

家禽における有機酸塩類の利用に関する研究

I. 雛の生育ならびに血中成分におよぼす クエン酸塩およびクエン酸麩給与の影響

富田 裕一郎・山田 晃
林 国興・武元 和郎*

(1973年8月25日受理)

Studies on the Utilization of Organic Acid Salts in Domestic Fowls

I. Effects of Dietary Citrates and Black Aspergilli-Koji on the Growth and Blood Levels of Some Constituents in the Growing Chicks

Yuichiro TOMITA, Akira YAMADA, Kunioki HAYASHI,
and Kazuo TAKEMOTO*
(Laboratory of Animal Nutrition)

有機酸類は通常家禽の飼料にも少量ではあるが含まれ、体内で代謝されると完全に酸化されエネルギー源として利用される。しかし、量的に少ないので熱量源としての価値は大きくないと云われている。また、経験的ではあるが、食酢やクエン酸等の有機酸が成長促進あるいは耐病性の増大をもたらす、生産性を高めると云われている。新エネルギー資源の開発を目的として、農水産物以外の化学工業製品を家禽飼料として利用する試みや、生産性増進を目的とした添加物の研究は数多くなされ、多くの報告がある。エネルギー源としてはプロピレングリコール^{1,2)}などの研究が、添加物としては抗生物質^{3,4)}等がよく知られている。しかし、この有機酸の利用に関する研究は極めて少ない。

有機酸のエネルギー源としての利用可能性に関しては、吉田ら⁵⁾の雛による試験があり、ジ-およびトリカルボン酸ではコハク酸、フマル酸、酒石酸およびクエン酸がある程度利用されることを報告している。一方、雛の耐病性については、辺津賀⁶⁾が乳酸菌乳に雛コクシジウム症の発生を予防し、育雛率を向上させる傾向のあることを報告している。また、有機酸の飼養学的研究報告として、同じく辺津賀が⁷⁾乳酸、酢酸およびクエン酸では、クエン酸2.4%および3.0%の区で増体率を増す傾向のあることを明らかにしている。産卵鶏についてみると、倉田ら⁸⁾は醸造酢が産卵に好結果をもたらすと述べている。さらに、最近新室

素源として非蛋白態窒素の利用に関する研究も数多く報告されているが、家禽類についてはクエン酸アンモニウム塩^{9,10)}が注目されている物質の一つでもある。

本研究は、以上の点を考慮して、エネルギー源として利用の可能性があり、また成長促進あるいは耐病性、産卵への効果等生産性の増大をもたらすと考えられ、さらにアンモニウム塩は窒素源として利用される可能性の予想されるクエン酸に着目し、家禽に対する生育、産卵その他の生理的影響について検討を加え、これらを明らかにすることを目的としたものである。

本報告は、この基礎的研究としてクエン酸、クエン酸塩類およびクエン酸麩を飼料に添加した時の影響について検討を加えたもので3回の実験よりなっている。実験1では、クエン酸とそのナトリウム塩およびカルシウム塩、さらにクエン酸麩の雛生育ならびに血中成分におよぼす影響について試験した。クエン酸麩に関する検討は、通常、養鶏飼料には大麦は利用されていないが、特に大麦を原料としたクエン酸麩を調製してその利用性を知るために行なったものである。また、麩にはクエン酸として11.8%の酸が含まれていたが、尾崎¹¹⁾は飼料に5%の酢酸を加えたときラットの発育は遅滞し、10%では斃死することを報告し、芦田¹²⁾らもラットでC₂~C₁₁のジカルボン酸では飼料中に5%デンプンと置換えたとき対照区より成長効果が悪いことを認めているので、酸の過多が当然考えられる。しかし、麩の形で給与したときに、どの程度これが緩和されるかについて、知ることをも目的と

* 日本配合飼料株式会社

したものである。

実験-2は実験-1の結果に基づき麩の生育阻害因について明らかにするため、実験-3ではクエン酸ナトリウム塩の影響について試験したものである。

実験の部

1. 実験動物および飼育方法

1) 実験動物：ブロイラー専用種ピルチ初生雄雛の集団より、それぞれ体重の均一のものを選抜し、実験-1では88羽を7区に、実験-2では30羽を5区に、実験-3では32羽を1週間予備飼育後、4羽を殺し、カルシウム量測定のため血漿を採取し、残りを4区に分けた。

2) 飼育方法：各試験区の雛は、温度調節した育雛用バッテリーで25日間飼育し、後群飼ケージに移し、室温（平均25°C）で各区飼育した。育雛器内温度は、FREEMANの方法¹³⁾に基づき37°Cから徐々に低下させて25日令で25°Cになるようにした。

2. 供試飼料およびクエン酸塩類

1) 基礎飼料：市販のブロイラー用幼雛用飼料を基礎飼料-Iとし、1日令から21日令まで、中雛用を基礎飼料-IIとして、22日令以降用いた。

2) クエン酸麩：川原ら¹⁴⁾によって開発された方法を適用して、クエン酸生産力の強い黒カビを用い醗酵させた蒸煮大麦で、これを乾燥粉碎したものである。本麩には酸を11.8%含むが検索の結果クエン酸以外の酸はほとんど認められなかった。また、本麩は昭和化工株式会社より恵与をうけたものである。

