

配合飼料へのユーグレナ (*Euglena gracilis*) の添加が比内地鶏の発育および肉質に及ぼす影響

力丸宗弘^{*1}・佐藤悠紀・青谷大希・鈴木健吾^{*2}・渡邊翔太^{*2}

^{*1} 現：秋田県農林水産部畜産振興課

^{*2} 株式会社ユーグレナ

要 約

本研究では、ユーグレナの給与が比内地鶏の発育および肉質に及ぼす影響を明らかにするため、初生から配合飼料へユーグレナを添加し、比内地鶏の発育調査と肉質分析を行った。ふ化時に体重測定後、比内地鶏の雌を26羽ずつ配合飼料のみを給与した対照区、配合飼料へユーグレナを1.25%添加した1.25%区、2.5%添加した2.5%区に分け、23週齢まで飼育した。1.25%区と2.5%区は対照区より4週齢体重および0-4週齢の平均日増体重が有意に高かったが、23週齢体重および0-23週齢の平均日増体重に有意な差は認められなかった。1.25%区はモモ肉中のラウリン酸、ペンタデカン酸、ヘプタデカン酸、2.5%区はラウリン酸、ミリスチン酸、ペンタデカン酸、ドコサヘキサエン酸が対照区と比較して有意に多かった。以上の結果から、ユーグレナの給与によって比内地鶏の発育に影響を及ぼさず、モモ肉中のドコサヘキサエン酸等の含量が高まることが示唆された。

緒 言

微細藻類は淡水や海洋環境に存在し、単細胞で光合成能力を有する藻類である。クロレラ (*Chlorella*) やスピルリナ (*Arthrospira*) はタンパク質をはじめビタミンやクロロフィルを豊富に含んでおり、早くから大量培養技術が確立され、健康食品、食品素材、化粧品、飼料添加物、水産餌料として広く利用されてきた (Priyadarshani and Rath, 2012; Dajana *et al.*, 2013)。また、微細藻類は化石燃料の代替になり得る点で、太陽光や風力といった他の再生可能エネルギーよりも優れていることから、近年はエネルギー資源としても改めて注目されている。

ユーグレナ (*Euglena*) は体長 0.05 mm 程の単細胞真核生物の一種であり、葉緑体により光合

成を行う植物の性質と鞭毛や細胞収縮により運動を行う動物的特徴を併せ持つ (図 1)。ユーグレナはビタミン、ミネラル、アミノ酸、脂肪酸など多くの栄養素を含んでおり、(中野ら 1995; Matsumoto *et al.*, 2009)、タンパク質含量が高く、アミノ酸スコアが同等である藻類のクロレラやスピルリナと比較して優れた栄養価を有し (北岡と細谷 1977)、細胞外膜はタンパク質が主成分であることから植物性の細胞と異なり消化率が高いこと (Nakano *et al.*, 1987) が知られている。このようにユーグレナは豊富な栄養素を有し、消化率が高いことから、栄養源や飼料として研究が進められてきた (北岡 1989; 中野ら 1998)。水産分野では、ユーグレナはリノール酸やアラキドン酸をはじめ n-3 系脂肪酸であるエイコペンタエン酸やドコサヘキサエン酸な



図1. ユーグレナ

どの高度不飽和脂肪酸を豊富に含む (Korn1964 ; 宮武ら 1985 ; 中野ら 1995) だけでなく、培養液に含まれる脂肪酸を取り込む性質を有し、培養条件によってドコサヘキサエン酸等を自由にコントロールできる (林ら 1993a) ことから、動物プランクトンの栄養強化飼料としての研究が盛んに行われてきた (佐藤ら 1984ab ; 林ら 1993b, 1995 ; 尾田ら 1995 ; Hayashi and Toda 1995 ; 石崎ら 1996)。

一方でユーグレナはクロレラやスピルリナと比較して培養手法が単純でなく、大量培養が困難であったが、近年、大量培養技術が確立され、多岐に渡る分野において研究が行われている。例えば、ユーグレナはパラミロンと呼ばれる β -1,3-グルカン結合を持つ物質を有しており、パラミロンは肝臓の保護作用 (Sugiyama *et al.*,2009), アトピー性皮膚炎の抑制 (Sugiyama *et al.*,2010), 大腸がんの抑制 (Watanabe *et al.*,2013) などの効果を有することが報告されている。畜産分野においては、ユーグレナをヒツジへ給与することによってタンパク質の消化率や蓄積率が向上すること (Aemiro *et al.*,2016) やメタンの生成量が抑制されること (Aemiro *et al.*,2017) が報告されている。しかしながら、ニワトリについては Choi *et al.* (2004a,b) がブロイラーと採卵鶏への給与について報告しているものの、知見が少なく、ユーグレナの給与がニワトリの

