

鶏肉の保存性向上技術の開発 (高抗酸化活性含有資材の飼料への利用)

松下 浩一¹, 石井 利幸², 岩間 巧³, 廣瀬 裕子³

(¹山梨県畜産試験場, ²山梨県総合農業技術センター, ³山梨大学)

要約 鶏肉の保存期間を延長させるために、抗酸化活性の高い資材の肉用鶏への給与および抗酸化資材給与によるTBARS値を指標とした保存性試験を行った。その結果、各添加資材の抗酸化活性は、キノア種子、ブドウ搾り滓および黒米が優れた効果を示した。また給与試験において、発育体重がキノア茎葉区およびブドウ搾り滓区でやや劣った。正肉歩留は各区で大きな差はなかったが、ブドウ搾り滓区および黒米区でやや劣り、腹腔内脂肪蓄積率はこれらの区でいずれも増加した。TBARS値は、1日、4日および7日後について無処理区に比較して各資材区で優れ、またいくつかの資材においては直線回帰が有意となった。以上のことから抗酸化活性の高い資材の飼料給与によりムネ肉の保存性向上の可能性が示唆された。

Development of long preservation methods of chicken meat (Effects of dietary resources in high antioxidant activity on broiler chickens.)

Koichi Matsushita¹, Toshiyuki Ishii², Takumi Iwama³ and Yuko Hirose³

(¹Yamanashi prefecture Livestock experimental station, ²Yamanashi prefecture Agritechology center, ³Yamanashi University)

Abstract Two experiments were conducted to determine effects of high antioxidant activity dietary resources on productive performance and preservation period of chicken meat. In first experiment, quinoa leaf, grape pomace, black rice and assorted feed on broilers were investigated antioxidant activity. These had high antioxidant activity, respectively. In second experiment, 21-days-old female chicks were fed either of the high antioxidant activity resources diets for 30 days. There was no difference in growth performance among the other treatments. Edible meat yield and abdominal fat deposit in chicks fed quinoa leaf and grape pomace diets were less than other diets. The extent of lipid oxidation was determined by measuring the TBARS value substances at 1, 4 and 7 d of storage and expressed as micrograms of MDA per kilogram of breast meat. Oxidative stability (TBARS value) in breast meat at 1, 4 and 7 d of storage was more effective antioxidant activity resources compared with the control diet. A liner response was observed in breast meat ($p < 0.05$) at 1, 4, and 7 d, respectively, with control, red rice, black rice and vitamin E in the diet. These results suggest that high antioxidant activity resource diets improved preservation in breast meat.

1. 緒言

我が国での肉用鶏生産は昭和30年代に開始され、わずか半世紀のうちに急速に発展し、我々の生活に欠かせない動物タンパク質供給源となっている。生産開始当初の鶏肉生産は採卵鶏の抜き雄の肥育によるものであったが、欧米で肉量が多く飼料効率に優れた品種の開発がなされ、我が国にもその種鶏が輸入されるようになったことで日本人の食生活は一変した。このように鶏肉産業の進展により動物タンパク質を安価に摂取できるようになったことで、肉用鶏、特にブロイラーにおいては、現在の国内生産量および1人当たりの鶏肉消費量とも昭和30年代の11倍以上にもなった。このように我々の生活には欠かせない鶏肉であるが、近年いくつかの問題が出てくるようになった。中でも大きな問題となっているのは肉質の問題である。改良が進むに従って効率性を追求する

あまり少ない飼料で発育の早い鶏種へと変わってきた。その結果、鶏は無理な代謝により身体に負荷がかかり、脂肪量の増加や水っぽい肉質といった品質の悪化を引き起こしている。特に脂肪量の増加は、脂質の酸化を誘発し品質の早期劣化を招くことから、脂肪量の低減化、脂肪の質の改善は鶏肉産業安定化には必要不可欠であるといえる。脂肪量の調整は飼料によって行うことができる。小宮山ら¹⁾は、飼料中のタンパク質含量を上げることで腹腔内脂肪量を低減化できることを報告している。また脂肪の質については、原料の調整によって変えることが可能である。しかし、我が国の養鶏用飼料のほとんどは北アメリカあるいは南アメリカから調達されているトウモロコシや大豆粕であるため、国内で生産される鶏肉は不飽和脂肪酸が多く、そのため脂質の融点が低いことが知られている。また不飽和脂肪酸は酸化しやすいため保存性が良くないことも指摘されており²⁾、鶏肉は広

域流通にはむかいないとされている。そのため冷凍あるいはチルド状態で流通されるのが一般的となっている。しかし冷凍した場合、解凍することによりドリップがでることですまみ成分も流出してしまうという問題がある。そのため消費者からは冷凍せずにフレッシュ流通できる鶏肉の生産が要望されていることから、脂質の酸化を抑制するための技術開発が必要となっている。鶏肉の脂質を栄養面で改善するためには次の2つの方法が考えられる。1つは飼料栄養の調整により飽和脂肪酸含量を増やすことである。不飽和脂肪酸が脂質の酸化を引き起こすことから、飽和脂肪酸を多く含む肉質に変える方法である。しかし、鶏肉の特徴である軟らかさやおいしさを大きく変えてしまう危険性があること、また飼料原料はリノール酸の多いトウモロコシが主体となっているため、原料の操作は大きなコストアップにつながるため実用的でない。2つめは脂質の酸化を抑制することである。

