

海洋性食品副産物の微量給与が肉用鶏の発育に与える影響について 4

金谷健史*、山田徹夫、広金弘史**

Small amount of fermented oceanic by-product addition in diet effects on meat type chicken performance 4

Takeshi KANETANI, Tetsuo YAMADA, Hiroshi HIROKANE

要 約

「おかやま地どり」を生産する県内 2 農場において、飼料に発酵ワカメを 1 % 添加し、夏期と秋期の 2 回給与試験を行った。発育については飼料の効果よりも季節の影響を強く受け、秋期に行った試験区で優れる結果となったが、腹腔内脂肪量の蓄積割合については季節によらず有意に減少させることができた。この作用は肝臓における脂肪酸酸化酵素の活性化によるものであると考えられた。肉質に関しても生肉における保水性を向上させることができ、フィールド農場においても発酵ワカメの給与により鶏肉に機能性を付与することが可能であると考えられた。

キーワード： 発酵ワカメ、おかやま地どり、フィールド試験

緒 言

これまでの試験¹⁾²⁾において、発酵ワカメの短期給与が肉用鶏の飼料要求率を低下させ、生産性を向上させる可能性があることを報告した。これを踏まえ前試験³⁾では、当県所有の「おかやま地どり」を用いた長期間給与を行い、発育や生体重などの生産性には影響を与えないものの、腹腔内脂肪量を低減させる可能性があることを報告した。これらの試験結果から、発酵ワカメの飼料添加は、生体における脂質代謝に作用し、不可食な脂肪を蓄積するために浪費される飼料エネルギーを削減することで、間接的に飼料効率を改善し、生産性を向上させることができるのではないかと考えられた。しかしながら、季節や飼養条件など環境要因による影響が作用し、再現性が低いことも同時に課題として挙げられた。これを受け、本試験では肉用地鶏への発酵ワカメの給与が脂肪の蓄積や生産性の向上に真に有効であるか否か検討するため、おかやま地どりを生産する県内農場 2 社においてフィールド試験を実施することとした。試験を実施するにあたり、当該農場で 1 度の餌付けに 2 試験区設けることが不可能であったため、1 農場につき対照区と試験区の 2 度実施することとし、加えて、農場を含めた、試験区、性、季節の 4 つを因子とした四元配置分散分析により試験結果を解析し、どの効果が最も有効であるか検定することとした。給与試験は 0 週齢から 14 週齢ま

で行い、雄は 13 週齢において雌は 14 週齢において解体し、産肉性・肉質・肝臓における脂質代謝酵素活性への影響を評価した。

方 法

【発酵ワカメ】

粉末のワカメ、およびワカメと同じ褐藻類であるアスコフィラムを 1 : 1 で配合した資材(「リビック BW(栄研商事(株))」)に *Lactobacillus casei* を加え乳酸発酵させたものを乾燥した。発酵後の生菌数は 3.2×10^8 CFU/g(乾燥前)。

2 給与試験

(1) 試験区分

地鶏育成過程におけるブロイラー前期飼料(CP23.0%ME3, 150kcal/kg)、ブロイラー後期飼料(CP19.0%ME3, 250kcal/kg)、大雛飼料(CP15.0%ME2, 800kcal/kg)を基礎飼料とし、下記試験区に沿って飼料を調整した。

- | | |
|---------|----------------------------|
| ①対照区 | 基礎飼料 |
| ②発酵ワカメ区 | 基礎飼料
+ 乳酸発酵ワカメ粉末 1 % 添加 |

(2) 供試鶏

同日に孵化した「おかやま地どり」初生雛(無

鑑別)を当所より当該農場に導入し飼育した。試験条件は表1のとおり。0週齢から3週齢まではブロイラー前期飼料を、3週齢から9週齢まではブロイラー後期飼料を、9週齢から14週齢までは大雛飼料を基礎飼料とし、試験区に沿い不断給餌・自由飲水を行った。試験日程は図1のとおり。