表1. ユーグレナの一般成分 (%)

水分	4.4
粗タンパク	34.2
粗脂肪	15.3
炭水化物	41.1
灰分	5.0

発育や肉質に及ぼす影響は明らかとなっていない。そこで本研究では、初生からユーグレナを配合飼料へ添加し、ユーグレナの給与が比内地鶏の発育および肉質に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

材料と方法

1 供試動物および飼養管理

秋田県畜産試験場においてふ化した比内地鶏の雌を供試した。ふ化したヒナは餌付けから4週齢までバタリー育雛器で飼育し、4週齢以降運動場が付随したパイプハウスで23週齢まで飼育した。飼料は4週齢まで前期 (CP21%以上, ME3,100 kcal/kg以上), 4~9週齢まで中期 (CP19%以上, ME2,900 kcal/kg以上), 9~23週齢まで仕上げ (CP16%以上, ME2,900 kcal/kg以上) 飼料を給与した。飼料および水は自由摂取とし、照明時間は自然日長とした。本研究における動物の取り扱いおよび飼養は「秋田県畜産試験場動物実験委員会」(平成27年度受付番号11)の承認を受けて行った。

2 試験飼料および実験計画

供試藻体は株式会社ユーグレナ (東京, 日本) から提供されたユーグレナグラシリス (*Euglena gracilis*) 粉末 (以下, ユーグレナ) を用いた。試験に用いたユーグレナの一般成分は表1に示したとおりである。

表2. ユーグレナおよび仕上げ飼料の脂肪酸含量 (mg/100g)

		ユーグレナ	対照区	1.25%区	2.5%区
カブリン酸	C10: 0	10	—	1	1
ラウリン酸	C12: 0	340	—	9	6
ミリスチン酸	C14: 0	2,990	5	87	56
ミリストレイン酸	C14: 1	30	—	2	2
ペンタデカン酸	C15: 0	270	—	8	5
パルミチン酸	C16: 0	1,000	350	670	660
パルミトレイン酸	C16: 1	220	14	52	53
ヘプタデカン酸	C17: 0	80	3	7	6
ステアリン酸	C18: 0	230	110	150	150
オレイン酸	C18: 1	460	670	1,300	1,300
リノール酸	C18: 2(n-6)	190	1,100	1,600	1,500
α -リノレン酸	C18: 3(n-3)	80	60	110	110
γ -リノレン酸	C18: 3(n-6)	—	—	1	1
アラキジン酸	C20: 0	—	10	12	12
イコセン酸	C20: 1	20	7	13	13
イコサジエン酸	C20: 2(n-6)	240	1	7	5
イコサトリエン酸	C20: 3(n-6)	30	—	11	6
アラキドン酸	C20: 4(n-6)	390	2	14	10
イコサペンタエン酸	C20: 5(n-3)	70	2	7	7
ベヘン酸	C22: 0	—	5	7	6
エルカ酸	C22: 1	—	—	1	1
ドコサテトラエン酸	C22: 4(n-6)	260	—	8	5
ドコサペンタエン酸	C22: 5(n-3)	20	—	2	3
ドコサヘキサエン酸	C22: 6(n-3)	9	5	12	15
リグノセリン酸	C24: 0	30	10	11	11

ふ化時に体重測定後、配合飼料のみを給与した対照区、配合飼料へユーグレナを1.25%添加した1.25%区、2.5%添加した2.5%区に26羽ずつ割り当てた。ユーグレナおよび仕上げ飼料の脂肪酸含量は表2に示したとおりである。

3 発育成績

調査項目は生体重、平均日増体重、飼料摂取量、飼料要求率とした。体重は0,4,14,23週齢に測定した。平均日増体重は各週齢における体重から算出した。飼料摂取量は個体ごとの測定が困難であるため、群全体の飼料摂取量と羽数から算出した。飼料要求率は平均日増体重と飼料摂取量から算出した。

4 解体成績

23週齢に各区から6羽をランダムに抽出し、18時間絶食させた後、と体を解体し、正肉部位（モモ肉、ムネ肉、ササミ）、手羽先・手羽元、可食内蔵部位（心臓、肝臓、砂肝）および腹腔内脂肪の重量を測定した。歩留まり割合は絶食体重に対する各部位の重量から算出した。

