

乳清給与がブロイラーの成長と脂肪蓄積に及ぼす影響

金子国雄¹⁾⁴⁾・飛佐 学²⁾・古瀬充宏²⁾・大橋登美男³⁾

¹⁾ 福岡県立三池農業高等学校, 大牟田市 837-0904

²⁾ 九州大学大学院農学研究院, 福岡市 812-8581

³⁾ 九州栄養福祉大学, 北九州市 803-8511

⁴⁾ 福岡県立八女農業高等学校, 八女市 834-0031

3週齢以降のブロイラーに乳清を添加した飲料水(乳清水)を7週間与え, 成長, 飼料摂取量, 産肉量および内臓重に及ぼす影響について検討した。乳清水の調製は水道水と乳清を0, 25, 50ならびに100%置換混合した。

成長は乳清の給与量が25%では増加, しかし50%以上で低くなる傾向を示した。飼料摂取量は対照区に対して乳清給与区で減少した。飼料要求率も乳清給与が増加するにしたがい低くなった。

飲水量は乳清水25%区と100%区が多くなり, 対照区に対して8.8%と46.2%の増加となった。

胸肉・もも肉・ささみを合計した正肉三品量は, 乳清水25%区で高く, 生体重で得られた結果を反映したが, 正肉三品歩留(屠体重に対する正肉三品の割合)では差は認められなかった。

腹腔内脂肪率は乳清混合量が多くなるにしたがい低くなり, ブロイラーの腹腔内脂肪と体重との間には正の相関関係($r=0.631$)が確認された。

血液中成分では, 乳清給与区の総タンパク質, 総コレステロール及びカルシウムが有意に高い値または高い傾向となった。

本実験の結果から, 適量の乳清(乳清水25%)給与はブロイラーの成長をわずかに改善し, 腹腔内脂肪の蓄積を抑制することが認められた。

キーワード: 乳清, ブロイラー, 成長, 脂肪蓄積, 乳糖

緒 言

乳清(ホエー)は, チーズ, クリーム等の製造時, あるいは限外ろ過による乳濃縮時に生じる副産物であり, その生産量は年々増加の傾向にある。そのため, この乳清の利用はかなり以前から検討されている。これまでは, ホエーパウダー(De Wit, 1989)やホエーシロップ(Mahoney, 1985)に調製して各種の食品に利用されてきた。特に近年は機能性食品素材としての研究開発が行われている。しかし, 依然としてかなりの量が廃棄されており, 環境浄化は元より飼料原料を輸入に頼る我が国においては副産物の有効利用の面から今後さらなる検討が望まれる。著者らは, 水道水と乳清を一定割合に混合して調製した乳清水を一定期間ブロイラーに給与し, 肉の物性(金子ら, 2000)や官能検査(金子ら, 2001)について報告したが, 今回は, 成長, 飼料摂取量, 産肉量

及び内臓重等について検討を行ったのでここに報告する。

材料及び方法

ブロイラー雄(チャンキー)36羽を粗蛋白質含量22%, 代謝エネルギー3,150 kcal/kgの市販ブロイラー前期用飼料(協同飼料株式会社)で育成し, 3週齢時に各区の体重が等しくなるように9羽ずつ4区に区分した。その後, 粗蛋白質含量18%, 代謝エネルギー3,170 kcal/kgの市販ブロイラー後期用飼料(協同飼料株式会社)を自由摂取させた。飼育は開放型平飼舎で行い, 1区の面積は1.8m²(1.0m×1.8m)とした。

乳清水の調製は乳清を水道水に0%(対照区), 25%(乳清水25%区), 50%(乳清水50%区)及び100%(乳清水100%区)置換混合し, 給水器(6号:ダイカポリマー株式会社)を給水台の上に置き鶏の成長に合わせて給水台の高さを調整し, 必要に応じて給水器を増加した。また飲水のこぼれに関して測定は行っていないが,