(3) 調査方法

0週齢、3週齢、6週齢、9週齢において雌を50羽抽出し生体重を測定するとともに、それぞれの週齢で10羽解体し肝臓を採取した。また、生存率、飼料切替時の残飼料を測定するとともに、出荷時(雄13週齢、雌14週齢)において10羽を抽出し、頸静脈から採血の後、解体し、産肉成績の調査とともに肝臓を採取した。加えて解体時のムネ肉(浅胸筋)において肉質分析を行った。採取した血液は血漿を分離し、代謝産物を測定した。生産農場においては数回に分けて出荷を行っているため、解体調査終了後も継続して出荷日齢および出荷体重等を調査し、生産データとした。

(4) 分析

ムネ肉における保水性、加熱損失、剪断力価を佐野ら⁴⁾の方法により分析した。血漿中における代謝産物はグルコース、トリグリセリド、総コレステロール、HDLコレステロール(HDL-C)をテストワコーにより、IgA濃度をELISA(BETHYL E30-103)により測定した。解体時の盲腸糞中におけるIgA濃度については、新鮮便を生理食塩水により4倍希釈した後、遠心した上精を適宜希釈し、血漿と同様の方法により分析した。また、継時的に採材した肝臓は採取日に酵素抽出を行い、カルニチンパルミトイル転移酵素活性を井出の方法⁵⁾により測定した。

(5) 統計処理

農場(A農場/S農場)、試験区(対照区/発酵ワカメ区)、季節(夏/秋)、性(雄/雌)の4つの因子による四元配置分散分析をSPSSにより実施した。主効果について有意差を示し、試験区とともに有意である因子については交互作用を検定した。また、同農場、同性において対照区と発酵ワカメ区との間でstudent t-testを実施した。

表1 試験農場2社における試験条件

農場	A農場		S農場	
試験区	対照区	発酵ワカメ区	対照区	発酵ワカメ区
試験時期	6/9-9/16(夏)	9/8-12/16(秋)	8/18-11/25(秋)	6/30-10/7(夏)
試験羽数	524	650	788	578
飼養形態	平飼い			

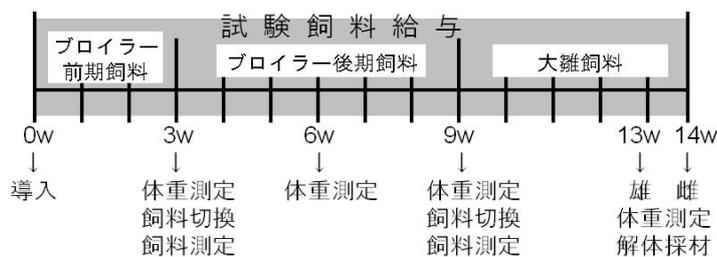


図1 試験日程

結 果

1 発育および飼料要求率への影響

試験飼料の栄養成分を表1に、A農場およびS農場において測定した雌の生体重の推移を図2および図3に示した。発酵ワカメ区では、A農場において3週齢以降対照区よりも生体重が有意に増加したものの、S農場においては0週齢および6週齢以降対照区よりも低下した。試験の実施時期でみると、夏期よりも秋期に実施した試験区の方が生体重が優れる結果となった。また、2農場に

おける生産データを表3に示した。生存率は発酵ワカメ区において、A農場で3.81ポイント改善し、S農場でも0.78ポイント改善した。出荷日齢および出荷体重においては、農場ごとにバラツキはあるものの、発育の結果と同様、雌雄ともに夏期よりも秋期に実施した試験区において増加していた。飼料摂取量については、A農場のみでしか調査できなかったが、発酵ワカメ区で摂取量が増加するものの、飼料要求率においては低下する結果となった。

