

「はかた地どり」ムネ肉における機能性成分イミダゾールジペプチド含量と加熱後におけるその変動

北崎宏平^{*1)}・片倉喜範²⁾・投野和彦³⁾・打上晃二³⁾・中垣 誠³⁾・小山 太・家守紹光

イミダゾールジペプチド (IDP) は、動物の骨格筋の中でも特に鶏ムネ肉に多く含まれ、抗酸化能による疲労回復の促進や後帯状皮質領域における脳血流量の増大による記憶機能の向上などの機能性を有する。本研究は、「はかた地どり」のブランド力向上を目的に、そのムネ肉 IDP 含量を分析するとともに、将来的な加工品開発を視野に異なる加熱調理法が IDP 含量に与える影響を調べた。食鳥処理販売会社で処理された「はかた地どり」のムネ肉 IDP 含量は平均で 1761mg/100g とブロイラーの 1230mg/100g よりも有意に多かった ($P < 0.01$)。暑熱期 (日平均 26.7℃) と寒冷期 (同 6.0℃) の「はかた地どり」ムネ肉の IDP 含量は、適温期 (同 20.2℃) と差が無かった。飼育期間の違いでは慣行の 84 日におけるムネ肉 IDP 含量は 1869mg/100g であったのに対し、95 日および 103 日では、それぞれ 2173mg/100g、2349mg/100g と有意に増加した ($P < 0.05$)。また、塊肉における加熱試験では、非加熱におけるムネ肉 IDP 含量 1882mg/100g に対し、蒸し加熱では 1623mg/100g と有意に低下したが ($P < 0.05$)、焼き加熱は 2076mg/100g、揚げ加熱においては 2323mg/100g と有意に増加した ($P < 0.05$)。以上の結果より、「はかた地どり」ムネ肉は、ブロイラーよりも豊富な IDP を有し、焼き加熱や揚げ加熱で含量が増加することが明らかとなり、今後、機能性表示食品としての販路拡大や IDP を豊富に含む加工品開発が期待できる。

[キーワード：はかた地どり、イミダゾールジペプチド、機能性、ムネ肉]

Content and Change after Heating of Imidazole Dipeptide, a Functional Element of the Breast of 'Hakata Jidori'. KITAZAKI Kohei, Yoshinori KATAKURA, Kazuhiko NAGINO, Kouji UCHIAGE, Makoto NAKAGAKI, Futoshi KOYAMA and Tsugumitsu KAMORI (Fukuoka Agriculture and Forestry Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. For. Res. Cent.* 6.105–109 (2020)

Imidazole dipeptide (IDP) is abundant especially in chicken breast among the skeletal muscles of animals, and functions to facilitate the recovery from fatigue with its antioxidation effect, improve the memory function by boosting cerebral blood flow in the posterior cingulate cortex, and so on. For the purpose of enhancing the brand name of 'Hakata Jidori' we analyzed the IDP content in its breast, and studied the change in the IDP content through heating while envisioning the development of processed products. The results show that the average IDP content in the breast of 'Hakata Jidori' was 1,761 mg/100 g, significantly larger than that of commercial broiler chicken: 1,230 mg/100 g ($P < 0.01$). It was also found that the IDP contents in the breast of 'Hakata Jidori' during the hot period (daily mean air temperature: 26.7℃) and the cold period (daily mean air temperature: 6.0℃) are not different from that in the suitable period (daily mean air temperature: 20.2℃). The IDP content of 'Hakata Jidori' whose feeding period is ordinary and 84 days was 1,869 mg/100 g, while those of 'Hakata Jidori' whose feeding periods are 95 days and 103 days were 2,173 mg/100 g and 2,349 mg/100 g, respectively, indicating significant increases ($P < 0.05$). The IDP content of unheated 'Hakata Jidori' was 1,882 mg/100 g, while that of steamed chicken was 1,623 mg/100 g, indicating a significant drop ($P < 0.05$), but the IDP content of grilled chicken was 2,076 mg/100 g and that of deep-fried chicken was 2,323 mg/100 g, showing significant increases ($P < 0.05$). It was revealed from these results that the breast of 'Hakata Jidori' has a larger IDP content than that of commercial broiler chicken, and the IDP content increases according to the degree of grilling or deep-frying. Accordingly, it can be expected that sales channels will be expanded and processed products will be developed for 'Hakata Jidori' as food with health claims.