3) 大麦：クエン酸麩調製に用いたものと同じ大麦を粉碎したものである。

4) クエン酸およびクエン酸ナトリウム、カルシウム塩は試薬1級品を用いた。

基礎飼料、クエン酸麩および大麦の分析結果を表-1に示した。

3. 実験区分および飼養条件

実験区分および給与飼料については表-2に示した通りである。

1) 実験-1：基礎飼料-Iを21日令まで、-IIを22日以降給与した対照のC-1区他に、基礎飼料に重量で1%相当量のクエン酸およびそのナトリウム、カルシウム塩を添加したCA区、Na区、Ca区をもうけた。また、21日令までは基礎飼料-Iを与え、22日令以降クエン酸麩にカゼインと大豆油を加え、粗蛋白質(C.P.)20.0%、粗脂肪(fat)5.7%としたものに切替えたC-K区、基礎飼料にクエン酸麩を50%の割合で

混合し、飼養開始時より与えたC+K区とクエン酸麩のみのK-1区の計7区を役立たした。K-1区は16日令までクエン酸麩のみを給与したが、生育が極めて不良であったので17日令以後カゼインと大豆油を補足し、C.P.22.0%、fat5.0%として試験した。

尚、基礎飼料以外には、リン酸タイロシン、塩酸テトラサイクリン、デコキネート、硝酸ジメチアリウム、フラゾリドン、ビタミン混合剤、ミネラル混合剤および炭酸カルシウムを添加した。

2) 実験-2：大麦にカゼイン、大豆油を補足しC.P.を28.0%およびfatを6.5%として実験-1の基礎飼料より高い価として給与したBPF区と麩と同じくカゼインと大豆油を加えたKPF区、また大麦にクエン酸を11.8%量加えたBCA区、大麦のみのB区および麩のみのK-2区の計5区を設け比較試験した。

実験-1および-2では飼料、飲水共自由に摂取させた。

3) 実験-3：孵化後1週間基礎飼料-Iで予備飼育後、4区に分け、基礎飼料のみを給与する対照のC-3区他に、クエン酸三ナトリウム1.5%添加の1.5%区3.0%添加の3%区および5.0%添加の5%区として試験した。実験-3では何れも飼料に60%の水を加え、練餌として給与した。尚、給与は最少摂取量区と等量の飼料を他区に給与し、各区の飼料摂取量を等しくさせるpair feedingをとり、4週までは各区共、同量給与した。しかし、5週令以降は5%区のみは不断給餌とし、他の3区のみをpair feedingとした。

4. 測定項目

- 1) 体重：毎週1回測定
- 2) 飼料摂取量：各区ごとに毎日測定
- 3) 飲水量：実験-3のみ、4週令から毎日測定
- 4) 血漿中全カルシウム量および透析性カルシウム量：採血は翼下静脈より行ない、柳沢法¹⁵⁾により測定
- 5) 血中ピルビン酸および α -ケトグルタル酸量：清水・島菌法¹⁶⁾により測定
- 6) 血中クエン酸量：¹⁷⁾
- 7) 解体成績：実験-3のみ測定

結果および考察

基礎飼料、麩および大麦の一般分析結果は表-1に示した通りであるが、麩と大麦はC.P., fat, 粗灰分が基礎飼料の約1/2~1/3と少なく、可溶性無窒素物が多いことが明らかである。また、麩の原料として用いた大麦は、麩よりC.P., fatが少なく栄養価が劣るも

Table 1. Chemical analysis of basal diets, black aspergilli-koji and barley.

	Basal diet-I ¹⁾	Basal diet-II ²⁾	Black Aspergilli-koji ³⁾	Barley
Moisture	12.41%	12.27%	11.07%	8.99%
Crude protein	22.71	20.53	13.27	10.98
Crude fat	5.12	5.72	3.47	2.18
Crude fiber	2.26	2.20	3.53	1.75
Crude ash	5.01	5.02	1.19	1.52
Nitrogen free extract	52.49	54.26	66.77	74.54

1) : Commercial broiler feed : used for chicks from 1 to 21 days of age.

2) : Commercial broiler feed : used for chicks from 22 days of age.

3) : Cooked barley fermented with black aspergilli, a strain exhibited strong citric-acid-producing-activity.

のと考えられる。これは、菌の増殖によるもので当然であろうし、また、この他に消化性の変化も考えられるが、今回はこれらの点はとくに考慮せず、実験-1および-2で麩、大麦を用いた区にカゼイン、大豆油を添加し、これらのレベルを同一にして試験した。

1. クエン酸、その塩類摂取量、事故鶏発生数、生育および飼料摂取量について

実験-1、-2および-3におけるクエン酸あるいはクエン酸塩類の摂取量および事故鶏の発生数を表-2に、増体量、最終体重、飼料効率および飼料摂取量を表-3に示した。

(1) 実験-1

a) クエン酸および塩類摂取量と事故鶏

クエン酸あるいは塩の摂取量は週令を重ねるごとに増すが、これは飼料摂取量の増加に当然比例することである。しかし、体重当りの酸あるいは塩の摂取率は1%のクエン酸添加区(CA区)、ナトリウム塩添加区、(Na区)およびカルシウム塩添加区(Na区)では何れも0.8%以下で6週令時には0.5%に相当し、7週間で全摂取量は30gm前後であった。6週令でNa区に素のう炎、Ca区に関節炎の事故鶏が認められたが、対照のC-1区でも素のう炎の事故鶏が1羽認められ、この事故が特にナトリウム塩あるいはカルシウム塩によるものとは考えられず、何れも淘汰し試験より除外した。