表2 試験飼料の栄養成分

試験区\項目	①対照区(基礎飼料)			②発酵ワカメ飼料		
	ブロ前飼料	ブロ後飼料	大雛飼料	ブロ前飼料	ブロ後飼料	大雛飼料
水分%	13.59	12.67	13.05	12.80	12.80	12.96
粗タンパク%	22.71	18.52	16.56	22.70	18.02	15.22
粗脂肪%	4.32	7.38	3.98	5.48	7.60	4.78
可溶性無窒素%	50.94	54.21	56.70	50.17	53.65	57.85
粗繊維%	2.86	3.14	3.95	2.81	3.33	4.07
粗灰分%	5.58	4.08	5.76	6.04	4.60	5.12
GE Mcal/kg	4.01	4.22	3.93	4.09	4.20	3.98

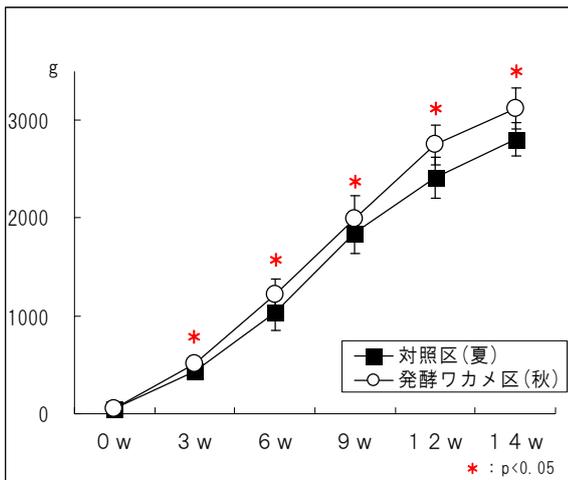


図2 生体重の推移 ～A農場～

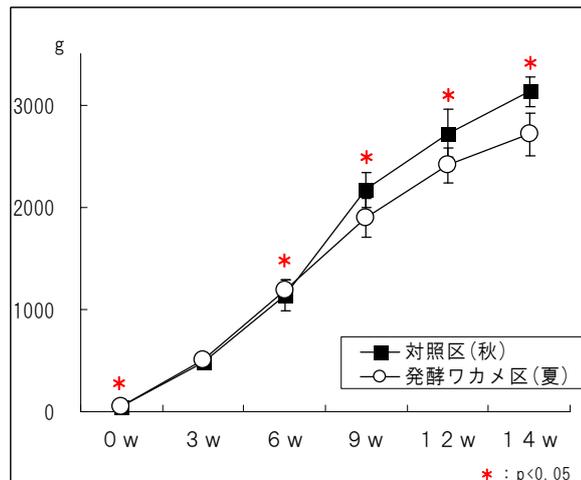


図3 生体重の推移 ～S農場～

表3 フィールド農場における生産データ

農場・試験区・性	A農場				S農場			
	対照区(夏)		発酵ワカメ区(秋)		対照区(秋)		発酵ワカメ区(夏)	
	雄	雌	雄	雌	雄	雌	雄	雌
生存率%	94.44		98.25		96.35		97.13	
出荷平均日齢	94.1	104.5	94.6	105.3	90.6	102.9	99.4	106.3
出荷平均体重kg	3.47	2.92	3.96	3.24	3.81	3.26	3.69	2.93
飼料摂取量kg/羽	12.19		12.84		-		-	
飼料要求率	3.87		3.63		-		-	

2 産肉性・肉質成績への影響

と鳥・解体を行った際の産肉性・肉質成績を表4に示した。A農場においては、発酵ワカメの給与により、雌雄ともに体重が有意に増加した。腹腔内脂肪量は雄で低下したものの、雌では増加し、その値をト体重で除した脂肪割合で見ると、雄では有意な減少がみられたが、雌では有意差はないものの増加していた。正肉三品においては平均値は高いものの、有意差はみられなかった。歩留まりにおいても影響はみられなかった。遠心保水性においては、雌雄ともに損失率が低下してお