山梨県はブドウの産地であり、地場にはワイン工場が多数見られる。ワイン醸造に利用されるブドウの搾り滓は一部が肉牛の飼料として利用されているものの、そのほとんどは圃場への肥料として利用されている状況である。しかし、ブドウ搾り滓には抗酸化活性を有しているポリフェノールが含有されており、これを鶏の飼料原料として利用することで脂質の酸化を抑制し保存性の向上が期待される。一方、本県では、農業振興の一つとして南米原産のキノアの栽培がされている。キノアはアカザ科の植物であり、近年ではその種子が五穀米などの原料として利用されている。Hirose et al.³⁾は、キノアの種子の抗酸化活性が高いことを報告しているが、種子のみならず茎葉部も抗酸化活性が高いといわれており、利用価値の低い茎葉部を養鶏用飼料としての利用ができれば、資源の有効利用にもつながる。また有色素米（赤米、黒米）も県内で生産がされており、その屑米が産出していることからこれらを肉用鶏に摂取させることで脂質の酸化抑制効果が期待できる。

そこで、これら県内で入手可能な資材について、その抗酸化活性を測定するとともに、肉用鶏飼料として給与した際の生産性、産肉性および保存性におよぼす影響について調査した。

2. 実験方法

2-1 地域資材における抗酸化活性レベル調査

地域資材の鶏への給与効果を検討するにあたり、各資材の抗酸化活性を把握した。供試資材は表1に示すとおり、ブロイラー仕上用飼料（以下基礎飼料という）、キノア茎葉部、ブドウ搾り滓（以下ブドウ滓という）および有色素米（朝紫：以下黒米という）とした。調査項目は水分含量の他、総フェノール量、総フラボノイド量、プロアントシアニジン量および1, 1-ジフェニル-2-ピク

表1 調査内容

水準	水準の内容
資材	標準飼料、キノア、黒米、ブドウ搾り滓
調査内容	水分含量、総フェノール量、総フラボノイド量、DPPH ラジカル補足活性、プロアントシアニジン量

リルヒドラジル（DPPH）ラジカル補足活性とした。

分析は廣瀬らの示した方法⁴⁾を用いた。すなわち、これらの資材100mgにメタノール/水（2:1v/v）5mlを加え、50℃で60min加熱後、メンブランフィルターでろ過し、10mlに調整したものを分析に用いた。総フェノール量については、抽出液1mlに、水3mlと5倍希釈したフェノール試薬1mlを加え攪拌後、10%炭酸ナトリウム水溶液1mlを加え、室温で1h放置後、760nmにおける吸光度を測定した。没食子酸の各種濃度の溶液について同様の測定を行った結果を用いて、没食子酸相当量（gallic acid mg E/100g FW）として抽出液の総フェノール量を算出した。フラボノイド類についてはHPLCを用い測定した。プロアントシアニジン含量は試料50mgを精秤し、メタノール1ml、1%バニリンメタノール溶液2mlおよび25%硫酸メタノール溶液2mlを加え、30℃で15分間振盪した後、さらにメタノールを1mlを加え、3000rpm、10min遠心分離し、上清の吸光度（500nm）を測定した。これを濃度既知の（+）-カテキン溶液1mlで作成した回帰直線から試料100gに対する（+）-カテキン相当量（mg）を算出しプロアントシアニジン量を求めた。DPPHラジカル捕捉活性の測定は、抽出液2mlに150μM DPPHメタノール溶液2mlを加え、よく振り混ぜた後、室温暗所に30min放置後、517nmにおける吸光度を測定し、次式からラジカル捕捉率を算出した。

$$\text{DPPHラジカル捕捉率 (\%)} = [(A-B) / A] \times 100$$

(A: BLANK液の吸光度, B: 測定試料反応液の吸光度)

各種濃度の6-ヒドロキシ-2, 5, 7, 8-テトラメチルクロマン-2-カルボン酸（Trolox）メタノール溶液のDPPHラジカル捕捉率を測定し、粗抽出液のラジカル捕捉率をTrolox相当量（Trolox μmol E/100g FW）として算出した。

2-2 抗酸化活性の高い地域資材の肉用鶏給与による鶏肉の保存性への影響

鶏はブロイラー専用種「チャンキー」雌ヒナを144羽供試した。試験区分は表2に示すとおり9区分とし、1区16羽で反復はなしとした。試験は51日齢まで陰圧式のウィンドウレス鶏舎で平飼飼育とした。0～21日齢

表2 試験区分

処理区分	配合量	給与方法
1 無処理	—	不断給与
2 キノア茎葉	5%	不断給与
3 キノア種子	5%	不断給与
4 ブドウ搾り滓	5%	不断給与
5 白米	5%	不断給与
6 赤米	5%	不断給与
7 黒米	5%	不断給与
8 ビタミンE増量	500IU	不断給与
9 イチゴポリフェノール	0.3%	不断給与

までは市販のプロイラー前期用飼料（CP22%，ME3，150Kcal）を群で与え、21日齢時に1区を16羽に分割しビタミンE含量を6IUに調整したプロイラー仕上用飼料（CP18%，ME3,050Kcal/kg）を基礎飼料とした。抗酸化活性の高い地域資材（以下資材という）は、キノア茎葉部、キノア種子、ブドウ粕、白米、赤米、黒米の6種類、としそれぞれ5%配合した（配合飼料95：資材5）。またビタミンEを500IUに増量した区（以下VE区という）とイチゴポリフェノールを0.3%添加した区（以下イチゴ区という）も設定し無処理区を対照として9区分で実施した。