5 肉質分析

肉質の分析にはモモ肉を用いた。モモ肉の重量を測定後、片側のモモ肉の皮を取り除き、モモ肉を家庭用のミートチョッパー（No.5-A, Veritas, 東京）でミンチした。肉色を測定後、

試料は一般成分および脂肪酸含量を分析するまで -30°C で保存した。

(1) モモ肉の肉色および腹腔内脂肪色

ミンチしたモモ肉および腹腔内脂肪の色値(L*値, a*値, b*値)には、測色色差計(Z-1001DP, 日本電色工業株式会社, 東京)を用いて測定した。

(2) モモ肉の一般成分

水分は乾燥法(135°C で2時間)により測定した。粗タンパク質含量はケルダール法, 粗脂肪含量はエーテル抽出法により測定した。

(3) 飼料(ユーグレナ, 配合飼料)およびモモ肉の脂肪酸含量

肉1gに塩酸(8.3M)10mlを加え 75°C で加温後エーテル50mlを用いて液-液分配にて脂肪を抽出した。内部標準としてC11:0トリグリセリドを用いた。脂肪抽出後, 3-フツ化ホウ素メタノールを用いて誘導體化を行い, ガスクロマトグラフ(Agilent GC7890A アジレント・テクノロジー株式会社, カリフォルニア, アメリカ)にて測定した。カラム(SUPELCO SP-2560 $100\text{ m} \times 0.25\text{ m} \times 0.2\text{ }\mu\text{m}$ シグマアルドリッチジャパン合同会社, 東京)は 50°C (10分) $\rightarrow 1^{\circ}\text{C}/\text{分} \rightarrow 24^{\circ}\text{C}$ (30分) $\rightarrow 5^{\circ}\text{C}/\text{分} \rightarrow 50^{\circ}\text{C}$ (10分)のプログラムで分析した。注入口温度は 225°C , 検出温度は 285°C とし, 搬送ガスはヘリウムで, 流量は $0.75\text{ ml}/\text{分}$ とした。クロマトグラムデータはAgilent Chemstation(信和化工株式会社, 京都)を用いて解析を行った。各脂肪酸のピークは標準脂肪酸試料の保持時間を比較することによって同定し, 内部標準C11:0と各脂肪酸ピーク面積の比から脂肪酸量を定量した。

6. 統計処理

肉質の分析には, Excel 統計 2006 ソフトウェア(Social Survey Research Information, 東京)

を用いて一元配置分散分析法による有意差検定を行い, 平均値間の差の検定はScheffeの多重比較検定を用いた。P値が0.05未満の時に試験区間の有意差とした。

結果および考察

本研究では, ユーグレナの給与が比内地鶏の発育および肉質に及ぼす影響を明らかにするため, 初生から配合飼料へユーグレナを1.25%および2.5%添加し, 比内地鶏の発育調査と肉質分析を行った。

ユーグレナに占める脂肪酸はAemiro *et al.* (2016)の報告と同様にミリスチン酸, パルミチン酸, オレイン酸, アラキドン酸, ラウリン酸が主であった(表2)。ユーグレナを添加した1.25%および2.5%区の仕上げ飼料では, これらユーグレナに多く含まれている脂肪酸の増加が認められた。

比内地鶏の発育成績を表3に示した。4週齢体重では1.25%区と2.5%区が対照区より有意に優れていた。0-4週齢における平均日増体重も4週齢体重と同様に1.25%区と2.5%区が対照区より有意に優れていた。ブロイラーにおいてもユーグレナを配合飼料へ0.25%, 0.5%, 1%添加することによって, 育雛前期の0-3週齢における平均日増体重や飼料要求率が対照区より優れる傾向にあることが確認されている(Choi *et al.*, 2004a)。ラットではユーグレナのタンパク質の消化率は93%に及び(細谷と北岡, 1977), ヒツジでは飼料の一部をユーグレナ粉末で代替すると, タンパク質の消化率が向上することが報告されている(Aemiro *et al.*, 2017)。これらの結果は, ユーグレナが消化性に優れることを示しており, タンパク質の要求量が高いニワトリの育雛前期において, ユーグレナのタンパク質が効率的に筋肉の合成に利用されていることを