り、保水性が向上していた。一方、S農場においては、雌でト体重が減少し、加えて、腹腔内脂肪量、脂肪割合、正肉三品が減少する結果となった。雄についても平均値は低下したが有意な差はみられなかった。また、遠心保水性については、雌雄ともに損失率が上昇しており、保水性が低下していた。加熱損失については、A農場の発酵ワカメ区雄において損失率が低下したが、他影響はみられなかった。剪断力価については、2農場、2試験区ともにバラツキが大きく差はみられなかった。

表4 解体後の産肉・肉質成績

測定項目 n=10	単位	A農場			
		対照区(夏)		発酵ワカメ区(秋)	
		雄	雌	雄	雌
と体重(a)	kg	3.03 ± 0.29	2.62 ± 0.18	3.33 ± 0.27*	2.92 ± 0.25*
腹腔内脂肪量(b)	g	99.1 ± 43.9	133.1 ± 42.3	69.2 ± 28.3	166.6 ± 49.9
脂肪割合(b/a)	%	3.23 ± 1.28	4.95 ± 1.61	2.08 ± 0.87*	5.75 ± 1.75
正肉三品(c)	g	1164 ± 151	1077 ± 85	1285 ± 113	1163 ± 142
歩留(c/a)	%	38.4 ± 1.9	40.8 ± 1.3	38.6 ± 0.8	39.8 ± 1.8
遠心保水性	損失%	42.1 ± 40.7	33.4 ± 30.1	21.4 ± 23.3*	17.7 ± 25.0*
加熱損失	損失%	15.4 ± 2.2	14.6 ± 1.4	13.5 ± 1.55*	14.6 ± 1.2
剪断力価	kgf/cm ²	1.27 ± 3.42	1.34 ± 4.59	6.03 ± 3.25	0.97 ± 4.82

測定項目 n=10	単位	S農場			
		対照区(秋)		発酵ワカメ区(夏)	
		雄	雌	雄	雌
と体重(a)	kg	3.56 ± 0.38	2.94 ± 0.15	3.42 ± 0.37	2.54 ± 0.19*
腹腔内脂肪量(b)	g	135.8 ± 48.0	166.2 ± 40.3	107.3 ± 50.1	99.7 ± 33.1*
脂肪割合(b/a)	%	3.78 ± 1.19	5.64 ± 1.33	3.08 ± 1.33	4.08 ± 1.17*
正肉三品(c)	g	1390 ± 181	1200 ± 78	1314 ± 161	1045 ± 78*
歩留(c/a)	%	39.0 ± 2.1	40.8 ± 1.4	38.4 ± 1.1	41.2 ± 0.8
遠心保水性	損失%	26.6 ± 27.8	21.8 ± 28.0	29.5 ± 32.1*	36.2 ± 27.8*
加熱損失	損失%	13.2 ± 2.7	14.9 ± 1.0	16.3 ± 1.24*	14.8 ± 2.2
剪断力価	kgf/cm ²	3.60 ± 6.77	1.70 ± 2.56	1.14 ± 2.18	2.78 ± 2.53

*:p<0.05 同一農場におけるstudent t-test

3 分散分析の結果

解体結果における四元配置分散分析の結果を表5に示した。発酵ワカメを給与したことによる効果として有意差が検出された項目は、腹腔内脂肪量、脂肪割合、遠心保水性、剪断力価であった。それぞれの項目について、同様に主効果で有意であった因子間における交互作用を検討したところ、いずれの因子間においても有意差は認められなかった。一方で、季節要因が大きく影響している項目には、と体重、正肉三品、遠心保水性、加熱損失が挙げられた。