一方、4週令以後基礎飼料から麩に切換えたC-K区では、クエン酸の摂取率は体重の6-8%であり、4-7週令までの摂取量はクエン酸として215gmであったが、死亡鶏の発生を見なかった。これに対し、基礎飼料と麩の混合区C+K区では、およそ4~5%で1-7週令までの全期間で156gmの酸を摂取したことになるが、3および4週令時に1羽ずつの飢餓による死亡鶏

の発生を見た。このことは生育初期における栄養状態が影響していることを示していると考えよう。また、麩のみを与え、16日令以後カゼインおよび大豆油でC.P. 22.0% fat 5.0%したものを給与したK-1区は3週令時に50%の斃死率を示し、5週令時には14羽中1羽生存していたに過ぎなかった。これらは何れも筋胃中に飼料はほとんど含まれず飢餓死であった。しかし、*Aspergillus* 属にはAflatoxinのように発癌性を有し、かつ急性毒性を示す物質を生産する菌株も存在する¹⁸⁾ので、通常黒カビにはこのようなMycotoxinの産生はないと云われているが、この疑点も残らぬわけではない。

b) 生育および飼料摂取量

クエン酸塩類を添加したCA、NaおよびCa区の3試験区について比較すると、CA区とCa区の増体量は対照のC-1区に比べ小さいが、CA区は週令を重ねるごとに増体率を増す傾向が認められた。この最終の平均体重は対照区の1,757gmに対し約130gm低い値を示し、1%水準で有意であった。この結果には、クエン酸のもつエネルギーが基礎飼料に比し小さいこともわずかながら影響していると推察され、これはCA区の飼料効率が対照区のそれよりもやや低いことが、このことを示しているものと考えられる。しかし、これらよりも飼料摂取量の多少が大きく影響していると云えよう。すなわち、CA区に加えられた遊離のクエン酸は1%でも嗜好性に影響を与えるものと考えられる。また、Ca区はCA区と異なり増体率が徐々に低下する傾向が認められ、最終の平均体重で対照区と約200gmの差があり、CA区と同様に1%水準で有意であった。これは嗜好性もさることながら、カルシウム吸収率は種々の因子により影響されるが、腸内におけるカルシウム塩の溶解度の差によっても影

Table 2. Varieties of dietary diets, citrate intake and number of deaths during the experimental period

Group	Dietary diet ¹⁾ and description	Number of chicks, initial	Citrate intake per body weight and number of deaths at weeks of age.								Total citrate intake (gm)	Total number of deaths	
			Wks.1	2	3	4	5	6	7	8			
			%, (Number of deaths)										
Experiment 1	age	1-21 days	22-49 days										
	C-1	Basal-I	Basal-II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	CA	+Citric acid, 1% ²⁾		0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	32.6	0
	Na	+Na-citrate, 1% ²⁾		0.7	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5(1)	0.5	0.5	30.5	1
	Ca	+Ca-citrate, 1% ²⁾		0.7	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5(1)	0.5	0.5	29.7	1
	C-K	Basal-I	Koji+Casein +SBO* ³⁾	0	0	0	6.7	8.0	6.8	5.9	5.9	215.3	0
	C+K	+Koji (1:1, w/w)		4.7	5.4	5.2(1)	4.9(1)	4.3	4.3	3.8	3.8	155.9	2
	K-1	1-16 day Koji	17 day-Koji +Casein+SBO* ⁴⁾	8.2	11.0(3)	8.3(4)	5.6(1)	7.2(5)	7.7	7.7	(36.1)	13	
Experiment 2	age	1-56 days											
	BPF	Barley+Casein+SBO ⁵⁾		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	KPF	Koji+Casein+SBO* ⁵⁾		4.3	7.3	12.2(1)	12.3	7.0	5.7	6.2	5.7	113.6	1
	BCA	Barley+Citric acid, 11.8% ²⁾		3.1(1)	8.9(7)							(4.7)	8
	B	Barley		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	K-2	Koji		5.1	6.3	10.7	9.6(2)	(1)	(1)	(1)	(1)	(13.8)	4
Experiment 3	age	1-7 days	8-21 days	22-56 days									
	C-3	Basal-I	Basal-I ⁶⁾	Basal-II ⁶⁾	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.5%	"	+Na-CA**	1.5% ²⁾	0	1.1	1.1	1.0	0.8	0.7	0.6	56.9	0
	3%	"	+Na-CA**	3.0% ²⁾	0	2.3	2.2	2.0	1.6	1.4	1.3	113.4	0
	5%	"	+Na-CA**	5.0% ²⁾	0	3.8	3.5	3.0	2.6(1)	2.3	2.2(1)	179.4	(2)

* : Soy bean oil, ** : Citric acid

1) : The same amounts in the basal diet of antibiotics, anticoccidiosis, mineral mixture, vitamin supplement and CaCO₃ were added to dietary diets.

2) : Per cent citrate added in diet.

3) : C. P. 20.0%, C. fat 5.7%, 4) : C. P. 22.0%, C. fat 5.0%, 5) : C. P. 28.0%, C. fat 6.5%.

6) : In experiment 3, the wet mash were prepared after adding 60% water to diet.

