	NS	*	NS

危険率 ***;p<0.001, **:p<0.01, *:p<0.05, NS;有意差なし。

参考文献

- 1) Aviagen, UK, http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-308-Broiler-P0-2014-EN.pdf, 2014
- 2) 遠藤喜久ら、軍鶏(シャモ)を用いた新しい肉用鶏の作出、鳥取県中小家畜試験場研究報告、第50号:37-44. 1995.
- 3) Betti M, et al. Omega-3-enriched broiler meat: 3. Fatty acid distribution between triacylglycerol and phospholipid classes. Poultry Science, 88. 1740-1754. 2009
- 4) 独立行政法人家畜改良センター兵庫牧場、都道府県の保有する肉用鶏品種系統データベース(平成22年度)、2011
- 5) Jayasena DD, et al. Flavour Chemistry of Chicken Meat: A Review, Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 26: 732-742, 2013.
- 6) Jayasena DD, et al. Comparison of Quality Traits of Meat from Korean Native Chickens and Broilers Used in Two Different Traditional Korean Cuisines. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 26: 1038-1046. 2013.
- 7) Kiyohara R, et al. Supplemental arachidonic acid-enriched oil improves the taste of thigh meat of Hinai-jidori chickens. Poultry Science, 90: 1817-1822, 2011.
- 8) Komprda T, et al. Arachidonic Acid and Long-Chain n-3 Polyunsaturated Fatty Acid Contents in Meat of Selected Poultry and Fish Species in Relation to Dietary Fat Sources. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 6804-6812, 2005.
- 9) 文部科学省、食品成分データベース: <http://fooddb.jp/>
- 10) 農林水産省、地鶏肉の日本農林規格、平成11年6月21日農林水産省告示第844号、最終改正平成22年6月16日農林水産省告示第923号
- 11) Oike H, et al. Arachidonic acid can function as a signaling modulator by activating the TRPM5 cation channel in taste receptor cells. Biochimica et Biophysica Acta, 1761: 1078-84, 2006.
- 12) 尾崎裕昭ら、「鳥取地どりピヨ」の改良試験、鳥

- 取地どりピヨの種鶏改良に係る交雑種鶏の血統固定化試験、鳥取県中小家畜試験場研究報告、第57号、2011.
- 13) Poureslamia P, et al. Effects of diet, age and gender on the polyunsaturated fatty acid composition of broiler anatomical compartments *British Poultry Science*, 51: 81-91, 2010 【abstract】
 - 14) Poureslamia R, et al. Effect of diet, sex and age on fatty acid metabolism in broiler chickens: n-3 and n-6 PUFA., *British Journal of Nutrition*, 104: 189-197. 2010.
 - 15) 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>.
 - 16) Ramaswamy HS, Richards JF. Flavor of poultry meat : A review, *Canadian Inst Food Science Technology Journal*, 15: 7-18, 1982.
 - 17) Rikimaru K, 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.
 - 18) Stewart JE, et al. Oral sensitivity to fatty acids, food consumption and BMI in human subjects. (Abstract) *British Journal of Nutrition*, 104: 145-152. 2010.
 - 19) Takahashi H, et al. Effect of Arachidonic Acid-enriched Oil Diet Supplementation on the Taste of Broiler Meat. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25: 845-851, 2012.
 - 20) 龍田 健、普及型ブロイラー種鶏を用いた「ひょうご味どり」の能力調査試験、*兵庫農技総セ研報*、45: 8-12、2009.
 - 21) 津森宏ら、鳥取地どりの実用化試験、*鳥取県中小家畜試験場研究報告*、52: 21-26, 1999.
 - 22) Yamaguchi S, et al, Effect of Oxidized Arachidonic Acid and Hexanal on the Mouse Taste Perception of Bitterness and Umami. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 74: 1884-1890, 2010.
 - 23) Zerehdaran S, et al. Estimation of Genetic Parameters for Fat Deposition and Carcass Traits in Broilers. *Poultry Science*, 83:521-525, 2004.