4 血中代謝産物、肝脂質代謝酵素活性への影響

解体時に採取した血漿により測定した血中代謝産物の濃度を表6に示した。A農場においては発酵ワカメの給与により、雌雄ともにグルコース濃度が低下し、雌のHDLコレステロール濃度も低下、NEFA濃度が上昇した。トリグリセリド濃度においては、平均値が上昇したが有意な差はみられなかった。一方、S農場においては、グルコース濃度が上昇し、総コレステロール濃度が低下、雌のHDLコレステロール濃度が上昇する結果となった。S農場においても、トリグリセリド濃度には影響がみられなかった。また、継時的に採材した雌の

肝臓におけるカルニチンパルミトイル転移酵素活性について、A農場の結果を図4に、S農場の結果を図5に示した。A農場においては3週齢の対照区のデータが欠損しているが、それ以後の週齢において、6週齢では対照区よりも酵素活性が低かったが、9週齢以降は有意に高く推移した。一方、S農場においても、3週齢、6週齢では対照区よりも低いものの、9週齢以降平均値が高く、14週齢においては有意に高い活性を示した。

5 免疫グロブリン量への影響

解体時の血液サンプルおよび盲腸糞中におけるIgA濃度の結果を表7に示した。A農場における対照区雄のデータは測定できた検体数が2個体のみであったため平均値のみを示した。A農場においては、血漿中濃度、盲腸糞中濃度に影響はみられないが、S農場においては、発酵ワカメ区の雌において血漿中IgAが有意に上昇していた。IgA濃度については、血漿中の存在量と盲腸糞中における分泌量との間に5～10倍程度の濃度差がみられた。

表5 分散分析結果

項目\因子	主効果				交互作用		
	農場	試験区	季節	性	試験区×農場	試験区×季節	試験区×性
と体重(a)	*	NS	***	***	-	-	-
腹腔内脂肪量(b)	NS	*	*	***	-	NS	NS
脂肪割合(b/a)	NS	*	NS	***	-	-	NS
正肉三品	*	NS	***	***	-	-	-
歩留	NS	NS	NS	***	-	-	-
遠心保水性	NS	***	***	NS	-	NS	-
加熱損失	NS	NS	***	NS	-	-	-
剪断力価	*	*	NS	NS	NS	-	-

***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05. NS is not significance. - is not analysis.

表6 血中代謝成分

測定項目 n=10	単位	A農場			
		対照区(夏)		発酵ワカメ区(秋)	
		雄	雌	雄	雌
GLU	mg/dl	223 ± 11	228 ± 14	206 ± 21*	211 ± 11*
TG	mg/dl	21.3 ± 2.4	14.6 ± 3.9	24.5 ± 6.0	16.9 ± 4.7
TCHO	mg/dl	73.6 ± 10.5	67.8 ± 8.2	67.3 ± 9.7	61.2 ± 6.3
HDL-CHO	mg/dl	73.3 ± 4.2	75.7 ± 6.0	67.8 ± 9.8	66.4 ± 8.2*
NEFA	mEq/L	0.528 ± 0.062	0.555 ± 0.107	0.563 ± 0.065	0.701 ± 0.110*

測定項目 n=10	単位	S農場			
		対照区(秋)		発酵ワカメ区(夏)	
		雄	雌	雄	雌
GLU	mg/dl	191 ± 15	208 ± 13	241 ± 14*	220 ± 5*
TG	mg/dl	19.7 ± 5.0	23.3 ± 15.8	22.5 ± 6.3	22.4 ± 6.5
TCHO	mg/dl	78.9 ± 14.6	66.6 ± 7.4	65.0 ± 5.9*	56.0 ± 7.8*
HDL-CHO	mg/dl	70.2 ± 8.8	63.0 ± 7.1	71.2 ± 6.6	69.1 ± 4.1*
NEFA	mEq/L	0.599 ± 0.177	0.490 ± 0.097	0.503 ± 0.130	0.560 ± 0.108