[Key words: breast meat, functionality, 'Hakata Jidori', Imidazole dipeptide]

緒 言

アンセリン (β -alanyl-L-methyl-L-histidine: 以下 Ans) およびカルノシン (β -alanyl-L-histidine: 以下 Car) はイミダゾール基を有することからイミダゾールジペプチド (以下 IDP) と呼ばれ、動物の骨格筋の中でも特に鶏のムネ肉に多く含まれるジペプチドである (Crush 1970)。IDP は、その抗酸化作用により (Baldyrev *et al.* 1988,

Yanai *et al.* 2008)、運動負荷に対する抗疲労作用を有することが知られている。田中ら (2008) や清水ら (2009) は健康者に IDP を 400mg 含有する飲料を摂取させたところ、作業効率の向上や疲労感が低下したと報告している。また、佐藤ら (2012) は、中高齢者の鶏肉抽出物 (IDP225mg 含有) の摂取により、膝最大伸展力の向上と開眼片足立ち保持時間の延長などの運動能力の向上を報告している。さらに Hisatsune *et al.* (2016) は、健康高齢者に IDP 製

*連絡責任者 (畜産部: kitazaki-k6000@pref.fukuoka.lg.jp)

受付 2018 年 8 月 1 日: 受理 2018 年 11 月 19 日

1) 現 福岡県北部家畜保健衛生所

2) 九州大学農学研究院生命機能科学部門

3) 農事組合法人 福栄組合

剤 (IDP 1000mg 含有) を投与すると、後帯状皮質領域における脳血流量が増加し、記憶機能 (言語エピソード記憶) が向上することを明らかにした。

福岡県産ブランド鶏である「はかた地どり」は、父系にシャモと横斑プリマスロックの交雑種を、母系にホワイトロック種を交配した交雑鶏であり (西尾 2012)、飼養管理法等は「はかた地どり飼養管理マニュアル」および「はかた地どり衛生管理マニュアル」 (福岡県はかた地どり推進協議会 2015 年) により定められている。その鶏肉は、ブロイラーよりも適度な歯ごたえを持ち、旨み成分のイノシン酸を多く含むなど良食味であることが特徴であるが (西尾 2012)、ムネ肉中の IDP 含量については調べられていない。本県は「はかた地どり」の更なる増産を推進しており、その消費拡大のためには、従来のうま味成分等に加えてヒトの健康増進に役立つ機能性などの新たな魅力を見出す必要がある。

そこで、本研究では「はかた地どり」のブランド力の向上と消費拡大を目的に、そのムネ肉 IDP 含量を分析し市販ブロイラーと比較するとともに、気候や飼育期間がムネ肉 IDP 含量に及ぼす影響を調べた。さらに、「はかた地どり」ムネ肉加工食品開発のための基礎知見として、異なる加熱調理法が IDP 含量に与える影響を調べた。

材料および方法

1 供試ムネ肉およびその IDP 含量の測定

「はかた地どり」ムネ肉は、2016 年 7 月～2018 年 2 月の間に、その食鳥処理販売会社 (農事組合法人 福栄組合 久留米市) で食鳥処理後、真空パックに詰めてチルドまたは冷凍状態で保存したものをを用いた (飼育日数 82～84 日, $n=115$)。比較対照用として、2016 年 6 月～2017 年 5 月の間に購入した市販ブロイラームネ肉を用いた ($n=40$)。これらのムネ肉は、いずれも分析に供するまで -30°C で塊肉の状態で真空パック後に凍結保存し、分析当日に流水解凍した。