2003年8月5日受付, 2003年9月25日受理

連絡者: 金子国雄

こぼれの量は全区で同じと考えて処理した。実験期間中の飲水は自由摂取とした。

体重は毎週測定した。飼料摂取量は1週毎に測定し、また飲水量は毎日給与量と残量を測定し算出した。10週齢の体重測定時に翼下静脈より採血し、10分間遠心分離(2,220×g)し血清を採取し、血清タンパク質(ATAGO SPR-T12; 株式会社アタゴ)、総コレステロール(データミナー TC555: 協和発酵株式会社)、HDLコレステロール(HDLコレステロールテストワコー: 和光製薬株式会社)、中性脂肪(トリグリセライドGテストワコー: 和光製薬株式会社)、リン脂質(フォスフォリピッドBテストワコー: 和光製薬株式会社)、カルシウム(カルシウムIIHAテストワコー: 和光製薬株式会社)の測定に供試した。

10週齢時に17時間絶食させ、途中棄却4羽(体重測定時に脱臼した個体と雌個体の計)、斃死1羽を除いた生存の全羽数(31羽)を定法にしたがって解体し、屠体重、正肉量(胸肉、もも肉、ささみ)、内臓重(肝臓、腹腔内脂肪)を計量した。

実験に供した乳清の成分測定は、水分については常圧加熱乾燥法(堀井, 1971)、他の一般成分は倉田・林(1971)に則して粗蛋白質はケルダール法、粗脂肪はソックスレー抽出法、粗灰分は直接灰化法を用い測定した。その他乳清の成分として粗繊維は1.25%硫酸及び1.25%水酸化ナトリウム液で処理後に灰分量を差し引いて、可溶無窒素物は100からその他(水分+粗蛋白質+粗脂肪+粗繊維+粗灰分)を差し引いて求めた。乳清中の糖(グルコース、スクロース、ラクトース)はタンパク質沈殿除去後、上清をメンブランフィルター(0.45 μm)でろ過し高速液体クロマトグラフ法(HPLC, 島津製作所製, カラム: SHODEX NH2P-50, カラム温度: 30°C, 移動相: 75%アセトニトリル水溶液, 流速: 1.0 ml/分, 検出: 示差屈折計)により定量した(Asano *et al.*, 2003)。無機物(カルシウム, カリウム, ナトリウム, マグネシウム, 鉄, マンガン, 銅, 亜鉛)は乾式灰化(200°Cから50°Cずつ500°Cまで徐々に加熱, 500°Cで数時間加熱)後、原子吸光度法により測定(串崎・木内, 1975, 伊藤, 1975)、リンは乾式灰化後、バナドモリブデン酸比色法(岡部, 1975)で測定した。

結果の有意差の検定は、分散分析の後にダンカンの新多重範囲検定(新城, 1996)で行った。

結果及び考察

今回実験に供した乳清の成分は表1に示したとおりであり、畜産用語辞典(1983)では乳清中の固形分は6~7%で、主成分は乳糖であり、そのほかに少量の蛋白質

(ホエー蛋白質)、灰分、脂肪、水溶性ビタミン類も含まれるとし、優れた栄養分を含んでいる。

4週齢から10週齢までの体重の推移は、表2に示したとおりであり、体重は4週齢からすでに乳清の量が多くなると低くなる傾向を示した。8週齢においては乳清水25%区が高くになり、10週齢での乳清水100%区に対して体重差は約520gで有意な差となった。この結果より乳清の混合量の調整によりブロイラーの増体重が増減することが示唆された。

4週から10週までの1羽当たりの増体重、飼料摂取量、飼料要求率は表3に示したとおりである。増体重に関しては乳清水100%区が乳清水25%区、対照区に対して有意に低い値を示した。飼料摂取量は対照区に対して乳清水25%区-11.7%、乳清水50%区は-17.2%、乳清水100%区は-22.6%の減少を示した。飼料要求率は、対照区>乳清水25%区>乳清水50%区>乳清水100%区の順となり、乳清の増加にともなって飼料要求率は改善され、対照区と乳清水100%区の間では0.34の差となった。乳清の摂取が飼料の有効利用に働くと考えられる。この詳細に関しては不明であるが乳清のエネルギーやミネラルが関与した可能性がある。飲水量は乳清水100%区>乳清水25%区>対照区>乳清水50%区の順となり乳清水100%区の飲水量は対照区に比して1日当たり173mlで約1.5倍の増加となった。乳清水100%区の飲水はブロイラーにとっては塩水を飲水したのと同じように高浸透圧による「乾き」が促進された結果と考えられる。著者らは乳清水100%と水道水を個別に給与し自由飲水させた結果、水道水を好んで飲水し乳清水100%の嗜好性は低くなることも確認している(未発表データ)。

