

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	$y = 0.1368x^{0.5924}$	0.637

※ y=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<sup>2)</sup>、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.<sup>6)</sup>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

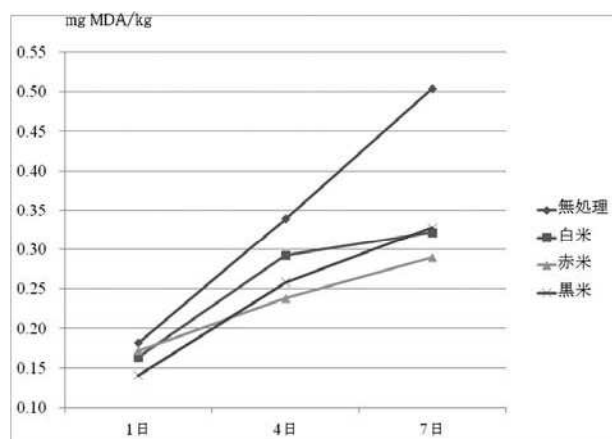


図1 ムネ肉のTBARS値の経時的推移 (地域資材)

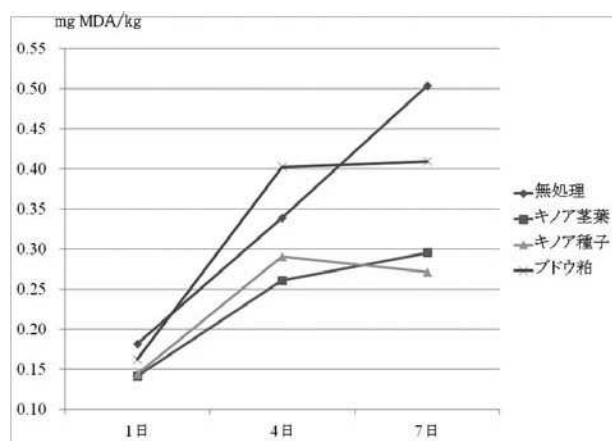


図2 ムネ肉のTBARS値の経時的推移 (米類)

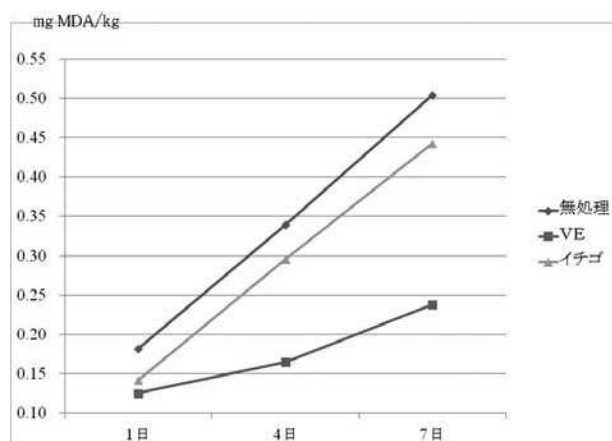


図3 ムネ肉のTBARS値の経時的推移 (ビタミン類)

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。Koziol<sup>7)</sup>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.<sup>3)</sup>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<sup>1)</sup>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<sup>8)</sup>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<sup>9)</sup>。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Koziol<sup>7)</sup>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<sup>10)</sup>。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.<sup>11)</sup>およびBernes et al.<sup>12)</sup>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.<sup>13)</sup>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.<sup>14)</sup>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<sup>15)</sup>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<sup>16)</sup>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 $\alpha$ 1酸性糖タンパク質濃度について調査した。 $\alpha$ 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.<sup>17)</sup>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: プ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)