表3. ユーグレナの給与が比内地鶏の発育成績に及ぼす影響

	対照区	1.25%区	2.5%区
ふ化時体重 (g) *	43.7±0.6	44.0±0.6	43.4±0.6
4週齢体重 (g) *	394.7±6.8 ^b	437.7±6.8 ^a	426.8±8.4 ^a
14週齢体重 (g) *	2,211.9±27.3	2,197.2±33.9	2,200.0±33.9
試験終了時 (23週齢) (g) *	3,325.4±54.8	3,286.2±47.6	3,243.7±54.5
0-4週齢平均日増体重 (g/日/羽) *	12.5±0.2 ^b	14.1±0.2 ^a	13.5±0.3 ^a
4-14週齢平均日増体重 (g/日/羽) *	25.9±0.5	25.1±0.3	25.4±0.4
14-23週齢平均日増体重 (g/日/羽) *	17.7±0.5	17.3±0.6	16.6±0.6
0-23週齢平均日増体重 (g/日/羽) *	20.4±0.3	20.1±0.3	19.9±0.3
0-4週齢飼料摂取量 (g/日/羽)	28.0	28.0	27.4
4-14週齢飼料摂取量 (g/日/羽)	137.9	124.7	133.7
14-23週齢飼料摂取量 (g/日/羽)	167.8	166.8	154.3
0-23週齢飼料摂取量 (g/日/羽)	129.7	124.2	122.7
0-4週齢飼料要求率	2.20	1.99	2.00
4-14週齢飼料要求率	5.54	5.01	5.37
14-23週齢飼料要求率	8.31	8.26	7.64
0-23週齢飼料要求率	6.36	6.18	6.16
育成率 (%)	96.1	92.3	96.1

*, 平均値±標準誤差 (n=26)

a, b 異符号間に有意差あり (P<0.05)

表4. ユーグレナの給与が比内地鶏の解体成績に及ぼす影響 (%)

	対照区	1.25%区	2.5%区
と体重	93.5±0.5	93.7±0.2	92.5±0.6
モモ肉	19.4±0.1	19.1±0.4	19.0±0.1
ムネ肉	12.1±0.2	13.2±0.3	12.1±0.2
ササミ	3.1±0.2	3.4±0.1	3.2±0.3
肝臓	1.6±0.1	1.6±0.0	1.6±0.1
心臓	0.5±0.0	0.4±0.0	0.5±0.1
砂肝	1.8±0.1	2.0±0.2	1.6±0.1
腹腔内脂肪	5.8±1.0	4.3±0.5	5.7±0.8
手羽先	3.8±0.1	3.9±0.1	3.7±0.1
手羽元	3.3±0.1	3.4±0.1	3.2±0.1

平均値±標準誤差 (n=6)

解体成績 (%): (各部位の重量/絶食体重) × 100

示唆している。一方、試験終了時の23週齢体重に有意な差は認められなかったが、ユーグレナを添加した区では14週齢以降添加割合が高まるにつれて平均日増体重が低下する傾向を示した。ユーグレナはタンパク含量が高い一方で難消化性物質であるβ-1,3-グルカン結合を持つパラミロンを含む(北岡1989)。本研究では、群飼のため飼料摂取量については統計処理を行うこと

はできなかったが、4週齢以降の飼料摂取量を比較すると、対照区と比較して1.25%区と2.5%区の飼料摂取量が少ないことから、タンパク質の要求量が低くなる発育ステージでは、ユーグレナのタンパク質よりも難消化性であるパラミロンの長期間摂取が飼料摂取量や平均日増体重に影響を及ぼしている可能性がある。一方で Sugiyama *et al.* (2010) はパラミロンを0.1%か

表5. ユーグレナの給与が比内地鶏のモモ肉の色および腹腔内脂肪色に及ぼす影響

		対照区	1.25%区	2.5%区
モモ肉	L *値	53.3±0.6	50.6±0.7	52.4±0.4
	a *値	16.0±0.3	17.0±0.4	16.8±0.4
	b *値	16.4±0.4	16.1±0.7	17.6±0.7
腹腔内脂肪	L *値	68.3±0.5	67.5±0.8	65.8±0.7
	a *値	3.3±0.6	4.4±0.6	4.3±0.3
	b *値	32.2±1.4	30.5±1.6	34.7±1.7

平均値±標準誤差 (n = 6)

a, b 異符号間に有意差あり (P < 0.05)

表6. ユーグレナの給与が比内地鶏のモモ肉の一般成分に及ぼす影響 (%)

	対照区	1.25%区	2.5%区
水分	71.5±0.4	71.0±0.5	71.3±0.5
粗タンパク	20.7±0.2	21.0±0.1	20.6±0.2
粗脂肪	5.4±0.4	5.8±0.3	7.3±0.9