Table 3. Body weight gains and feed efficiency

Group	Weight gain by period (wks)						Body weight Final ¹⁾ (gm)	Feed efficiency						Feed intake 1-7 wks. gm (%)
	1-3		4-5		6-7			Wt. gain (gm)/feed (gm), (wks.)		6-7		1-7		
	gm (%)	gm (%)	gm (%)	gm (%)	gm (%)	gm (%)		1-3	4-5	6-7	1-7	1-7		
Experiment 1	C-1	407 (100.0)	618 (100.0)	693 (100.0)	1757±133 a	0.69	0.54	0.47	0.53	3213 (100.0)				
	CA	374 (91.9)	564 (91.3)	653 (94.1)	1629±111 b	0.67	0.53	0.46	0.46	3047 (94.8)				
	Na	397 (97.5)	611 (98.9)	713 (102.7)	1761±70 a	0.67	0.53	0.47	0.53	3261 (101.5)				
	Ca	368 (90.4)	549 (88.8)	595 (85.9)	1550±134 b	0.68	0.53	0.43	0.51	2974 (92.6)				
	C-K	405 (99.5)	204 (33.0)	483 (69.6)	1133±117 c	0.69	0.25	0.39	0.41	2645 (82.3)				
	C+K	276 (67.8)	285 (46.1)	532 (76.7)	1132±153 c	0.54	0.36	0.40	0.41	2643 (82.3)				
	K-1	41 (10.1)	9 (1.5)	45 (6.5)	134	0.27	0.05							
Experiment 2		1-3	4-6	7-8		1-3	4-6	7-8	1-8	1-8 wks.				
	BPF	122 (100.0)	251 (100.0)	164 (100.0)	580±22 a	0.54	0.40	0.32	0.39	1374 (100.0)				
	KPF	59 (48.4)	178 (70.9)	267 (162.8)	539±79 a	0.44	0.37	0.43	0.41	1236 (90.0)				
	BCA	[1-2 wks.]												
	B	29 (23.8)	49 (19.5)	48 (29.3)	162±24 b	0.24	0.18	0.17	0.19	664 (48.3)				
K-2	9 (7.4)				0.12									
Experiment 3		2-3	4-6	7-8		2-3	4-6	7-8	2-8	2-8 wks.				
	C-3	282 (100.0)	902 (100.0)	590 (100.0)	1869±264	0.65	0.50	0.38	0.47	3785 (100.0)				
	1.5%	282 (100.0)	909 (100.7)	613 (103.9)	1897±86	0.65	0.50	0.40	0.48	3785 (100.0)				
	3%	275 (97.5)	932 (103.5)	583 (98.8)	1896±129	0.64	0.52	0.38	0.47	3785 (100.0)				
	5%	291 (103.5)	859 (95.3)	575 (97.5)	1820±221	0.68	0.51	0.39	0.48	3574 (94.4)				

1) : Means±S.D., a, b, c : Same letters do not differ significantly (P < 0.01)

響されると云はれている¹⁹⁾ので、添加したクエン酸三カルシウムのもつ溶解度が極めて小さいことも影響していると考えられる。さらに Na 区は、これら両区に比べると生育良好で6-7週令では102.7%の増体を示し、最終の7週令における平均体重は有意差を示すほどではないが対照よりわずかながら大なる値を示した。これは、飼料効率を全期間を通して見ると、対照区と変らない結果を示したのに対し、摂取量が約1.5%大であることが増体に影響したものと考えられる。しかも対照区をも含めて、クエン酸塩類中ではこのNa区の最終の平均体重の標準偏差が最も小さく、対照区の133gmに対し、約1/2の70gmを示したことは、極めて興味あることである。

次に、麩を混合あるいは給与した区では、K-1区は極めて生育不良で、また飼料摂取量も他に比べ極端に少なかった。これは嗜好性が悪く、飼料効率も極めて低い値を示し、含まれるクエン酸量の影響が大きいことを示している。更に、16日令以後 C. P. および fat を高くしたが、ほとんどその効果は認められなかった。途中で麩に切換えた C-K 区は切換え直後に飼料摂取量が低下した。3週令までは対照区と同じく基礎飼料を与えたので、増体量、飼料摂取量および効率共に対照区と同じであったが、切換え直後の4週令時では対照区に比し63%の摂取量を示したにすぎなかった。また、飼料効率も4~5週令では対照の約1/2の値0.25に低下し、増体量も4~5週令で対照区に比し33%程度に低下した。しかし、5週令以降いづれも若干回復したが、最終平均体重は対照区の65%であった。このような麩への切換え後の飼料摂取量や効率および増体量の低下は、飼料の切換えを1週間内に行なう方法をとったが、この期間にクエン酸濃度が体重当たり0から6.8%に増加したため、酸の影響が出たことを示しており、と同時に麩は栄養的に欠陥を有すると推察される。しかし、この時点ですでに体重は400gm以上に生育しているため、K-1区のように飢餓死するような影響を示さなかったものと考えられる。C+K区では、5週令までは飼料摂取量はよくないが、6週令頃より増加して来る傾向が認められた。この最終平均体重はC-K区と同量で、対照区の約65%を示した。クエン酸麩に切換えたり、あるいは混合により、給与初期には嗜好性が劣り、酸による生育阻害をもたらしたものであろうが、これ以降、生理的に順応が進み摂取量の増加をもたらし、増体に好影響を与えたものと云えるであろう。