調査項目は、毎週発育体重および残餌量の測定を行い、飼料摂取量と飼料要求率を算出した。51日齢時に各区平均体重に近い個体を5羽抽出し、翼下静脈より採血後と殺した。と体は湯漬け、脱毛の後冷水で2時間冷却し、その後4℃の冷蔵庫で17時間冷却した後解体に供した。解体は正肉重量、腹腔内脂肪蓄積量を測定し、と体重に対する率を求めた。また肉色については色差計NR3000（日本電色製）を用い、浅胸筋（ムネ肉）および腹腔内脂肪についてL*、a*およびb*値を測定した。測定した色調のうち、脂肪色についてはW値（白色値）およびYI値（黄色値）を求めた。解体に供した右ムネ肉は4℃の冷蔵庫で保存し、と殺1日後、4日後および7日後に皮を除去した筋肉部分をミンチにかけ、約20gをアルミ製の真空パックで真空し-80℃で分析まで保存した。一方、採血した血液は血漿分離させた後、 α 1酸性糖タンパク質濃度を測定した。ムネ肉のTBARS値については、Salih et al.⁴⁾の示した方法を改良して実施した。まずマロンジアルデヒド（MDA）含量既知の試料を用い532nmにおいて検量線を作成した。ムネ肉TBARS値の測定は、-80℃で保存した試料を24時間冷蔵庫で解凍した後、正確に10g秤量して4%トリクロロ酢酸溶液を用いて混和粉碎した後、常法によりメスアッ

プおよび濾過し0.5mMチオバルビツール酸を添加して暗所にて24時間常温で発色させた後、532nmで吸光度を測定し、検量線から値を求めた。ここで得られたデータを1次回帰式に当てはめ回帰式を算出した。このうち1次回帰が有意にならなかったものについては、2次回帰あるいは累乗回帰分析を行い最適な回帰式を求めた。

3. 結果

3-1 地域資材における抗酸化活性レベル調査

各地域資材における水分含量、総フェノール量、総フラボノイド量、プロアントシアニジン量およびDPPHラジカル補足活性の結果を表3に示した。水分含量についてはキノアおよびブドウ滓は8%程度であり、基礎飼料および黒米は11%程度であり、鶏にチェーン給餌するにも問題のない水分量であった。総フェノール量はキノアが最も高く847mgE/100gFWであったのに対し、黒米は490mgE/100gFW、ブドウ滓は389mgE/100gFWと約半量となり、基礎飼料は194mgE/100gFWとさらに低い値を示した。総フラボノイド量については、総フェノール量と同様にキノアが最も高く517mgE/100gFWとなり、基礎飼料は131mgE/100gFWであった。プロアントシアニジン量はブドウ滓が838mgE/100gFWとなり、基礎飼料の27mgE/100gFWを大きく上回った。一方、キノアおよび黒米は測定限界以下であった。抗酸化活性の指標であるDPPHラジカル補足活性はキノア、黒米、ブドウ滓いずれも高い値を示し、基礎飼料の4～6倍の活性を示した。このことから、基礎飼料にこれらの資材を配合することで、鶏への抗酸化効果の付与が期待された。

表3 資材の抗酸化性等

	水分含量 (%)	総フェノール量	総フラボノイド量	DPPH ラジカル補足活性	プロアントシアニジン量
		mgE/ 100gFW	mgE/ 100gFW	nmolE/ 100gFW	mgE/ 100gFW
標準飼料	11.6±0.1	194±1	131±9	524±9	27±2
キノア	8.1±0.4	847±22	517±3	2,999±24	ND
黒米	11.3±0.2	490±15	280±4	2,629±26	ND
ブドウ搾り粕	8.0±0.2	389±19	407±9	1,958±46	838±29

※ND:測定不能

3-2 抗酸化活性の高い地域資材を用いた鶏肉の保存性向上

1. 育成成績

51日齢時における発育体重、育成期間中の飼料摂取量および飼料要求率を表4に示した。

51日齢時の発育体重は、無処理区が3,511gであったのに対し、キノア茎葉区およびブドウ粕区で劣った結果を示した。それ以外の資材については無処理区よりも高い値を示した。21日齢から51日齢の飼料摂取量については、最も多かったVE区と最も少なかった無処理区との間に491gの差が認められた。また0日齢から51日齢までの飼料摂取量は21日齢から51日齢までの飼料摂取量の差がそのまま影響し、VE区と無処理区で481gの差であった。この結果、飼料要求率をみた場合は、無処理区が1.86であったのに対し、他の試験区はすべてこれよりも劣っていた。

2. 解体成績

51日齢時にと殺した後の解体成績を表5に示した。

正肉重量については、発育体重の小さかったブドウ粕区が1,399g、歩留では46.44%であり最も低かったものの、他の区と比較して大きな差とはならなかった。腹腔内脂肪は黒米区が109gと最も高い値を示し、蓄積率で

も3.35%と最も高くなった。飼料原料の影響を最も受ける筋胃については重量、比率とも区間において大きな差は認められなかった。

3. 肉色

51日齢時における浅胸筋および腹腔内脂肪における肉色結果を表6に示した。

浅胸筋については、L* (明度)、a* (赤色度) および b* (黄色度) について調査した結果、a*値で無処理区が高い値を示したものの有意な差とはならなかった。また b*値についても大きな差は認められず、浅胸筋においては飼料原料の影響はないものと考えられた。