*:p<0.05 同一農場におけるstudent t-test

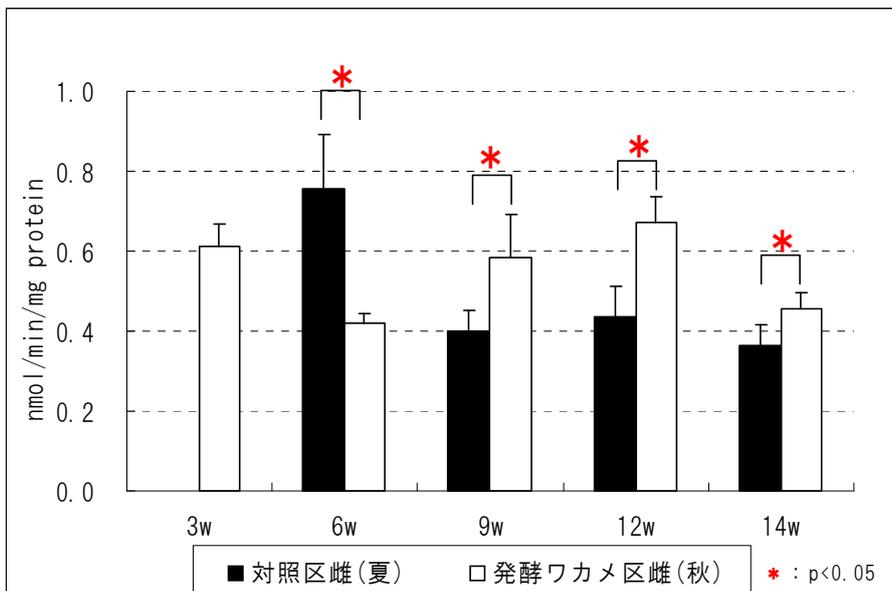


図4 肝臓カルニチンパルミトイル転移酵素活性 ~ A農場

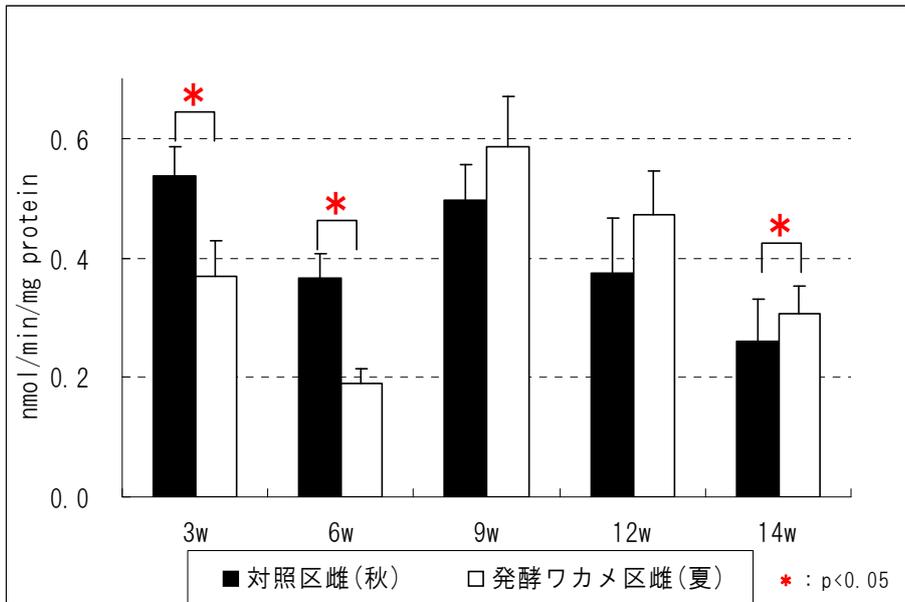


図4 肝臓カルニチンパルミトイル転移酵素活性 ～S農場

表7 血漿および盲腸糞中IgA濃度

測定項目 n=10	A農場			
	対照区(夏)		発酵ワカメ区(秋)	
	雄	雌	雄	雌
血漿中 mg/ml	0.323	0.302 ± 0.043	0.361 ± 0.092	0.276 ± 0.076
盲腸糞中 mg/ml	2.14 ± 1.93	3.35 ± 2.99	1.04 ± 0.67	1.23 ± 1.63
測定項目 n=10	S農場			
	対照区(秋)		発酵ワカメ区(夏)	
	雄	雌	雄	雌
血漿中 mg/ml	0.181 ± 0.052	0.217 ± 0.064	0.239 ± 0.094	0.315 ± 0.065*
盲腸糞中 mg/ml	4.42 ± 2.14	3.91 ± 1.43	4.89 ± 1.56	3.79 ± 2.32

*:p<0.05 同一農場におけるstudent t-test

考 察

発酵ワカメを給与することによる生体重の推移において、A農場とS農場で発育が逆転したことについては、夏期よりも秋期に実施した試験区で増体が優れていたことから、飼料の影響よりも季節による環境要因の影響が大きいと考えられた。農場において収集した環境データによると、試験期間の平均気温および平均湿度はA農場の夏期試験でそれぞれ27.3℃、78.5%、秋期試験で19.5℃、55.6%、S農場の夏期試験で26.3℃、75.4%、秋期試験で19.7℃、74.4%となっていた。

鶏においては12～25℃が熱的中性圏とされており⁹⁾、それ以外の温度では体温維持のために余剰のエネルギーが必要とされることが知られている。本試験で夏期に実施した試験区はいずれも熱的中性圏の範囲外であり、エネルギー損失が生じ