IDP 含量は岡久 (2010) の方法を参考にムネ肉を処理し、測定した。まず、フードプロセッサー (カプセルカッター キャトル, ウイナーズ (株), 東京) でミンチ化したムネ肉 10g をビーカーに秤量し、氷冷した超純水 (Ultrapur water, 和光純薬 (株), 大阪) 60mL を加えてホモジナイズ (IKA25T, IKA, 東大阪) した後、メスフラスコに移して 100mL にメスアップした。その 10mL を遠沈管に移し、同量の 3% スルホサリチル酸を加えて振盪混和することで除タンパク処理を行い、4500 回転/分で 30 分間遠心分離した。得られた上清をフィルター (DISMIC 0.45 μm , ADVANTEC, 東京) でろ過し、分析に供するまで -80°C で凍結保存した。IDP 濃度の測定は全自動アミノ酸分析装置 (JLC-500/V2, 日本電子 (株), 東京) をを用いた。アミノ酸分析用標準液として、アミノ酸標準溶液 (標準アミノ酸混合液 AN II 型, 標準アミノ酸混合液 B 型, 和光純薬 (株), 大阪) および 2.5mmol/L に調製した L-アスパラギン標準品, L-グルタミン酸標準品 および L-トリプトファン標準物質 (和光純薬 (株), 大阪) を 1mL ずつ混合し、超純水で全量を 25mL にメスアップし

たものを用いた。全自動アミノ酸分析機の測定モードは生体分析モードとし、Ans, Car 定性は保持時間により、定量は標準溶液を用いた絶対検量線法で行い、Ans と Car の合計量を IDP 含量とした。

2 外気温とムネ肉 IDP 含量の関係

飼育期間における外気温が「はかた地どり」ムネ肉 IDP 含量に及ぼす影響を、前述 1 で得られた IDP 含量測定結果を用いて検討した (飼育日数 82～84 日, $n=115$)。ムネ肉 IDP 含量が、出荷前の概ね 1 カ月間の外気温の影響を受けたと想定し、その時の平均気温が成鶏の適正飼育温度 $18\sim 24^{\circ}\text{C}$ の範囲である場合を適温期、これよりも高温の場合を暑熱期、低温を寒冷期とした (鶏病研究会 2015)。

3 飼育期間とムネ肉 IDP 含量の関係

2016 年 9 月に場内に導入した「はかた地どり」ヒナ 50 羽 (♂25 羽, ♀25 羽) を、餌付けから 3 週齢まで開放式平飼い鶏舎に設置したチックガード内でガスブルーダーを用いて給温飼育した。これ以降は鶏舎内で平飼いとし、飼料内容等の飼養管理法および衛生管理法はそれぞれ「はかた地どり飼養管理マニュアル」と「はかた地どり衛生管理マニュアル」 (福岡県はかた地どり推進協議会 2015 年) に従った。飼育期間は慣行の 84 日に対し、延長飼育として 95 日と、103 日を設けた。各飼育期間終了時に平均体重に近い試験鶏を雌雄 3 羽ずつ選抜し、脱血・脱羽・粗冷却後に解体してムネ肉を採取、前述 1 の方法で保存し、IDP 含量を測定した。

4 加熱調理とムネ肉 IDP 含量の関係

2017 年 7 月に食鳥処理販売会社で食鳥処理した「はかた地どり」ムネ肉 (飼育期間 81～83 日) をを用いて非加熱、蒸し加熱、焼き加熱、揚げ加熱の 4 区を設け (各 $n=15$)、前述 1 の方法で IDP 含量を分析した。蒸し加熱はムネ肉 1 枚をそのまま水蒸気オーブンレンジ (SHARP (株), 堺) に入れ、25 分間調理した。焼き加熱はムネ肉を縦横 2×6 分割してステンレス製の焼き串に 6 個ずつ刺し、ガステーブル (Paloma, 名古屋) の両面焼きグリルで 10 分間調理した。揚げ加熱もムネ肉を縦横 2×6 分割し、卓上型電気フライヤー (タイジ (株), 川崎) に市販のサラダ油を入れ、 180°C で 3 分間調理した。