平均値±標準誤差 (n = 6)

ら1%添加した飼料をマウスへ経口投与しても体重は減少しないと報告している。この結果の違いは動物種あるいは添加割合、給与期間の違いによるものかもしれない。

解体成績については試験区間に有意な差は認められなかった(表4)。重岡ら(1986)はラットへユーグレナをタンパク質源とする飼料を給与して長時間飼育しても臓器重量に差がないことを報告している。これらの結果は、ユーグレナは比内地鶏の初期発育段階においては筋肉の合成に関与するかもしれないが、最終的には筋肉や臓器の重量に大きな影響を及ぼさないことを示唆している。これには日齢経過に伴うタンパク質の要求量が影響しているのかもしれない。タンパク質の要求量については同じニワトリでも地鶏とブロイラーで異なることから、ブロイラーではユーグレナが筋肉や臓器の重量に及ぼす影響は比内地鶏とは異なる可能性がある。そのため、ユーグレナの給与がニワトリの発育や筋肉重量に及ぼす影響を明らかにするためには、今後更に詳細な検討が必要であろう。

ユーグレナの給与が色に及ぼす影響について

は、ユーグレナの添加割合が高まるにつれて卵黄のロッシュカラーファンの値が高まることが報告されているが(Choi *et al.*, 2004b), 本研究ではモモ肉の色および腹腔内脂肪色に有意な差は認められなかった(表5)。また、モモ肉中の一般成分についても各区間に有意な差は認められなかった(表6)。

比内地鶏のモモ肉中の脂肪酸含量を表7に示した。1.25%区は対照区と比較してラウリン酸、ペンタデカン酸、ヘプタデカン酸、2.5%区はラウリン酸、ミリスチン酸、ペンタデカン酸、ドコサヘキサエン酸含量が有意に高かった。Choi *et al.* (2004a) はユーグレナを配合飼料へ1%添加してもムネ肉中のドコサヘキサエン酸含有率に有意な増加は認められないが、ドコサヘキサエン酸を強化したユーグレナを配合飼料へ1%添加することによって、ムネ肉中のドコサヘキサエン酸含有率が増加することを報告している。また、Choi *et al.* (2004b) は採卵鶏へドコサヘキサエン酸を強化したユーグレナを配合飼料へ1%添加することによって、卵黄中のドコサヘキサエン酸含有率が増加することを報告している。

表7. ユーグレナの給与が比内地鶏のモモ肉の脂肪酸含量に及ぼす影響 (mg/100g)

		対照区	1.25%区	2.5%区
カプリン酸	C10: 0	1.0±0.0	1.0±0.0	1.0±0.0
ラウリン酸	C12: 0	2.6±0.2 ^a	4.6±0.4 ^a	5.8±0.6 ^a
ミリスチン酸	C14: 0	45.6±3.9 ^b	62.0±4.7 ^{ab}	78.0±7.7 ^a
ミリストレイン酸	C14: 1	8.4±1.1	8.4±0.9	12.0±1.6
ペンタデカン酸	C15: 0	4.4±0.2 ^b	8.6±0.9 ^a	10.8±1.0 ^a
パルミチン酸	C16: 0	1720.0±162.5	1520.0±106.8	1620.0±162.5
パルミトレイン酸	C16: 1	404±60.8	300±23.7	380±55.6
ヘプタデカン酸	C17: 0	8.2±0.4 ^b	11.6±0.9 ^a	10.4±0.8 ^{ab}
ステアリン酸	C18: 0	540±40.4	494±22.0	470±24.1
オレイン酸	C18: 1	3220.0±302.3	2860.0±180.6	2960.0±237.9
リノール酸	C18: 2 (n-6)	1220.0±86.0	1360.0±92.7	1144.0±84.5
α-リノレン酸	C18: 3 (n-3)	47.6±2.7	63.2±7.8	54.0±6.8
γ-リノレン酸	C18: 3 (n-6)	10.6±1.0	11.8±0.6	13.0±1.9
アラキジン酸	C20: 0	6.8±0.8	6.8±0.5	6.2±1.1
イコセン酸	C20: 1	22.0±3.4	23.4±3.9	23.0±4.2
イコサジエン酸	C20: 2 (n-6)	6.6±0.9	7.8±0.8	7.4±1.8
イコサトリエン酸	C20: 3 (n-6)	11.8±1.9	13.2±1.6	13.6±4.7
アラキドン酸	C20: 4 (n-6)	136.0±5.5	138.0±8.4	138.0±13.0
イコサペンタエン酸	C20: 5 (n-3)	3.2±1.1	4.0±1.0	5.0±2.7
ベヘン酸	C22: 0	2.4±0.6	2.8±0.5	2.2±0.5
エルカ酸	C22: 1	1.0±0.0	1.2±0.5	1.6±0.6
ドコサテトラエン酸	C22: 4 (n-6)	21.8±1.8	25.6±5.5	25.2±5.6
ドコサペンタエン酸	C22: 5 (n-3)	8.6±1.5	11.6±2.4	11.6±1.5
ドコサヘキサエン酸	C22: 6 (n-3)	36.0±2.2 ^b	39.6±1.5 ^{ab}	44.8±5.5 ^a
リグノセリン酸	C24: 0	3.2±0.5	3.8±0.8	3.4±0.6
飽和脂肪酸		2333.6±204.0	2114.4±134.1	2207.4±194.7
不飽和脂肪酸		5157.6±400.7	4867.8±299.0	4833.2±380.6
一価不飽和脂肪酸		3655.4±360.9	3193.0±206.5	3376.6±295.8
多価不飽和脂肪酸		1502.2±88.0	1674.8±96.4	1456.6±108.1
n-6/n-3比		16.2±0.8 ^a	14.7±0.5 ^{ab}	13.1±0.5 ^b