た結果、秋期試験よりも生体重が減少し、飼料要求率も低下したと考えられる。この暑熱による生体重の減少は産肉成績にも影響しており、分散分析の結果からも体重が「季節」因子の影響を大きく受けていることが分かる。一方で、と体重に占める腹腔内脂肪量の割合については、一部、発酵ワカメを給与したことにより平均値が上昇したが有意差は認められず、分散分析の結果からも、脂肪割合には「試験区」と「性」の効果が影響していることが判明した。この2因子間に交互作用がみられなかったことから、「試験区」単独の作用、つまり発酵ワカメの給与により生体における腹腔内脂肪量を低下させることができることが示された。正肉三品や歩留においては「試験区」の効果はなく、「季節」の効果が大きく影響していることが判明した。また、肉質に関して保水性を調査した2手法においては、高速遠心により生肉

の自由水を強制的に脱水した場合には「試験区」の効果と「季節」の効果がみられたが、2 因子間の交互作用が検出されなかったため、発酵ワカメの給与により精肉の保水性が向上することが示された。一方、加熱により脱水させた場合には、「試験区」の効果はなく、「季節」要因のみが影響していることが判明した。この加熱した生肉を用いて、剪断する際の力のかかり度合いを測定した剪断力価では、農場間の t-検定では差がみられなかったが、分散分析結果から、剪断力価を低下させる作用が「試験区」と「農場」の効果として検出された。

血中における代謝産物においては、腹腔内脂肪量が低下していることから、脂質関連の代謝成分に影響を与えていることが予想されたが、本試験においては明確な傾向はみられなかった。トリグリセリド濃度と腹腔内脂肪量との間に報告されている高い相関⁷⁾⁸⁾も観察されなかった。血中代謝産物における分散分析結果は今回示していないが、季節の影響が多く検出され、唯一「試験区」の影響がみられたのは総コレステロールに関してであり、有意差 $p < 0.01$ 水準で発酵ワカメの給与により血中濃度が低下することが確認された。脂質代謝において調査した肝臓カルニチンパルミトイル転移酵素は、ミトコンドリア内膜に存在し、細胞内に取り込まれた遊離脂肪酸を β 酸化する機序の一端を担っていることから、脂質代謝活性の指標として測定した。一部欠損データがあるものの、2 農場ともに発酵ワカメの給与により 6 齢までは酵素活性が低く推移するが、9 週齢以降は活性が高く推移することが判明した。