一方、脂肪色についてはL*、a*、b*に加えてW値 (白色値) およびYI値 (黄色値) について計算により算出した。その結果、それぞれの資材を添加給与することでW値は低下し、YI値は高くなる傾向が認められた。このことから、今回利用した資材については脂肪色をやや黄色みがからせることが示された。

表4 育成成績

処理区分	発育体重(g)		飼料摂取量(g)		飼料要求率	
	21d	51d	21-51d	0-51d	21-51d	0-51d
1 無処理	1,016	3,511	5,229	6,467	2.10	1.86
2 キノア茎葉	978	3,444	5,665	6,887	2.30	2.02
3 キノア種子	968	3,540	5,527	6,735	2.15	1.93
4 ブドウ粕	956	3,347	5,373	6,569	2.25	1.99
5 白米	973	3,577	5,539	6,770	2.13	1.92
6 赤米	996	3,626	5,562	6,797	2.11	1.90
7 黒米	997	3,581	5,560	6,794	2.15	1.92
8 ビタミンE	999	3,555	5,720	6,949	2.24	1.98
9 イチゴ	990	3,593	5,558	6,764	2.14	1.90

表5 解体成績

処理区分	正肉		腹腔内脂肪		筋胃	
	重量(g)	歩留(%)	重量	蓄積率(%)	重量(g)	率(%)
1 無処理	1,515±46	47.49±1.33	92±23	2.89±0.71	34±2	1.07±0.06
2 キノア茎葉	1,505±73	48.06±1.70	87±9	2.51±0.28	35±3	1.11±0.11
3 キノア種子	1,508±66	47.60±1.76	88±11	2.76±0.33	35±3	1.09±0.11
4 ブドウ粕	1,399±54	46.44±1.40	97±29	3.21±0.96	35±2	1.16±0.08
5 白米	1,562±42	48.04±1.46	97±15	2.97±0.42	33±5	1.03±0.14
6 赤米	1,591±63	49.38±1.00	93±16	2.83±0.42	33±6	0.99±0.17
7 黒米	1,531±76	46.86±1.92	109±22	3.35±0.70	35±2	1.06±0.04
8 ビタミンE	1,455±65	46.95±1.42	87±22	2.81±0.63	34±3	1.10±0.07
9 イチゴ	1,629±30	48.76±0.46	81±19	2.42±0.52	33±3	0.99±0.09

※歩留、蓄積率、率はいずれも体重に対する比率

表6 肉色（浅胸筋および脂肪）

処理区分	浅胸筋			脂肪色				
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	W	YI
1 無処理	50.29±2.25	3.04±1.32	8.12±0.88	68.42±1.41	-0.67±1.62	11.45±1.39	66.36±1.69	30.41±4.74
2 キノア茎葉	49.54±1.15	0.71±1.29	6.18±0.81	67.73±1.19	0.20±2.21	12.29±2.65	65.34±1.51	33.41±7.39
3 キノア種子	47.12±1.95	1.56±1.03	6.30±0.99	66.67±2.47	0.76±2.66	13.55±3.10	63.87±3.06	36.88±8.93
4 ブドウ粕	50.54±2.08	0.78±1.54	7.34±0.26	68.23±2.11	-1.53±3.03	13.07±3.78	65.41±3.21	32.99±4.67
5 白米	48.51±2.99	2.29±0.72	6.14±1.46	66.54±3.61	0.75±0.53	12.20±1.59	64.34±3.52	34.26±3.71
6 赤米	48.59±2.82	1.47±1.28	7.08±1.18	67.92±1.45	2.87±4.08	11.72±1.85	65.49±1.46	35.55±2.47
7 黒米	48.97±1.92	0.99±1.06	6.97±1.02	68.17±0.94	2.06±0.55	14.74±2.27	64.82±1.72	40.02±4.93
8 ビタミンE	51.77±2.11	1.66±1.28	8.11±0.77	67.26±2.27	0.59±4.81	13.17±3.52	64.40±3.64	35.89±12.30
9 イチゴ	49.39±2.25	1.94±1.36	7.12±1.20	66.98±2.09	2.09±3.16	13.20±3.24	64.22±3.27	37.53±9.99

4. ムネ肉におけるTBARS値の推移

と殺後1日、4日および7日におけるムネ肉のTBARS値およびその推移を表7および図1、図2、図3に示し、目的変数（y）をTBARS値、説明変数（x）を保存日数とした際の1次回帰式の結果を表8に示した。

ムネ肉のTBARS値は保存日数の経過により増加し、無処理区が最も増加量が多かった。7日間保存した場合、無処理区と比較してキノア種子区およびVE区は有意に低い値を示した。他の資材についても有意の差とはならなかったものの無処理区よりも低い値を示したことから、抗酸化活性の高いとされる今回利用した資材の肉用鶏への給与は保存性の向上に寄与する可能性が示唆された。

また、これらについて1次回帰により回帰式を求めると、無処理区および赤米、黒米においては回帰式が有意となり、無処理区が1日経過するに従ってTBARS値で0.0521、赤米区が0.0191、黒米区が0.0226増加することが示された。