平均値±標準誤差 (n =5)

a, b 異符号間に有意差あり (P < 0.05)

本研究においてもモモ肉中のドコサヘキサエン酸含量はDHAの摂取量と正の相関 $y=0.1955+0.0212x$ ($R^2=0.835$)を示し(図2), 2.5%区ではドコサヘキサエン酸含量が有意に増加した。また, 本研究ではユーグレナに含まれる他の脂肪酸(ラウリン酸, ミリスチン酸, ペンタデカン酸)含量も有意に増加した。しかしながら, 1.25%区と2.5%区では対照区と比較して飼料中のオレイン酸含量は最も増加しているにもかかわらず, 有意な差は認められなかった。

Kiyohara *et al.* (2011) は基礎飼料に異なる油脂(パーム油, コーン油, アラキドン酸油脂)を添加した飼料を比内地鶏に給与した結果, モモ肉中のアラキドン酸含量やドコサヘキサエン酸含量が変動することを報告しているが, オレイン酸含量に有意な差は確認されていない。また, 比内地鶏へアラキドン酸含量の異なる油脂を添加した飼料を比内地鶏へ給与した結果, 添加量の増加とともにモモ肉中のアラキドン酸含量は有意に増加するが, 飼料中のオレイン酸含量が

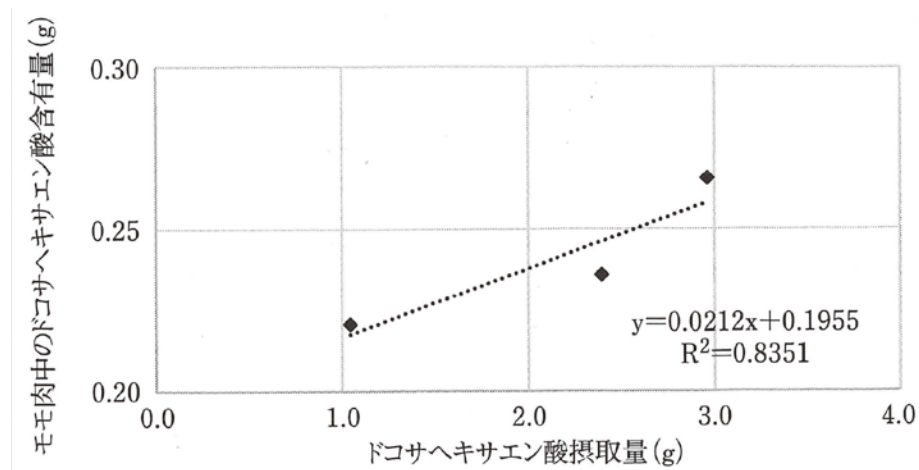


図2. ドコサヘキサエン酸の摂取量とモモ肉中のドコサヘキサエン酸含量の関係

増加してもモモ肉中のオレイン酸含量に有意な差は認められていない (カ丸ら, 2014). プロイラーにおいても同様の結果が Takahashi *et al.* (2012) によって確認されている. これらのことから, 飼料中の脂肪酸含量はそのままニワトリのモモ肉中の脂肪酸含量に反映するとは限らず, 脂肪酸代謝の違いがモモ肉中の脂肪酸含量に影響している可能性も考えられる. n-6/n-3 比については 2.5% 区が対照区より有意に低い値を示した. Choi *et al.* (2004a,b) は n-6/n-3 比については報告していないが, 脂肪酸組成の結果からユーグレナを添加することによって, 鶏肉中や卵黄中の n-6/n-3 比が低下していることが確認される. これらの結果は, ユーグレナを飼料に添加することによって, 肉中の脂肪酸含量や n-6/n-3 比を制御できることを示唆している.