5 統計処理

試験区間の有意差は統計ソフト (2020.8.1) をを用いて、2 群間の比較ではシャピロ・ウィルク検定で正規性を、ルビーン検定で等分散を確認し、正規性及び等分散が認められた場合は t 検定を、認められなかった場合はマン・ホイットニー U 検定を行った。3 群間以上の比較においてはシャピロ・ウィルク検定で正規性を、ルビーン検定で等分散を確認し、正規性及び等分散が認められた場合は一元配置分散分析を行い、有意差を認めた場合は Tukey 検定で多重比較した。正規性が認められなかった場合は、Kruskal-Wallis 検定を行い、有意差を認めた場合は Steel-Dwass 検定で多重比較した。等分散が認められな

った場合はウェルチ一元配置分散分析を行い、有意差を認めた場合は Games-Howell 検定で多重比較した。結果は平均±標準偏差で示し、 $P < 0.05$ で有意差ありとした。

結 果

1 ムネ肉 IDP 含量

「はかた地どり」とブロイラーのムネ肉 IDP 含量を第 1 表に示した。「はかた地どり」の Ans, Car の含量はいずれもブロイラーよりも有意に多かった。その結果、IDP 含量も「はかた地どり」が 1761mg/100g とブロイラーの 1230mg/100g よりも有意に高い値を示した。

2 外気温とムネ肉 IDP 含量との関係

外気温が「はかた地どり」ムネ肉 IDP 含量に及ぼす影響を第 2 表に示した。供試肉の食鳥処理月は適温期 5, 10 月, 暑熱期 7, 9 月, 寒冷期は 2, 12 月で、このとき

の平均気温は日平均でそれぞれ 20.2℃, 26.7℃および 6.0℃であった。Ans 含量は寒冷期が, Car 含量では適温期が若干低値を示したが有意な差は無く, IDP 含量にも差が認められなかった。

3 飼育期間とムネ肉 IDP 含量の関係

飼育期間の延長がムネ肉 IDP 含量に及ぼす影響を第 3 表に示した。Ans 含量は、慣行の飼育期間 84 日が 1461mg/100g であったのに対し、95 日 1698mg/100g, 103 日 1857mg/100g と飼育期間が長いほど有意に増加した。Car 含量においても飼育期間が長くなると大きい値を示したが有意な差は認められなかった。IDP 含量としては飼育期間 84 日が 1869mg/100g, 95 日 2173mg/100g, 103 日で 2349mg/100g と飼育期間が長いほど有意に増加した。

第 1 表 「はかた地どり」とブロイラーの胸肉イミダゾールジペプチド含量

	n	イミダゾールジペプチド (mg/100g) ¹⁾		
		アンセリン	カルノシン	合 計
はかた地どり	115	1376 ± 148 ** 2)	385 ± 73 **	1761 ± 145 **
ブロイラー	40	997 ± 120	233 ± 68	1230 ± 128

1) イミダゾールジペプチド濃度は平均値±標準偏差

2) **: $P < 0.01$ で有意差あり

第 2 表 「はかた地どり」胸肉のイミダゾールジペプチド含量における外気温の影響

	n	平均気温 (℃)			イミダゾールジペプチド (mg/100g) ²⁾		
		日平均	日最高	日最低	アンセリン	カルノシン	合 計
適温期 ¹⁾	20	20.2	25.3	16.0	1399 ± 107	362 ± 54	1761 ± 84
暑熱期	65	26.7	31.2	23.4	1388 ± 174	385 ± 74	1773 ± 181
寒冷期	30	6.0	10.8	1.5	1332 ± 95	400 ± 78	1732 ± 67