(2) 実験-2

実験-1で麩は酸含量が大であり、また、栄養的な欠陥があるために麩のみの区に死亡鶏の発生が大であると推察された。そこで麩および大麦を基礎飼料とした5試験区を設け検討した。

a) クエン酸摂取量と事故鶏

事故鶏の発生状況を見ると麩にカゼインと大豆油を補添し C. P. を28%、fat を6.5%とした KPF 区では全期間に1羽当たり約114gmのクエン酸を摂取したことになるが、1羽圧死したのみで酸による死亡は認められなかった。麩を調製した材料の大麦にクエン酸を添加した BCA 区では、実験開始後の2週間に4.7gmのクエン酸を摂取したに過ぎないが、2週令で供試した8羽全部飢餓死した。大麦のみの B 区では8羽中1羽を脚マヒにより淘汰したが、これから酸の添加量が多いため BCA 区では摂食拒否を示し死亡したものと云える。麩のみの K-2 区も供試した4羽全部が飢餓死したが、BCA 区に比べ、生存日数が長く、最も長期間生存したものが7週であった。これらの事実から、麩給与による死亡因は、主にクエン酸の過剰給与による嗜好性の低下であり、これに伴ない最終的には飢餓死をしたもので、少なくとも Mycotoxin による急性毒性はないと云える。また、麩の形で給与することにより酸の毒性が多少とも緩和されると考えられ、これは今後有機酸の利用に関して給与形態との関係について考慮するときの一つの方向性を示すものと考えられる。

b) 生育および飼料摂取量

表-3に示す通り、何れも実験-1の対照区に比べ生育がおとり、大麦にカゼイン、大豆油を補添したものでその最終平均体重は1/3程度の580gmを示したに過ぎず、大麦がバランスの悪い飼料であることが明らかである。ここで興味のあることは、KPF 区の増体は、7-8週令時に BPF 区の約163%を示し、また効率も大となるので、酸の影響が生育に伴ない薄れてくる後期には、麩は大麦に比しやや栄養的に優れた点があるため増加したものと考えられ、本実験では3週令時に酸の摂取が大となることと考え合せて、初期の育成期間の給与をはずすと何らかの効果が期待できるかも知れない。

また、最初からカゼイン、大豆油を加えた KPF 区は実験-1の K-1 区あるいは実験-2の K-2 区に比べて、酸の含量摂取量が少ないこともあるが、3週令時に1羽死亡したのみで、他は生存し、BPF 区より約40gm最終平均体重が小さく、標準偏差が大であった。この偏差が大であることは、酸の影響が明らか

で、かつ、酸に対する感受性に個体差のあることを示している。

(3) 実験-3

実験-1において、クエン酸ナトリウム1%添加区が対照区とほとんど等しいか、やや優れた生育を示し、また、体重の標準偏差の少ないことを認めた。そこで、実験-3では以上の点を確認することと、更に最適添加量を知るため検討を加えた。また、実験-1では飼料および飲水共自由に摂取させたが、現在の市販飼料は栄養学的にほぼ完全に近いものであり、クエン酸ナトリウム塩添加の効果が充分発現し得ないことも推察されるので、最も摂取量の少ない区に給与量を揃える Pair feeding を行なった。また、これは、練餌として給与したが、これは飼料とクエン酸ナトリウムとの分類および飛散による損失を防ぐことを目的としたものである。

a) クエン酸ナトリウム摂取量と事故鶏

クエン酸ナトリウムを5.0%添加した5%区に2羽の死亡鶏が発生したのみで他の試験区には見られなかった。この試験区は2-8週令で約180gmのナトリウム塩を摂取したことになる。死亡鶏を病理解剖した結果、腎および肝臓が肥大し、腎、肝、および心臓等の諸臓器に白い沈着物が認められ、これらの所見から尿酸塩沈着症と診断された。5%区は試験終了後の解体時の所見でも同様に尿酸塩沈着が認められた。この症状は通常“痛風”と云われ高蛋白飼料の多給やビタミンA欠乏等で発現すると云われている。尿酸塩の沈着は、血液中に尿酸あるいは尿酸塩の濃度が増すが、血液の膠質性が変化して、尿酸の溶解性が減した場合におけると云われており²⁰⁾、本実験ではクエン酸ナトリウムの多給により本症が誘起されたと考えられる。

b) 生育および飼料摂取

表-3に示したように、最終平均体重は1.5%と3%の両区で等しく、しかも実験-1の場合と同様に対照区

よりやや大であり、しかも標準偏差が小さいこと、すなわちその体重のバラツキが少ないことが明らかとなった。ナトリウム塩の添加量から見ると、この標準偏差は1.5%区が最も小さく、対照区のC-3区の264gmであるのに対し、約1/3の86gmを示し、3%区では約1/2の129gmを示した。試験区の中では5%が最も大きな偏差を示したが、それでも対照区より低い値を示している。また、全期を通して飼料効率もほとんど対照のC-3区と同じか、やや高い値を示した。しかし、各期別ごとの増体量および飼料効率を対照区のそれと比較すると、2-3週令時には5%区が、4-6週令時には3%が、7-8週令時には1.5%区が最も高い値を示すと云う極めて興味ある結果が認められた。

これらの事実から、クエン酸ナトリウム塩は、過量に給与すると尿酸塩沈着等の点もあるので、なお検討を要する問題であるが、体重のバラツキを小さくする効果があり、しかも適期に適量添加すれば飼料効率をあげ、かつ増体に効果をもたらすことが期待出来るかも知れない。