一方、キノア茎葉、キノア種子、ブドウ滓、白米、イチゴポリフェノールについては、1次回帰の結果が有意とならなかったことから、2次回帰分析あるいは累乗分析を行い、相関係数の最も高かった回帰式を表9に示した。

キノア種子については、2次回帰式 ($y = -0.0103x^2 + 0.1005x + 0.0538$) が示された。またキノア茎葉区、ブドウ滓区、白米区およびイチゴ区については累乗関数が示され、日にちの経過に伴い傾きが増加する傾向が認められた。このことから、赤米区、黒米区およびVE区は保存日数の経過に伴いほぼ直線的にTBARS値が上昇するのに対して、キノア茎葉区やブドウ滓区、白米区などは保存日数の経過により値の上昇が顕著になることが示された。

表7 TBARS値およびα1酸性糖タンパク質濃度

処理区分	TBARS 値(mgMDA/kg)			α1AGP (mg/ml)
	1日	4日	7日	
1 無処理	0.1817	0.3391	0.4947	a 217.9
2 キノア茎葉	0.1418	0.2612	0.2856	269.2
3 キノア種子	0.144	0.2909	0.2520	b 307.7
4 ブドウ粕	0.1624	0.4028	0.4804	a 211.5
5 白米	0.1635	0.2926	0.2868	282.1
6 赤米	0.1719	0.2379	0.2893	314.1
7 黒米	0.1407	0.2582	0.3187	307.7
8 ビタミンE	0.1254	0.1652	0.2380	b 230.8
9 イチゴ	0.1421	0.2958	0.4607	a 179.5

※異符号間に有意差あり (p<0.05)

表8 各資材におけるムネ肉TBARS値回帰式

	回帰式	相関係数	有意差
無処理	$y = 0.0521x + 0.1300$	0.841	0.010
キノア茎葉	$y = 0.0208x + 0.1495$	0.516	0.100
キノア種子	$y = 0.0118x + 0.1879$	0.195	0.300
ブドウ粕	$y = 0.0476x + 0.1637$	0.502	0.110
白米	$y = 0.0161x + 0.1879$	0.260	0.300
赤米	$y = 0.0191x + 0.1572$	0.800	0.016
黒米	$y = 0.0226x + 0.1327$	0.817	0.013
ビタミンE	$y = 0.1986x + 0.0956$	0.705	0.036
イチゴ	$y = 0.0581x + 0.0738$	0.530	0.100

※ y=TBARS 値 x:日数

5. 血漿中α1酸性糖タンパク質濃度

51日齢時に採血した血漿についてのα1酸性糖タンパク質濃度の結果を表7に示した。

α1酸性糖タンパク質濃度はイチゴ区およびブドウ粕区が無処理区と比較して低い値を示し優れていたが、各

表9 1次回帰が有意にならなかった資材を補正した各資材におけるムネ肉TBARS値回帰式

	回帰式	相関係数
無処理	$y = 0.0521x + 0.1300$	0.841
キノア茎葉	$y = 0.1499x^{0.3303}$	0.744
キノア種子	$y = -0.0103x^2 + 0.1005x + 0.0538$	0.677
ブドウ粕	$y = 0.1709x^{0.5358}$	0.710
白米	$y = 0.1764x^{0.2670}$	0.458
赤米	$y = 0.0191x + 0.1572$	0.800
黒米	$y = 0.0226x + 0.1327$	0.817
ビタミンE	$y = 0.1986x + 0.0956$	0.705
イチゴ	$y = 0.1368x^{0.5934}$	0.637

※ $y = \text{TBARS 値}$ x : 日数

区とも大きな差はなく、酸化ストレスへの影響は少ないものと考えられた。

4. 考察

鶏肉は不飽和脂肪酸が多く、保存性の低い食品といわれており²⁾、消費期限も3~4日程度といわれている。本県では甲州地どりや甲州頬落鶏などの地域の特産鶏をフレッシュのまま近畿圏や九州圏などに流通させることが望まれているが、フレッシュでの広域の流通は品質保持の面でリスクが高いため、うまみを犠牲にして冷凍流通などで対応している状況である。一方、本県の特産品であるワインに含有されているポリフェノールについて、Saura-Calixto F. et al.⁶⁾は、ワインポリフェノールのうち35~61%は繊維質に結合しており、このことは腸の一部を活性化するだけでなく抗酸化に寄与すると述べている。他にもキノアや有色素米などポリフェノールを含む農産物や地域資材が県内に存在していることから、本試験ではこれら資材の抗酸化活性を把握するとともに、肉用鶏の飼料として利用した際の生産性と肉質、特に保存性への影響について調査した。

資材の抗酸化活性については、キノア茎葉部、ブドウ搾り滓、黒米ともにDPPHラジカル補足活性は高い値を示した。標準のプロイラー仕上用飼料のDPPHラジカル補足活性が524nmolE/100gFWであったことから、キノア茎葉部を5%添加した場合、23%、ブドウ滓でも14%と高い値となっており、抗酸化資材として十分に利用が可能であると考えられた。

また、これら資材を肉用鶏飼料に5%配合し、30日間給与したところ、発育体重は無処理区が最も優れ、各資材を添加した区はいずれも劣っていた。特にキノア茎葉区およびブドウ粕区で低い値を示した。これらの区は、飼料摂取量は多いものの発育体重が伸びなかったことか