1) 供試胸肉は適温期 5・10 月, 暑熱期 7・9 月, 寒冷期 2・12 月に食鳥処理されたもの

2) イミダゾールジペプチド濃度は平均値±標準偏差

第 3 表 「はかた地どり」の飼育期間が胸肉イミダゾールジペプチド含量に及ぼす影響

飼育期間	n	イミダゾールジペプチド (mg/100g) ¹⁾		
		アンセリン	カルノシン	合 計
84 日	6	1461 ± 87 a 2)	409 ± 102	1869 ± 59 a
95 日	6	1698 ± 150 b	475 ± 76	2173 ± 92 b
103 日	6	1857 ± 69 c	492 ± 90	2349 ± 104 c

1) イミダゾールジペプチド濃度は平均値±標準偏差

2) 縦列異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)

第 4 表 「はかた地どり」のムネ肉の加熱調理法が胸肉イミダゾールジペプチド含量に及ぼす影響

調理方法	n	イミダゾールジペプチド (mg/100g) ¹⁾		
		アンセリン	カルノシン	合 計
非加熱	15	1514 ± 110 a 2)	368 ± 67 a	1882 ± 133 a
蒸し加熱	15	1301 ± 113 b	322 ± 64 a	1623 ± 135 b
焼き加熱	15	1633 ± 176 a	442 ± 81 b	2076 ± 159 c
揚げ加熱	15	1812 ± 172 c	511 ± 81 b	2323 ± 141 d

1) イミダゾールジペプチド濃度は平均値±標準偏差

2) 縦列異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)

4 加熱調理とムネ肉 IDP 含量の関係

加熱調理方法の違いがムネ肉 IDP 含量に及ぼす影響を第4表に示した。Ans 含量は、非加熱 1514mg/100g に対し、蒸し加熱は 1301mg/100g と有意に低く、揚げ加熱では 1812mg/100g と他の調理方法よりも有意に高かった。Car 含量は、焼き加熱と揚げ加熱が他よりも有意に高かった。IDP 含量としては、蒸し加熱が 1623mg/100g と他よりも有意に低く、非加熱 1882mg/100g に対し、揚げ加熱 2323mg/100g、焼き加熱 2076mg/100g の順に有意に高い値を示した。

考 察

Ans, Car などの IDP が有する機能性のうち、特にアルツハイマー病誘引物質であるアミロイド β の脳神経細胞への蓄積抑制作用 (Horning *et al.* 2000, Corona *et al.* 2011) や炎症性サイトカイン抑制作用による脳血流量の改善 (Hisatsune *et al.* 2016) などによる認知機能の向上作用は、高齢化社会を迎えるわが国の中老年世代の生活の質の向上に寄与する有望な機能性成分と考えられる。本研究はブロイラーと比べて「はかた地どり」ムネ肉がこれを豊富に含む保健機能食品としての付加価値を有することを明らかにした。なお、本試験に供したブロイラーは銘柄等が不明であるが、その胸肉 IDP 含量 1230mg/100g は岡崎ら (2011) や小出ら (2012) が報告した IDP 含量 1198mg/100g および 1195mg/100g と近似値であることから、一般的なブロイラーの胸肉 IDP 含量として妥当であると考えられた。