2. 飲水量および飲水・採食比

表-4に実験-3において測定した4週令以降の飲水量および飲水量と採食量との比率すなわち、飲水・採食比を示した。

飲水量は週令が進むにつれて増加を示し、また、飼料中のミネラル含量が飲水量と関係することは良く知られている事実である^{21) 22)}。塩類の摂取が多くなると飲水量も大となることは通常認められる現象であるが、本実験でもクエン酸ナトリウム添加量が大となると、比例して飲水量が増加する傾向を示した。

酸添加により飲水量が減少すると云う報告がある⁷⁾が、本実験で用いたのはナトリウム塩であり、酸としてよりも塩基としての効果がより大であるため、飲水量が増したものと考えられる。

Patrick ら²³⁾によると、一定条件下では、飲水・

Table 4. Water intake and the ratio of water to feed (Experiment 3)

Group	Wks. of age, 4		5		6		7		8	
	A ml	B	A ml	B	A ml	B	A ml	B	A ml	B
C-3	78.8	(1.2)	102.8	(1.1)	117.5	(1.2)	122.7	(1.1)	150.9	(1.3)
1.5%	113.9	(1.7)	157.2	(1.7)	166.5	(1.7)	182.3	(1.7)	203.3	(1.8)
3 %	153.3	(2.3)	207.0	(2.3)	236.8	(2.4)	258.0	(2.4)	281.5	(2.5)
5 %	200.4	(3.1)	245.6	(3.0)	334.4	(3.6)	358.5	(3.6)	389.3	(3.5)

A : Water intake ml/day/chick

B : Water intake ml/gm feed

Table 5. Blood level of calcium, pyruvate, α -ketoglutarate and citrate. (Mean \pm S. D.)

Group	Plasma				Blood						
	Total calcium mg/dl		Ionic calcium mg/dl		pyruvate mg/dl		α -ketoglutarate mg/dl		citrate μ g/ml		
	age (days) 50		50		36	50	36	50	29	57	
Experiment 1	C-1	—	8.6 \pm 0.4	—	2.5 \pm 0.2	3.03 \pm 0.32	2.93 \pm 0.38	1.23 \pm 0.00	1.15 \pm 0.13		
	CA	—	7.7 \pm 1.4	—	1.9 \pm 1.4	3.09 \pm 0.26	3.00 \pm 0.26	1.27 \pm 0.18	1.24 \pm 0.25		
	Na	—	8.3 \pm 0.9	—	2.2 \pm 1.4	3.75 \pm 0.56	3.60 \pm 0.68	1.37 \pm 0.17	1.68 \pm 0.48		
	Ca	—	8.3 \pm 0.8	—	2.0 \pm 0.8	3.91 \pm 0.24	3.44 \pm 0.84	1.55 \pm 0.99	1.06 \pm 0.07		
	C-K	—	8.7 \pm 0.7	—	2.5 \pm 0.2	3.32 \pm 0.68	3.00 \pm 0.37	1.75 \pm 0.13	1.36 \pm 0.20		
	C+K	—	7.9 \pm 1.1	—	2.3 \pm 0.2	3.54 \pm 0.56	3.72 \pm 0.33	2.01 \pm 0.32	1.67 \pm 0.00		
Experiment 3		age (days) 8 ¹⁾	50	8 ¹⁾	50	29	50	29	50	29	57
	C-3	10.0 \pm 0.5	10.0 \pm 0.4	3.0 \pm 0.4	2.5 \pm 0.4	3.28 \pm 0.57	2.83 \pm 0.55	1.01 \pm 0.10	1.07 \pm 0.27	107.0	103.5
	1.5%	—	9.2 \pm 0.4*	—	2.4 \pm 0.6	2.99 \pm 0.07	2.23 \pm 0.21	1.11 \pm 0.37	1.27 \pm 0.13	118.0	102.0
	3%	—	9.2 \pm 0.5*	—	2.6 \pm 0.7	3.31 \pm 0.26	3.38 \pm 0.39	0.97 \pm 0.20	1.09 \pm 0.15	121.2	107.5
	5%	—	8.5 \pm 0.3*	—	2.8 \pm 0.6	3.93 \pm 0.67	3.42 \pm 0.50	1.10 \pm 0.14	1.12 \pm 0.16	121.2	108.0

* : P < 0.05 1) : Before supplementation of Na-citrate

採食比はある比率を有し、通常4週令以降において、約1.5前後であると報告されている。本実験においては対照区は1.1~1.3の比率を示したが、これは、飼料給与を練餌で行ったために、水分補給がなされて、飲水量が減少し、この飲水・採食比が低下したものと考えられる。クエン酸ナトリウム添加区は、添加量が増加するに従い、この比が高くなっている。しかし何れの区も、週令を重ねても本比率はほとんど変わらず、1.5%区で1.7~1.8、3%区で2.3-2.5、5%区では3.0-3.5を示した。

3. 血漿中カルシウム、血中ピルビン酸、 α -ケトグルタル酸およびクエン酸含量

クエン酸あるいはその塩類給与によって、雛の血中有機酸中、解糖経路とクエン酸回路の重要な部位を占めるピルビン酸とクエン酸回路の重要部位であり、エネルギー産生系における不可欠な代謝物質である α -ケトグルタル酸およびクエン酸含量について測定し、さらに、カルシウム含量について定量した結果を表-5に示した。