屠体重、正肉量ならびに各部位の重量を表4に示した。屠体重は10週齢時の生体重と似た様な結果となった。正肉三品(胸肉、もも肉、ささみ)は乳清の混合量が多くなるにしたがい軽くなった。しかし、各区ごとの屠体重に対する正肉三品の歩留(相対重量%)で見ると各実験区間に有意な差は見られなかった。肝臓の大きさには有意な差はみられなかったが、屠体重に対する肝臓の相対的体重(屠体重100g当たり)は、乳清水100%区1.96%>乳清水50%区1.79%>対照区1.70%>乳清水25%区1.69%となり、乳清の混合量が多くなると高い数値を示す傾向がみられた。腹腔内脂肪量は乳清の混合量が増加すると、体重の結果と同様に減少した。屠体重に対する腹腔内脂肪の重量割合は乳清水25%区が有意に低くなった。対照区に対する屠体重の減少割合は、乳清水25%区+2.7%、乳清水50%区-4.2%、乳清水100%区-10.4%となるのに対して、腹腔内脂肪の減少割合は乳清水25%区-22.7%、乳清水50%区-33.2%、乳清水

表 1. 乳清成分
Table 1. Composition of whey

成分	Ingredients		
水分	(%)	Water ¹⁾	93.1
粗蛋白質	(%)	Crude protein ²⁾	0.4
粗脂肪	(%)	Crude fat ³⁾	0.7
粗繊維	(%)	Crude fiber ⁴⁾	0.0
可溶無窒素物	(%)	Nitrogen free extract ⁵⁾	5.3
粗灰分	(%)	Crude ash ⁶⁾	0.5
グルコース	(mg/g)	Glucose ⁷⁾	9.89
スクロース	(mg/g)	Sucrose ⁷⁾	0.74
ラクトース	(mg/g)	Lactose ⁷⁾	37.82
カルシウム	(mg/g)	Calcium ⁸⁾	0.18
リン	(mg/g)	Phosphorus ⁹⁾	0.39
カリウム	(mg/g)	Potassium ⁸⁾	1.63
ナトリウム	(mg/g)	Sodium ⁸⁾	0.48
マグネシウム	(mg/g)	Magnesium ⁸⁾	0.07
鉄	(mg/g)	Iron ⁸⁾	0.22
マンガン	(mg/g)	Manganese ⁸⁾	0.02
銅	(μ g/g)	Copper ⁸⁾	0.08
亜鉛	(μ g/g)	Zinc ⁸⁾	0.05

¹⁾ 常圧加熱乾燥法。Drying by heating under atmospheric pressure method.

²⁾ ケルダール法。Kjeldahl method.

³⁾ ソックスレー抽出法。Soxhlet extraction method.

⁴⁾ 1.25% 硫酸及び 1.25% 水酸化ナトリウム液で処理後灰分量を差し引く。
Subtract the ash quantity after handling with 1.25% H₂SO₄ and 1.25% NaOH liquid.

⁵⁾ 100-(水分+粗蛋白質+粗脂肪+粗繊維+粗灰分)。
100-(water+crude protein+crude fat+crude fiber+crude ash).

⁶⁾ 直接灰化法。Direct incineration method.

⁷⁾ 高速液体クロマトグラフ法。High performance Liquid chromatography.

⁸⁾ 原子吸光光度法。Atomic absorption method.

⁹⁾ バナドモリブデン酸比色法。Vanadomolybdc acid colorimetry method.

表 2. 乳清水の給与がブロイラー雄の体重に及ぼす影響

Table 2. Effects of whey water on growth performance of male broilers

週 齢	対照区	乳清水 25% 区	乳清水 50% 区	乳清水 100% 区
羽 数 No. of birds	9	7	7	8
4	1232±63a ^{1,2)}	1177±70a	1154±87a	1038±67b
6	2514±151a	2493±200a	2356±272ab	2178±250b
8	3913±450a	4010±212a	3649±350ab	3421±382b
10	4970±386ab	5064±251a	4800±439ab	4544±479b

¹⁾ 平均値±標準偏差。

Mean±Standard deviation.