佐藤ら (2010) は、岩手県産地鶏「南部かしわ」のムネ肉 IDP 含量がブロイラーよりも 1.3~1.5 倍多く、主成分分析の結果、品種間差の影響が大きかったと述べている。また、岡崎ら (2011) は山口県の地鶏用種鶏「やまぐち黒鶏」のムネ肉 IDP 含量は、ブロイラーよりも多く、特に Ans 含量はブロイラーの約 1.5 倍であったと報告している。本研究においても「はかた地どり」ムネ肉 IDP 含量は Ans, Car 共にブロイラーの約 1.5 倍であった点において既往の報告と一致する。しかし、「南部かしわ」は 13~16 週齢時、「やまぐち黒鶏」では 14 週齢時、「はかた地どり」は 84 日 (12 週齢) におけるムネ肉 IDP 含量のため、一般的なブロイラーの飼育期間 7~8 週齢と比較した場合、その差が品種の特性による違いか、飼育期間の影響なのか不明である。本試験では飼育期間 84 日と比べて 95 日、103 日と飼育期間が長くなるに伴い Ans, IDP 含量が有意に増加した。このことは、飼育期間の長さが IDP 含量の増加に強い影響を及ぼしている可能性を示唆している。しかし、岡崎ら (2011) は 17 週齢の「やまぐち黒鶏」ムネ肉 IDP 含量が 12 週齢よりも有意に多かったが、山口県産地鶏の「長州黒かしわ」では、14 週齢で最大となり、15, 17 週と次第に低下したことを報告している。このため、飼育期間 103 日までの本試験の結果からは、「はかた地どり」のムネ肉 IDP 含量がブロイラーよりも多い理由は飼育期間の長さの影響が大きいと考えられるが、これ以上延長した場合は、その含量が低下する可能性もある。また、

「はかた地どり」の飼育期間を 100 日前後まで延長することは、生産性との検討を要するものの IDP 含量の高いムネ肉作出技術としての応用が可能であると考えられた。

また、本試験において、「はかた地どり」ムネ肉 IDP 含量は、外気温等による気候変動の影響を受けることなく安定していることが明らかとなった。食鳥処理月の外気温による比較は、飼育期間中の気候的影響を完全に反映しているとは言えないが、少なくとも年間を通じて一定の IDP 含量を有していることは、「はかた地どり」ブランドの品質保証にもつながり、今後、胸肉の消費拡大や加工食品を開発・販売する上で有利であると考えられた。

小出ら (2007) は、非加熱のムネ肉と比べて蒸し加熱、焼き加熱および揚げ加熱後のムネ肉 IDP 含量は、いずれも有意に低下したと報告している。本試験の結果とは、蒸し加熱で IDP 含量が低下した点で一致しているが、焼き加熱と揚げ加熱で低下した点では一致しなかった。本試験における加熱調理は、いずれもムネ肉をミンチ化することなく塊肉のまま加熱した。一方、小出らはムネ肉をミンチ化した後、加熱調理した点において手法が異なっている。IDP は水溶性で肉汁中に溶出することが知られているが (小出ら 2007)、蒸し加熱では調理中に発生する多量の水蒸気水と共にムネ肉から流出し、含量が低下した可能性が考えられた。一方、ミンチ化したムネ肉では焼き加熱と揚げ加熱による肉汁溶出割合は約 20% と他の加熱方法よりも多いため (小出ら 2007)、これに伴い IDP 含量も低下するが、ミンチ化しなかった本試験では、筋細胞の損傷が少ないため肉汁溶出量が少ないことに加え、焼き及び揚げ加熱により水分が蒸発した分、IDP が濃縮され、その含量が増加したと推察された。また、このことはムネ肉加工品を開発するにあたり、その IDP 含量を最大にするには、なるべく筋細胞の損傷による肉汁溶出量を最小限にすることが重要であることを示唆している。また、その加工食品に抗疲労効果を期待するには IDP を 400mg (田中ら 2008, 清水ら 2009)、また認知機能の改善のためには 1000mg (Hisatsune *et al.* 2016) 摂取する必要がある。これらは「はかた地どり」胸肉を 1 日当たり 25~60g 程度摂取すれば達成できるが、IDP 含量が濃縮されたムネ肉加工食品を開発すれば、さらに少量の摂取での効果が期待され、高齢者であっても無理なく摂取可能になると考えられた。