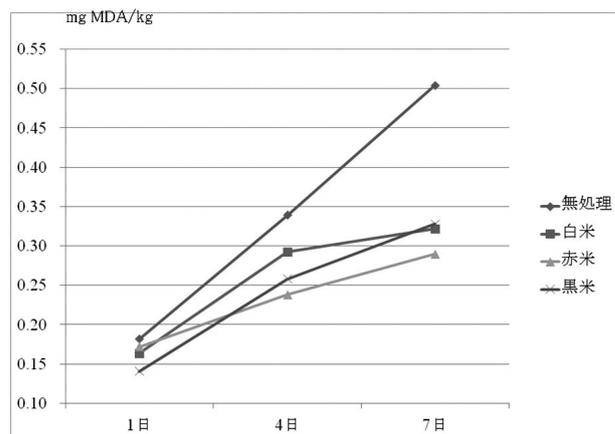


図1 ムネ肉のTBARS値の経時的推移 (地域資材)

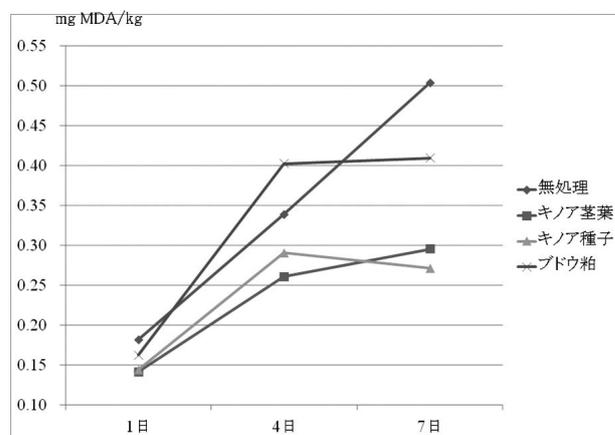


図2 ムネ肉のTBARS値の経時的推移 (米類)

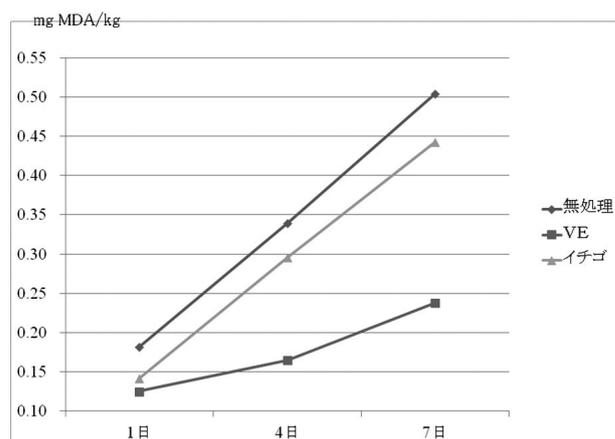


図3 ムネ肉のTBARS値の経時的推移 (ビタミン類)

ら想定すると、飼料のエネルギー水準が低下したことが大きな原因であると考えられる。飼料のエネルギー水準は、油脂などを利用することで解決できるが、脂肪酸組成への影響も大きいことから、今後は配合量や給与方法などを工夫する必要があると考えられた。一方、キノア種子については発育体重の低下を招かずに育成することができた。この理由として、種子のエネルギー含量が高

いことも考えられるが、タンパク質含量についても興味深い報告がある。Koziol⁷⁾はキノア種子6品目の平均粗タンパク質含量は17.8%であることを報告している。このことは、配合飼料の粗タンパク質含量が18%であることから換算すると、キノア種子を5%添加しても飼料中の粗タンパク質含量はほとんど変化しないことを表している。しかしHirose et al.³⁾は、粗タンパク質含量が12.8%であることを報告しており、品種間差あるいは産地間差があると考えられることから、飼料配合する際はタンパク質含量などの分析を行うことが好ましいと考える。

次に解体調査の結果、ブドウ滓区および黒米区で正肉歩留が劣った結果を示し、腹腔内脂肪蓄積率については高い値を示した。小宮山ら¹⁾は、正肉歩留と腹腔内脂肪蓄積率に負の相関があるとしており、本試験では正肉歩留が増加すると腹腔内脂肪が減少するとしている小宮山らと同様の結果となった。筆者ら⁸⁾は、腹腔内脂肪量を減少させるための飼料給与と体系について報告しているが、腹腔内脂肪のほとんどが廃棄されている状況を見ると、給与方法量も含めた脂肪量の低減化技術の利用を図ることで正肉歩留向上につながるものと考えられた。

ところで、肉色については価格とともに消費行動に最も大きな影響を及ぼす要因であることが報告されている⁹⁾。小売店では肉色をよく見せるために照明に工夫をしているところが多い。鶏肉は長期飼育することで肉色に赤みを増すが、近年の早熟型ブロイラーにおいては全体に肉色は淡く、美味しそうに見えないといった意見が出されている。しかし、脂肪色は飼料原料の影響を受けやすいため、調整が非常に容易である。脂肪色の好みについては地域差が著しく、北米ではイエローチキンが重宝され、欧州では白色が求められている。我が国においても以前は関西は白色系、関東は黄色系が好まれていたが、最近では全国的に白色系が好まれるようになってきた。本試験においては、各資材を利用することによって黄色値(YI値)が高くなっており、これら資材に含まれているカロチノイド系の成分が脂肪色に影響を及ぼしているものと考えられ、脂肪色における最適配合量も検討する必要がある。