²⁾ 異符号を付した平均値には区間で有意差あり (p<0.05)。

Values within a row with different alphabetical script show the significant difference (p<0.05).

表 3. 乳清水の給与がブロイラー雄の増体重, 飼料摂取量, 飼料要求率及び飲水摂取量に及ぼす影響

Table 3. Effect of whey water on body weight gain, feed intakes, feed conversion ratios and drinking water intakes of male broilers

週 齢 Week of age	対照区	乳清水 25% 区	乳清水 50% 区	乳清水 100% 区
羽 数 No. of birds	9	7	7	8
増体重 (g/週/羽) Body weight gain (g/week/bird)				
4-10	610±211ab ^{1,2)}	625±151a	587±183ab	548±197b
飼料摂取量 (g/週/羽) Feed intake (g/week/bird)				
4-10	1405	1241	1163	1087
飼料要求率 (g/週/羽) Feed conversion ratio (g/week/bird)				
4-10	2.30	2.10	2.01	1.96
飲水摂取量 (ml/週/羽) Drinking water intake (ml/week/bird)				
4-10	2620	2850	2600	3830

¹⁾ 平均値±標準偏差。

Mean±Standard deviation.

²⁾ 異符号を付した平均値には区間で有意差あり (p<0.05)。

Values within a row with different alphabetical script show the significant difference (p<0.05).

表 4. 乳清水の給与がブロイラー雄の各部位重量に及ぼす影響

Table 4. Effect of whey water on carcass part weights of male broiler

実験区	対照区	乳清水 25% 区	乳清水 50% 区	乳清水 100% 区
羽 数 No. of birds	9	7	7	8
屠体重 Carcass weight (g)	4739±318a ^{1,2)}	4866±279a	4540±286ab	4245±491b
正肉三品 ³⁾ Breast·Thigh·M. pectoralias superficialis weight (g)	2365±179a	2468±174a	2227±206ab	2096±300b
正肉三品歩留 ⁴⁾ Breast·Thigh·M. pectoralias superficialis Dressing percentage (%)	49.9± 1.2	50.8± 3.8	49.0± 3.0	49.3± 2.5
肝 臓 Liver (g)	81± 8.0	82±10.2	81±13.4	82± 8.6
相対的肝臓重量 ⁵⁾ Relative Liver weight (g)	1.70±0.11b	1.69±0.24b	1.79±0.29ab	1.96±0.18a
腹腔内脂肪量 Abdominal fat (g)	154±33a	119±29ab	103±30bc	78± 48c
腹腔内脂肪率 ⁶⁾ Abdominal fat rate (%)	3.26±0.72a	2.45±0.59b	2.27±0.64b	1.75±0.94b

¹⁾ 平均値±標準偏差。

Mean±Standard deviation.

²⁾ 異符号を付した平均値には区間で有意差あり (p<0.05)。

Values within a row with different alphabetical script show the significant difference (p<0.05).

³⁾ 正肉三品は胸肉, もも肉, ささみの合計重量。

Total weight of Breast, Thigh, M. pectoralias superficialis.

⁴⁾ 正肉三品率は正肉三品/と体重×100。

Breast·Thigh·M. pectoralias superficialis weight/Carcass weight×100.

⁵⁾ 相対的肝臓重量は(肝臓/屠体重)×100。

(Liver /carcass weight)×100.

⁶⁾ 腹腔内脂肪率は腹腔内脂肪/屠体重×100。

Abdominal fat /carcass weight×100.