以上の結果から, ユーグレナを比内地鶏へ給与することによって発育に大きな影響を及ぼさず, モモ肉中のドコサヘキサエン酸等の含量が高まることが示唆された.

謝 辞

本研究は, 株式会社ユーグレナが実施する「ローカルイノベーション誘発促進事業 (代表研究

機関: 株式会社ユーグレナ)」における共同研究として実施した.

本報告は日本家禽学会の許可を得て, 日本家禽学会誌, 第 56 巻第 J2 号 J55-J62 頁, 2019 年に掲載された論文を転載したものである.

引用文献

- Aemiro A, Watanabe S, Suzuki K, Hanada M, Uematsu K and Nishida T. Effects of *Euglena gracilis* supplemented to diet (forage : concentrate rations of 60 : 40) on the basic ruminal fermentation and methane emissions in *in vitro* condition. *Animal Feed Science and Technology*, 212 : 129-135. 2016.
- Aemiro A, Kiiru P, Watanabe S, Suzuki K, Hanada M, Uematsu K and Nishida T. Effects of *Euglena gracilis* supplementation on nutrient intake, digestibility, nitrogen balance and rumen fermentation in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 225 : 123-133. 2017.
- Choi SW, Paik IK and Park BS. Effect of dietary supplementation of fresh water algae *euglena* on the performance and fatty acid composition of breast muscle of broiler chickens. *Korean Journal*

- of Poultry Science,31 : 273-281.2004a (In Korean).
- Choi SW, Paik IK and Park BS. Effect of dietary supplementation of fresh water algae euglena on the performance and egg quality and fatty acid composition of egg in laying hens. Korean Journal of Poultry Science,31 : 283-291.2004b (In Korean).
- Dajana JK, Jelica BS, Olivera BB, Aleksandra CM, Ivan LM. Algae in food and feed, Food and Feed Research,40 : 21-31.2013.
- 林雅弘・戸田享次・三澤嘉久・北岡正三郎. エイコペンタエン酸およびドコサヘキサエン酸強化 *Euglena gracilis* の調製. 水産増殖, 41 : 169-176.1993a
- 林雅弘・戸田享次・米司隆・佐藤修・北岡正三郎. ユーグレナ *Euglena gracilis* による生物餌料の強化とマダイ仔魚に対する飼料価値. 日本水産学会誌, 59 : 1051-1058.1993b.
- Hayashi M and Toda K. Supplemental effects of *Euglena gracilis* in a casein diet for *Penaeus japonicus*. Asian Fisheries Science, 8 : 201-209.1995.
- 石崎靖朗・竹内俊郎・渡邊 武・三橋直人・今泉圭之輔. ドコサヘキサエン酸およびタイプと含量が異なるビタミンEを取り込ませたユーグレナ強化ワムシによるブリ仔魚の飼育試験. 水産増殖, 44 : 517-525.1996.
- 林雅弘・戸田享次・金澤昭夫・北岡正三郎. マダイおよびヒラメ仔魚に対する微粒子飼料への添加効果. 栽培漁業技術開発研究, 23 : 103-107.1995.
- 細谷圭助・北岡正三郎. *Euglena gracilis* タンパク質の人工消化実験およびネズミ飼育試験による栄養価の決定. 日本農芸化学会誌, 51 : 483-488.1977.
- 北岡正三郎. ユーグレナ. 生理と生化学. (北岡正三郎編). 第1版. 株式会社学会出版センター. 東京. 1989.
- 北岡正三郎・細谷圭助. *Euglena gracilis* タンパク質の栄養価決定のための培養条件の検討と細胞の一般成分およびアミノ酸組成. 日本農芸化学会誌, 51 : 477-482.1977.
- Kiyohara R, Yamaguchi S, Rikimaru K and Takahashi H. Supplemental arachidonic acid-enriched oil improves the taste of thigh meat of Hinai-jidori chickens. Poultry Science, 90 : 1817-1822.2011.
- Korn ED. The fatty acids of *Euglena gracilis*. Journal of Lipid Research, 5 : 352-362.1964.
- Marion JE. Effect of age and dietary fat on the lipids of chicken muscle. Journal of Nutrition, 85 : 38-44.1965.
- Matsumoto T, Inui H, Miyatake K, Nakano Y and Murakami K. Comparison of Nutrient in *Euglena* with those in other representative food sources. Eco-Engineering, 21 : 81-86.2009.
- 宮武和孝・南川美幸・中野長久・北岡正三郎. 培養条件によるユーグレナの高度不飽和脂肪酸組成の変動について. 日本栄養・食糧学会誌, 38 : 117-122.1985.
- Nakano Y, Urade Y, Urade R and Kitaoka S. Isolation, purification, characterization of the pellicle of *Euglena gracilis* Z. Journal of Biochemistry, 102 : 1053-1063.1987.
- 中野長久・宮武和孝・山地亮一・西澤垂利・重岡 成・細谷圭助・乾 博・渡辺文雄・榎本俊樹・竹中重雄. 原生物ユーグレナは閉鎖系生活空間において唯一の栄養源として機能する. CELSS 学会誌, 8 : 7-12.1995.
- 中野長久・宮武和孝・乾 博・穂波信雄・村上克介・金井謙二・辰巳雅彦・相賀一郎・近藤