以上の結果より、「はかた地どり」ムネ肉は、ブロイラーの約 1.5 倍の IDP 含量を有し、その含量は年間を通して安定しており、塊肉での焼き加熱、揚げ加熱でその含量が増加することが明らかとなった。これにより、従来の報告より少ないムネ肉摂食量で疲労回復や認知機能の改善効果が期待され、機能性表示食品など保健機能食品としての販路拡大や IDP を豊富に含む加工品開発を有利に展開できるものと考えられた。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、鶏ムネ肉処理方法について助言いただいた当試験場流通・加工部の増本憲考氏お

よび試験鶏の飼養管理に尽力いただいた畜産部の諸氏に感謝する。また、アミノ酸分析方法についてご指導いただいた県工業技術センター生物食品研究所の黒田恵理子博士に深謝する。本研究は、「福岡バイオバレープロジェクト」における「福岡県新製品・新技術創出研究支援事業」の支援を受けた。

引用文献

- Boldyrev AA, Dupin AM, Pindel EV et al. (1988) Antioxidative properties of histidine-containing dipeptides from skeletal muscles of vertebrates. *Comp Biochem Physiol B*. 89:245-250.
- Corona C, Frazzini V, Silvestri E et al. (2011) Effects of dietary supplementation of carnosine on mitochondrial dysfunction, amyloid pathology, and cognitive deficits in 3xTg-AD mice. *PLoS One* 6. e17971.
- Crush KG (1970) Carnosine and related substances in animal tissues. *Comp Biochem Physiol* .34:3-30.
- Hisatsune T, Kaneko J, Kurashige H et al. (2016) Effect of Anserine/Carnosine Supplementation on Verbal Episodic Memory in Elderly People. *J Alzheimers Dis*. 50:149-159.
- Horning MS, Blakemore LJ, Trombley PQ (2000) Endogenous mechanisms of neuroprotection: role of zinc, copper, and carnosine. *Brain Res*. 852: 56-61.
- 鶏病研究会 (2015) 採卵鶏とブロイラーの暑熱対策. 鶏病研究会報 51:1-10.
- 小出あつみ・山内知子・大羽和子(2007)鶏肉の貯蔵・加熱調理に伴うヒスチジン含有ジペプチド(アンセリン・カルノシン)および DPPH ラジカル捕捉活性の変化. *日本調理科学会誌* 40:397-404.
- 西尾祐介(2012)より美味しくモデルチェンジ!福岡県産「はかた地どり」. *農林水産技術研究ジャーナル* 35: 32-33.
- 岡久 修 (2010) 食品中の健康機能性成分の分析法マニュアル 鶏肉のアンセリン・カルノシン. 四国地域イノベーション創出協議会. 1-7.
- 岡崎 亮, 關谷 正 (2011) 「やまぐち黒鶏」及びそれを用いたコマーシャル地鶏「長州黒かしわ」のムネ肉中のアンセリン・カルノシン含量と肥育期間及び品種・系統との関係. *山口県農林総合技術センター研報* 2: 9-14.
- 佐藤三佳子・前村公彦・高畑能久・森松文毅・佐藤雄二 (2012) 鶏肉抽出物の摂取が中高齢者の筋力に及ぼす影響. *日本食品科学工学会誌* 59:182-185.
- 佐藤直人・菊池 雄・伊藤 修(2010)異なる品種間の鶏肉における遊離アミノ酸,ジペプチド,イノシン酸量. *東北農業研究* 63:73-74.
- 清水恵一郎・福田正博・山本晴章(2009)イミダゾールジペプチド配合飲料の日常的な作業のなかで疲労を自覚している健常者に対する継続摂取による有用性. *薬理と治療* 37:255-263.
- 田中雅彰・嶋原良仁・藤井比佐子・平山佳伸・渡辺恭良 (2008)CBEX-Dr 配合飲料の健常者における抗疲労効果. *薬理と治療* 36:199-212.
- Yanai N, Shiotani S, Hagiwara S et al. (2008) Antioxidant combination inhibits reactive oxygen species mediated damage. *Biosci Biotechnol Biochem*. 72:3100-3106.