表 5. 乳清水を給与したブロイラー雄の血清成分 (mg/dl)

Table 5. Effect of whey water on serum concentration of protein, lipids and calcium in male broilers (mg/dl)

血清中成分 serum concentration of solutes	対照区	乳清水 25% 区	乳清水 50% 区	乳清水 100% 区
羽 数 No. of bird	9	7	7	8
総タンパク質 Total protein	3.4 ± 0.4b ^{1,2)}	4.3 ± 0.3a	4.0 ± 0.3a	4.0 ± 0.2a
総コレステロール Total cholesterol	136 ± 16b	148 ± 23ab	144 ± 14ab	154 ± 15a
HDL コレステロール HDL cholesterol	90 ± 8	89 ± 10	94 ± 7	96 ± 12
中性脂肪 Triacylglycerol	40 ± 8	42 ± 12	39 ± 6	38 ± 6
リン脂質 Phospholipid	280 ± 37	272 ± 35	275 ± 24	270 ± 24
カルシウム Calcium	8.3 ± 0.6b	10.4 ± 1.3a	9.3 ± 0.7ab	9.9 ± 2.0a

¹⁾ 平均値 ± 標準偏差。

Mean ± Standard deviation.

²⁾ 異符号を付した平均値には区間で有意差あり (p < 0.05)。

Values within a row with different alphabetical script show the significant difference (p < 0.05).

100% 区 - 50.6% となり、屠体重よりも腹腔内脂肪における減少割合が大幅に高くなった。このことから、乳清の給与は体脂肪（腹腔内脂肪）蓄積の増減に何らかの影響を与えることが示唆された。ブロイラーの腹腔内脂肪と体重との間には有意な相関関係が成り立つことが、Akiba *et al.* (1986) によって示されている。今回の実験においても高い相関関係 ($r=0.631$) が確認された。

乳清給与ブロイラーの血液中成分は表 5 に示したとおりである。蛋白質は乳清給与区が有意に高くなった。総コレステロールは対照区が乳清水 100 区に対して有意に低い値となった。Nagaoka *et al.* (1991) はラットに乳清タンパク質濃縮物を給与すると血清コレステロールが低下することを報告しているが、今回の乳清そのものを用いた実験では一致する結果とはならなかった。また、HDL コレステロール、中性脂肪、リン脂質については大きな変化は認められなかった。カルシウムは乳清給与区の値が有意に高いか高くなる傾向となった。

乳清中に最も多く含まれる乳糖の生理作用は、腸管からのカルシウムの吸収促進があり、腸での吸収が遅いことが大腸で有機酸を産生するビフィズス菌等の腸内細菌を増殖させ、腸内の有害菌を抑制する働きをする (高橋, 2001) とされ、本実験においても飼料、乳清中のカルシ

ウムの吸収が促進されたために表 5 に示した血清中カルシウム濃度が高くなったと考えられる。

Lin *et al.* (2000) は正常体重 (63 kg) の女性が 1 日当たり 1,000 mg のカルシウムを主に乳製品から摂取すると体脂肪が減少することを報告している。Zemel *et al.* (2000) は遺伝性肥満マウスを使用した実験で、粉ミルクとカルシウムを合わせて摂取すると体脂肪蓄積の減少効果が大きく、またカルシウム摂取量が高くなると、体温が上昇しエネルギーが熱として発散され、脂肪蓄積が減少されることを報告している。本実験の結果から、適量の乳清 (25%) の給与はブロイラーの成長および屠体重の増加を示す傾向となった。また、腹腔内脂肪の蓄積は乳清給与区が対照区に対して有意に小さくなり乳清の給与は体脂肪 (腹腔内脂肪) の蓄積を抑制する効果が示された。実際のブロイラー経営では乳清量の増加は成長の抑制や乳糖の大量摂取による下痢による敷料の汚れなどの衛生面を考慮する必要がある、飲料水への添加量は 25% 程度が適当と考えられる。今後は乳清給与がブロイラーの肉質、肉成分に与える影響について検討が必要であろう。