実験-1においては、カルシウム、ピルビン酸および α -ケトグルタル酸含量を測定し、実験-3においては、これらの他にクエン酸含量を測定した。

血漿中のカルシウムについては、実験-1では最終週令時の50日令に各区4羽づつ採血し測定したが、全カルシウムおよび透析性カルシウム何れも各区間に有意差は認められなかった。実験-3でも全区共、試験期

間を通じて大きな変化は認められなかった。総カルシウム含量は50日令では対照の10.0gm/dlから1.5%、3.0%、5.0%とクエン酸ナトリウム添加量を増すに従い、低くなる傾向を示し、対照のC-3区と試験区の相互間に5%水準で有意差が認められた。透析性カルシウム含量については、逆に50日令においてC-3区の2.5gm/dlからクエン酸ナトリウム添加量が増すに従い、高い値を示したが、有意差は認められなかった。

ピルビン酸含量については、実験-1ではCa区の血中含量が高い傾向を示した。麩混合あるいは切換えのC+K、C-K区ではやや高い傾向が認められたが、これはクエン酸含量が高いこと、さらに栄養的なバランスの欠除もあり、同一レベルでは論じ得ないことであろう。実験-3においては、1.5%、C-3、3%、5%区の順にピルビン酸含量が高くなっており、ナトリウム塩の添加量が大なるほど高い。最も添加量が多く、かつ体重の小なる5%区は29日令時および50日令時において高いが、逆に添加量が少なく、体重の大なる1.5%区が最もピルビン酸量の少ないことと何らかの関連を示すものかも知れない。

α -ケトグルタル酸含量については、実験-1の麩を混合あるいは切換えたC+K、C-K区で他区に比し高い値を示した他は、時間的にもほとんど変化は認められなかった。尚、参考までに痛風で最終週令時に淘汰した実験-3の5%区の1羽を死亡(57日令)前日に

採血し、この含量を測定した結果を示すと、8.66gm/dlの値が認められ、他の雛の約8倍もの値を示していた。

血中クエン酸含量は、実験-3で測定したが、クエン酸ナトリウム添加区で、29日令で高い傾向が認められたが、50日令ではほとんど差が認められなかった。

以上の血中成分の結果について総括的に考察するとまず血清あるいは血漿カルシウム含量は副甲状腺ホルモンやビタミンDにより影響をうける。しかし、この他に重曹やリン、クエン酸その他の有機アニオンの増加によるアルカローシスの発現でも影響をうけ、減少するが、この場合は透析性カルシウムの値が低下を来たすとされている²⁴⁾。実験-3の、クエン酸ナトリウム添加区で全カルシウム量の低下が認められたが、透析性カルシウム量にはほとんど変化なく、またクエン酸含量にも変化の認められなかったことから、全カルシウム量低下がアルカローシスによるものとは考えられない。透析性カルシウムが正常であっても、全カルシウム値が低下する場合には血清蛋白質の低下が認められると云われているので、蛋白質代謝への影響が考えられる。

また、実験-3の実験終了後における解剖の結果、5%区では尿酸塩沈着が認められたが、血中の α -ケトグルタール酸量にはほとんど差異は認められなかった。これに対し、重症で57日令時に死亡した雛を1日前に採血し定量した結果、アミノ酸の代謝とも関連のあるこの酸を他の8倍量も含んでいた。尿酸塩沈着症

の典型が痛風であるが、結局蛋白質代謝障害によるもので多量の尿酸すなわちプリン体の体内蓄積によるものであり、本症と α -ケトグルタール酸の蓄積と、何らかの関連があるものとも考えられる。

さらに、カルシウムイオンは解糖系あるいは糖新生系酵素と関連し、細胞質内のカルシウムイオンの増加は Ca^{++}/Mg^{++} の比の増加となり、ピルビン酸を基質としてオキザロ酢酸を生成する酵素ピルビン酸カルボキシルラーゼ活性を高め糖新生が促進されると云われている²⁵⁾。また、原田ら²⁶⁾はTCAサイクルに関連のある酸と脂肪の β 酸化と関連のあるアシル-CoA合成酵素との関係について調べ、クエン酸とイソクエン酸が本酵素活性を著しく抑制したとしている。実験-1においてクエン酸カルシウム添加区におけるピルビン酸値の高い傾向、実験-3におけるクエン酸ナトリウム添加区のカルシウム値に変化があったこと、あるいはクエン酸量には大きな変動が認められなかったと云う事実が果して何を意味するか不明であるが、クエン酸ナトリウム塩の添加は3%以下であれば対照に比べてわずかながら平均体重が大であり、ことに標準偏差が小さくなると云う点は今後さらに検討し明らかにする必要があると考えられる。

4. 解体成績

実験-3において試験終了後、全供試雛の屠殺解体を行った。その結果を表-6に示した。

屠殺時生体重、脱毛屠体重量、胸角、胸囲、可食内臓として心臓重、肝臓重、脾臓重、筋胃重、右脛骨重、同

Table 6. Weights of body, carcass, organs and bone, thorax angle, and size of chest girth and bones. (Means \pm S. D.)