- 次郎. 地球環境を閉鎖・循環型生態系として配慮した食糧生産システムー藻類（ユーグレナ）の食糧資源化に関する研究ー. CELSS 学会誌, 10 : 13-23.1998.
- 尾田 正・藤原志津・林 雅弘. ガザミ幼生に対するユーグレナの餌料効果. 栽培漁業技術開発研究, 23 : 95-101.1995
- Priyadarshani I and Rath B.Commercial and industrial applications of micro algae - A review .Journal of Algal Biomass Utilization, 3 : 89-100.2012.
- 力丸宗弘・清原玲子・山口 進・高橋大希・小松 恵・石塚条次・高橋秀彰. 高度不飽和脂肪酸と鶏肉のおいしさとの関連性の解明（第3報）ーアラキドン酸等油脂添加飼料が肉中のアラキドン酸含量に及ぼす影響ー. 秋田畜試研究報告,28 : 67-73.2014.
- 佐藤 守・吉中禮二・黒島良介・森本晴之・松岡良知・柳川和司・池田静徳. 養魚初期飼料としてのユーグレナの栄養評価ー I . *Euglena gracilis* の栄養成分に及ぼす培養条件の影響. 水産増殖,32 : 83-87.1984a.
- 佐藤 守・吉中禮二・黒島良介・森本晴之・松岡良知・柳川和司・池田静徳. 養魚初期飼料としてのユーグレナの栄養評価ー I . ニジマス稚魚に対するユーグレナ飼料の栄養価. 水産増殖,32 : 88-91.1984b.
- 重岡 成・大西俊夫・村上哲男・飯塚義富・中野長久・北岡正三郎. *Euglena* ワックス・エステルの上ラット生育と臓器に及ぼす影響. 日本栄養・食糧学会誌, 39 : 23-27.1986.
- Sugiyama A,Suzuki K,Mitra S,Arashida R,Yoshida E,Nakano R,Yabuta Y and Takeuchi T.Hepatoprotective effects of paramylon,a β -1,3-glucan isolated from *Euglena gracilis* Z,on acute liver injury induced by carbon tetrachloride in rats.Journal of Veterinary Medical Science,71 : 885-890.2009.
- Sugiyama A,Hata S,Suzuki K,Yoshida E,Nakano R,Mitra S,Arashida R,Asayama Y,Yabuta Y and Takeuchi T.Oral Administration of Paramylon,a β -1,3-glucan isolated from *Euglena gracilis* Z inhibits development of atopic dermatitis-like skin lesions in NC/Nga mice.Journal of Veterinary Medical Science,72 : 755-763.2010.
- Takahashi H,Rikimaru K,Kiyohara R and Yamaguchi S.Effect of Arachidonic acid-enriched oil diet supplementation on the taste of broiler meat.Asian Australasian Journal of Animal Sciences, 25 : 845-851.2012.
- Watanabe T,Shimada R,Matsuyama A,Yuasa M,Sawamura H,Yoshida E and Suzuki K.Antitumor activity of the β -glucan paramylon from *Euglena* against preneoplastic colonic aberrant crypt foci in mice.Food and Function,4 : 1685-1690.2014.