本研究を行うに際し、乳清の提供とともにご助言を頂いたオーム乳業株式会社に感謝の意を表します。

引用文献

- Akiba Y, Miura H, Horiguchi M, Yanai K, Saito S. and Ohkawara H. Excessive deposition of abdominal fat, cellularity of adipose tissues and occurrence of fatty liver in female broilers of five strains. *Japanese Poultry Science*, 23 : 319-325. 1986.
- Asano Y, Tobisa M, Shimojo M and Masuda Y. Amylase activities and carbohydrate contents in stems and roots of phasey bean (*Macroptilium lathyroides* (L.) Urb.) after defoliation. *Grassland Science*, 49 : 16-22. 2003.
- 畜産用語辞典. 日本畜産学会編. 193 頁. 養賢堂. 東京. 1983.
- De Wit JN. *Developments in Dairy Chemistry-4*. pp 323-345. Fox PF, ed. Elsevier Applied Science Publishers. London and New York. 1989.
- 堀井 聡. 動物栄養試験法 (森本 宏 監修). 282-286 頁. 養賢堂. 東京. 1971.
- 伊藤秀文. 栽培植物分析測定法 (作物分析法委員会編). 73-86・96-99 頁. 養賢堂. 東京. 1975.
- Lin Y -C, Lyle RM, McCabe LD, McCabe GP, Weaver CM and Teegarden D. Calcium intake effects on two year changes in body composition in young women. *Journal of the American College of Nutrition*, 19 : 754-760. 2000.
- Mahoney RR. *Developments in Dairy Chemistry-3*. pp 69-109. Fox PF, ed. Elsevier Applied Science Publishers. London and New York. 1985.
- Nagaoka S, Kanamaru Y and Kuzuya Y. Effect of whey protein and casein on the plasma and liver lipids in rats. *Agricultural and Biological Chemistry*, 55 : 813-818. 1991.
- 金子国雄・山崎光一・農 新介・長田貞之・永利嘉浩・武田 博・大橋登美男. 乳清水給与ブロイラー肉の物性. *西日本畜産学会報*, 43 : 77-79. 2000.
- 金子国雄・山崎光一・井上真也・古川すみ世・松岡玲子・古賀利衣・農 新介・長田貞之・永利嘉浩・大橋登美男. 乳清水給与ブロイラー肉の官能検査. *西日本畜産学会報*, 44 : 97-98. 2001.
- 倉田陽平・林弥太郎. 動物栄養試験法 (森本 宏 監修). 286-297 頁. 養賢堂. 東京. 1971.
- 串崎光男・木内知美. 栽培植物分析測定法 (作物分析法委員会編). 59-63 頁. 養賢堂. 東京. 1975.
- 岡部達雄. 栽培植物分析測定法 (作物分析法委員会編). 69-73 頁. 養賢堂. 東京. 1975.
- 新城明久. *新版生物統計学入門*. 55-56 頁. 朝倉書店. 東京. 1996.
- 高橋 毅. *乳の科学* (上野川修一 編集). 118-119 頁. 朝倉書店. 東京. 2001.
- Zemel MB, Shi H, Greer B, Dirienzo D and Zemel PC. Regulation of adiposity by dietary calcium. *FASEB Journal*. 14 : 1132-1138. 2000.

Effects of Whey on Growth and Lipid Accumulation in Broilers

Kunio Kaneko¹⁾⁴⁾, Manabu Tobisa²⁾, Mitsuhiro Furuse²⁾ and Tomio Ohashi³⁾

¹⁾ Miike Agricultural High School, Oomuta-shi 837-0904

²⁾ Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University,
Fukuoka-shi 812-8581

³⁾ Kyushu Nutrition Welfare University, Kitakyushu-shi 803-8581

⁴⁾ Yame Agricultural High School, Yame-shi 834-0031

Broilers were given water containing varying levels (0, 25, 50 and 100%) of whey ad libitum from 3 to 10 weeks of age. Growth, feed intake, dressing meat and giblets weight were determined. Body weight at 10 weeks of age decreased with more than 50% whey, but not 25% whey. Feed intake of whey at 25, 50 and 100% decreased (-11.7%, -17.2%, -22.6%) compared with control. Drinking water intake at 25 and 100% whey increased (8.8% and 46.2%). The difference in feed conversion between the control and 100% whey groups was 0.34. Dressing percentage of total breast and thigh meats in broilers drank the 50 or 100% whey showed the lowest value.

Abdominal fat weight decreased as the increase of whey and was well correlated with body weight ($r=0.63$).

Serum total protein, total cholesterol and calcium increased with whey intake.

The results obtained here suggested that supplements of whey to broiler somewhat improved growth of broiler at 25% level, but simultaneously reduces abdominal fat.

(Japanese Journal of Poultry Science, 41 : J1-J7, 2004)

Key words : whey, broiler, growth, lipid accumulation, lactose