ラットに未発酵のワカメを給与した村田ら⁹⁾¹⁰⁾によれば、カルニチンパルミトイル転移酵素活性の上昇とともに、血中・肝臓中トリグリセリド濃度が減少したとしたことを報告している。また、セルロースやマンナンなどの食物繊維を給与することによっても肝臓における脂肪酸合成酵素活性の抑制や体脂肪量の減少が報告されている¹¹⁾。これらの試験ではワカメや食物繊維の添加量が 10%以上と高水準での配合であったが、本試験においては 1%と低水準での酵素活性の上昇が認められた。一方で、週齢ごとの継時的な酵素活性の変化については、9 週齢を境に上昇に転じているように見える。飼料の切り替えを行ったのが 9 週齢であるため、この反応が即座に肝臓の酵素活性に影響を与えた可能性もあるが、発酵ワカメ区における有意な酵素活性の上昇については、より詳細な研究が必要であると考えられた。

血漿中の IgA 濃度については、これまでの試験でも上昇が認められたが、今回も S 農場の雌にお

いて有意な上昇が認められた。海藻の給与と IgA 分泌量については、ワカメと同じ褐藻類のアスコフィラムを豚の飼料に 0.3%添加することで、血漿中濃度は変化しないものの糞中濃度が上昇することが報告されている¹²⁾。本試験では逆の反応がみられたが、海藻の給与により IgA 産生量を増加させることができれば、腸管からの感染症を防ぎ疫抵抗性を賦活化させることができると考えられる。

引用文献

- 1) 金谷ら (2011); 海洋性食品副産物の微量給与が肉用鶏の発育に与える影響について 1. 岡山県農林水産総合センター畜産研究所研究報告第 1 号:23-27
- 2) 金谷ら (2011); 海洋性食品副産物の微量給与が肉用鶏の発育に与える影響について 2. 岡山県農林水産総合センター畜産研究所研究報告第 1 号:29-34
- 3) 金谷ら (2011); 海洋性食品副産物の微量給与が肉用鶏の発育に与える影響について 3. 岡山県農林水産総合センター畜産研究所研究報告第 1 号:35-38
- 4) 佐野ら (2006); バークシャー種における赤肉生産量の向上のための Lysine/ME 比の検討: 岡山県総合畜産センター研究報告第 16 号:23-29
- 5) 食品総合研究所; 食品の機能性評価マニュアル
- 6) 中央畜産会; 日本飼養標準家禽 (2004)
- 7) H. D. GRIFFIN et al., (1982); THE RELATIONSHIP BETWEEN PLASMA TRIGLYCERIDE CONCENTRATIONS AND BODY FAT CONTENT IN MALE AND FEMALE BROILERS -A BASIS FOR SELECTION?: British Poultry Science, 23:15-23
- 8) B. LECLERCQ (1983); THE INFLUENCE OF DIETARY PROTEIN CONTENT ON THE PERFORMANCE OF GENETICALLY LEAN OR FAT GROWING CHICKENS: British Poultry Science, 24:581-587
- 9) Masakazu Murata et al., (1999); Hepatic Fatty Acid Oxidation Enzyme Activities Are Stimulated in Rats Fed the Brown Seaweed, *Undaria pinnatifida* (Wakame). J. Nutr. 129:146-151
- 10) Masakazu Murata et al., (2002); Dietary Fish Oil and *Undaria pinnatifida* (Wakame) Synergistically Decrease Rat Serum and Liver Triacylglycerol. J. Nutr. 132:742-747
- 11) 長谷川信 (1987); 鶏における体脂肪蓄積の調節機構: 日畜会報, 58(2):91-100
- 12) 豊島ら (2003); 未利用資源を利用した豚の抗病性機能向上による高品質豚肉生産に関する試験: 平成 14 年度宮城県畜産試験場試験成績書業務年報, 69-71