キノア種子についてKoziol⁷⁾は、脂肪酸含量はリノレン酸含量がトウモロコシの6倍に及ぶとしている。今回鶏肉中の脂肪酸含量の測定は行わなかったが、キノア種子区では肉中のリノレン酸含量が高くなっていることが想定される。リノレン酸はn-3系脂肪酸であるため、より自動酸化しやすいといわれていることから保存性の向上には悪影響を及ぼすものとも考えられる。一方で日本脂質栄養学会ではヒトが摂取するリノール酸(n-6系脂肪酸)とリノレン酸(n-3系脂肪酸)の比率について言及しており、健康維持のためにはn-6/n-3比4以下にするべきであるとしている¹⁰⁾。一般的な鶏肉の比が8~11

であることを考えると、キノア種子の利用は健康維持の意味でも重要であるのかもしれない。今回は脂肪酸組成、融点については測定しなかったが、おいしさを述べる意味でも測定することは今後必要であると考えられる。

鶏肉の保存性についてはTBARS値を指標とした。TBARS値は鶏肉中の脂質が酸化してマロンジアルデヒドに変化することからその含量をチオバルビツール酸(TBA)で発色させて測定する方法である。本試験においては7日保存において、いずれの資材も無処理区よりも優れていた。また無処理区、赤米区、黒米区およびVE区については日数の経過に伴い直線的に上昇したものの、それ以外の資材については2次回帰あるいは累乗回帰の方がより合致した。このことは資材によってその効果が異なることを示しており、メカニズムも異なることが示唆された。

ブドウ滓についてはさまざまな報告がある。Goni et al.¹¹⁾およびBernes et al.¹²⁾は、ブロイラーにブドウ滓濃縮物を6%飼料中に添加した結果、生産性、粗タンパク質(CP)の消化率、腹腔内脂肪量、肝臓重量、脾臓重量、脾臓重量および小腸の腸の長さに影響はなかったとしている。また脂質の消化率は無処理およびブドウ滓添加区がビタミンE区と比較して低下したことを報告している。さらに加水分解ポリフェノールと縮合型タンニンにおける回腸と糞便の消化率はそれぞれ56~73%、14~47%であったともしている。またムネ肉中のMDA含量の経時的な推移についても報告しており、ブドウ滓添加によりMDA含量は無添加区と比較して低く推移するとしており、本試験の結果と同様であった。またViveros et al.¹³⁾は、ポリフェノールリッチなブドウ粕を21日齢のブロイラーに①抗菌剤なし②抗菌剤あり③抗菌剤なし+ブドウ滓6%④抗菌剤なし+ブドウの種0.72%の4区で育成試験を行った結果、ブドウの種を給与した区で増体量が減少したことを報告している。またこの報告では腸内細菌叢について調査しており、ブドウの種を与えた区は*Lactobacillus*および*Enterococcus*が増加し、*Clostridium*が減少したとしている。また盲腸についてはブドウ粕給与区およびブドウ種子給与区で*Lactobacillus*、*Enterococcus*および*Clostridium*とも増加したとしている。このことからブドウ粕は種子も含めて腸内細菌叢を変えるものであると考えられる。さらにWang et al.¹⁴⁾は、ブドウ種子を飼料1kgあたり5mgから80mgまで5つのレベルで添加給与した後に、コクシジウムをインジェクションした結果、へい死率が減少し増体量が増加し、その最大レベルは10mg~20mgであることを報告している。無添加飼料を経口投与でコクシジウムを摂取させた場合、一酸化窒素(NO)が7.11μmol/Lから21.31μmol/Lに増加し、SODが126.55U/mlから111.14U/mlになったが、その後ブドウ種子を12mg/kg摂取させることでNOが14.73μmol/LにSODが133.27U/mlに改善したとして

いる。このように腸内細菌叢への影響が示されている。さらに有井ら¹⁵⁾は、ブドウポリフェノールがヒトにおける腸内細菌叢への影響について調査し、特に糞便の消臭効果があると報告している。このことからこれら資材に含有されている抗酸化成分が鶏肉に直接働くのではなく、生体中のさまざまな器官に作用していることも考えられる。一方、プロアントシアニジンを含む赤米やアントシアニンを含む黒米の効果としては、ポリフェノールとデンプンの関係も考えることができる。有井ら¹⁶⁾はブドウポリフェノールが糖尿病の予防につながるとしており、このことはデンプンから生産されるブドウ糖との関係を示唆しているものであり、今後調査することが必要であると考えられる。このようにブドウ粕についての効果が報告されているが、キノア茎葉についてもポリフェノール含量が高いのに加えて繊維質が多いことから同様の効果が期待できると考えられ、今後さらなる研究を進めていく必要がある。

最後に免疫活性の指標として血漿中の α 1酸性糖タンパク質濃度について調査した。 α 1酸性糖タンパク質濃度は急性期タンパク質で酸化ストレスによりその値が上昇するとされている。本試験では飼料の違いによる一定の傾向は認められなかった。しかし、Pasko et al.¹⁷⁾は、高フルクトースを摂取させたラットにキノア種子を給与して、血漿、心臓、肝臓、膵臓、肺、脾臓について酸化ストレスの指標としてMDA量を調査した結果、キノア種子を摂取させなかった群は血漿中MDA含量が増加したのに対して、キノア種子を摂取させた群はMDA含量が低下したとしている。

このように酸化ストレスの低減効果も報告されていることから、ポリフェノールと酸化ストレスおよび免疫活性の関係についてさらに調査していく必要があると考える。近年、免疫については腸管免疫の研究が進んでおり、腸内細菌叢との関係が少しずつ明らかになってきている。健康な鶏を育成することは酸化ストレスの少ない鶏を生産することにつながり、さらにそこから生産される鶏肉も保存性が高いものになると考えられることから、これら地域資材を有効に利用しながら優れた鶏肉の生産技術を開発することが必要であると考えられる。

5. 結 言

山梨県内で入手できる地域資材として6種類（キノア茎葉、キノア種子、ブドウ粕、白米、赤米、黒米）およびビタミンE、イチゴポリフェノールについて、肉用鶏に摂取させた際の生産性、産肉性および保存性について調査した。その結果、これらの資材は保存性の指標であるTBARS値を下げる効果を有することが明らかとなった。しかし、生産性を考慮した場合、キノア茎葉およびブドウ粕は発育体重の低下を引き起こすため実用的で

ないことが示された。今後は、飼料への添加量の検討あるいは給与ステージ、給与形態などの検討を行いながら実用化が可能な給与システムを開発していくことが必要と考える。また、実験室レベルではなく、農家実証を行い、その際の問題点の抽出を行う中で県民に保存性の高い鶏肉の供給を可能にする技術開発を行っていきたいと考える。

6. 謝 辞

本研究のコーディネーターとして、試験の設定や取りまとめに対し適切にご指導ご助言をいただきました総合理工学研究機構市川和規特別研究員に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 小宮山恆, 鎌田健義, 細川明, 仲沢弘: ブロイラーの脂肪蓄積の推移について, 山梨畜試研報, Vol. 33, P.107-113 (1986)
- 2) Edmark D.: Green tea, grape seed extracts restore chicken's qualities., U of A Division of Agriculture, Aug., (2005)
- 3) Hirose Y., T. Fujita, T. Ishii and N. Ueno: Antioxidative properties and flavonoid composition of Chenopodium quinoa seeds cultivated in Japan, Food Chemistry, Vol. 119, P.1300-1306 (2010)
- 4) Salih A. M., D. M. Smith, J. F. Price and L. E. Dawson: Modified extraction 2-thiobarbituric acid method for measuring lipid oxidation in poultry., Poult. Sci. vol. 66, P.1483-1488 (1987)
- 5) Saura-Calixto F. and M. E. Diaz-Rubio: Polyphenols associated with dietary fiber in wine. A wine polyphenol gap, Food Res. Int. Vol. 40, P.613-619 (2003)
- 6) Koziol M. J.: Quinoa: A potential new oil crop., New crops, P.328-336 (1993)
- 7) Matsushita K., H. Komiyama, K. Sato and Y. Akiba: Development of feeding system to improve meat quality of broilers., 6th Asian Pacific Poultry Congress, P.177-182 (1998)
- 8) 宮園幸夫: 消費者の鶏卵・鶏肉についての消費状況, イメージについてのアンケート結果, 日鶏時報, Vol. 24, (1993)
- 9) 奥山治美, 菊川清見: 脂質栄養と脂質過酸化, 学会センター関西学会出版センター, (1998)
- 10) Goni I., A. Brenes, C. Centeno, A. Viveros, F. Saura-Calixto, A. Rebole, I. Arija and R. Estevez: Effect of Growth Performance, Nutrient

- Digestibility, and Susceptibility to Meat Lipid Oxidation in Chickens., *Poult. Sci.*, Vol.86, P.508-516 (2007)
- 11) Brenes A., A. Viveros, I. Goni, C. Centeno, S. G. Sayago-Ayerdy, I. Arija and F. Saura-Calixto : Effect of Grape Pomace Concentrate and Vitamin E on Digestibility of Polyphenols and Antioxidant Activity in Chickens., *Poult. Sci.*, Vol. 87, P.307-316 (2008)
 - 12) Viveros A., S. Chamorro, M. Pizarro, I. Arija, C. Centeno and A. Brenes : Effects of dietary polyphenol-rich grape products on intestinal microflora and gut morphology in broiler chicks., *Poult. Sci.*, Vol. 90, P.566-578 (2011)
 - 13) Wang M. L., X. Suo, J. H. Gu, W. W. Zhang, Q. Fang and X. Wang : Influence of grape seed proanthocyanidin extract broiler chickens. Effect on chicken coccidiosis and antioxidant status, *Poult. Sci.*, Vol.87, P.2273-2280 (2008)
 - 14) 有井雅幸：ブドウ種子ポリフェノール（プロアントシアニジン）のキレートフーズとしての可能性, *食品と開発*, Vol. 35, NO. 11, P.14-16 (2000)
 - 15) 有井雅幸：ブドウ種子ポリフェノール（プロアントシアニジン）の有効性, *食品と開発*, Vol. 35, No. 6, P.11-14 (2000)
 - 16) Pasko P., H. Barton, P. Zagorodzki, A. Izewska, M. Krosniak, M. Gawlik, M. Gawlik and S. Gorinstein : Effect of diet supplemented with quinoa seeds on oxidative status in plasma and selected tissues of high fructose-fed rats., *Plant Foods Hum. Nutr.*, Vol. 65, P.146-151 (2010)