Group	C-3	1.5%	3%	5%
Body weight, gm	1917.9 \pm 287.5	1945.0 \pm 86.6	1934.1 \pm 141.8	1900.0 \pm 311.4
Carcass weight, gm	1739.3 \pm 279.2	1746.9 \pm 83.5	1694.3 \pm 133.1	1659.0 \pm 283.1
Thorax (angle), degree	74.0 \pm 5.8	71.0 \pm 4.9	70.1 \pm 4.9	73.8 \pm 4.2
Chest girth, cm	28.0 \pm 1.6	28.3 \pm 0.9	27.2 \pm 3.2	27.6 \pm 1.1
Heart, gm	10.1 \pm 2.6	9.2 \pm 1.5	10.2 \pm 1.0	10.5 \pm 2.5
Liver, gm	28.7 \pm 3.9	32.0 \pm 2.7	30.2 \pm 3.0	35.4 \pm 5.3*
Spleen, gm	3.1 \pm 0.8	3.6 \pm 0.9	3.2 \pm 0.9	3.2 \pm 0.9
Gizzard, gm	21.2 \pm 4.0	23.7 \pm 2.7	24.7 \pm 2.8	23.3 \pm 4.3
Total, gm	63.1 \pm 7.0	68.5 \pm 6.4	68.3 \pm 5.6	72.4 \pm 9.9
Tibia (right), gm	10.3 \pm 2.6	11.1 \pm 3.4	10.3 \pm 0.4	10.4 \pm 2.6
Tibia (right), cm	11.6 \pm 0.6	11.9 \pm 0.4	11.8 \pm 0.4	11.6 \pm 0.8
Metatarsal bone (right), cm	9.1 \pm 0.5	9.3 \pm 0.4	9.2 \pm 0.5	8.8 \pm 0.9

* : P < 0.05 (C-3 vs 5%)

長さ、右中足骨長の各項目について測定し有意差の検定を行ったが、対照区と5%区の肝臓重間に5%水準で有意差が認められた他は有意差は認められなかった。この5%区の肝臓に有意差が認められたことは、クエン酸ナトリウム高濃度給与によって肝臓肥大が誘起されたと考えられる。5%区は全て腎臓に白い沈着物が認められ、何れも尿酸沈着症を呈し、また肥大が認められ5%の給与は限界の濃度と考えられる。

要 約

クエン酸、そのナトリウム塩、カルシウム塩およびクエン酸麩の量をかえて、ブローラー雄雛に給与した時の生育、飼料効率および血中カルシウム、ピルビン酸、 α -ケトグルタル酸やクエン酸量におよぼす影響について検討した。

クエン酸ナトリウムを市販の配合飼料に1.0, 1.5および3.0%加えた区では生育が対照区に比べ良好であり、しかも体重の標準偏差が小さくなる傾向が認められた。しかし、5%クエン酸ナトリウム添加区では幾分生育がおとり、全雛に尿酸塩沈着症が認められた。また、添加量が増すに従い飲水量が増し、飲水、採食比が増加した。

1.0%クエン酸およびカルシウム塩添加区の増体量は対照区に比し1%水準で有意に小さかった。

クエン酸麩11.8%のクエン酸を含むが、摂取量は極めて低く嗜好性が悪かった。しかし、大麦にクエン酸を11.8%加えた区の雛よりも長い生存日数を示した。

血中成分では、ピルビン酸、 α -ケトグルタル酸、クエン酸および透析性カルシウム含量はクエン酸塩あるいはクエン酸麩の給与によっても大きな変動は認められなかった。クエン酸ナトリウム添加区の血漿中の全カルシウムは対照に比し5%水準で有意に少なくなる傾向が認められた。

終りに当り、クエン酸麩を御恵与いただいた昭和化工株式会社および同社鹿児島研究所々長川原一氏、病

理解剖に御協力いただいた本学家畜病理学教室河野猪三郎助教授、安田宣紘教官に深謝します。

尚、本報告の一部は昭和46年11月、昭和46年度西日本畜産学会大会において発表した。

文 献

- 1) BAYLEY, H. S. : *Poultry Sci.*, **46**, 19 (1967).
- 2) BOWEN, T. E. & WALDROUP, P. W. : *ibid.*, **48**, 608 (1969).
- 3) BORGIO, G. D. & MCGINNIS, J. : *ibid.*, **47**, 1612 (1968).
- 4) MORAN, E. T., LALL, JR. S. P., and SUMMERS, J. D. : *ibid.*, **48**, 939 (1969).
- 5) YOSHIDA, M., MORIMOTO, H., and ODA, R. : *Agr. Biol. Chem.*, **34**, 1301 (1970).
- 6) 辺津賀興 : 宮崎大学農学部研究時報, **7**, (2), 268 (1962).
- 7) 辺津賀興 : 同上誌, **9**, (2), 281 (1963).
- 8) 倉田新一郎, 友安夫, 大角彰, 井上哲夫 : 日本畜産学会報(臨時増刊, 学会号), **42**, 122 (1971).
- 9) CHAVEZ, R., THOMAS, J. M., and REID, B. L. : *Poultry Sci.*, **45**, 547 (1969).
- 10) REID, B. L., SVACHA, A. J., DORFLINGER, R. L., and WEBER, C. W. : *ibid.*, **51**, 1234 (1972).
- 11) 尾崎準一 : 日本農芸化学会誌, **8**, 1286, (1932).
- 12) 芦田淳, 青山頼孝, 松井正直, 小田良平 : 昭和44年度日本農芸化学会大会, 講演要旨集, 72 (1969).
- 13) FREEMAN, B. M. : *Brit. Poultry Sci.*, **4**, 275 (1963).
- 14) 川原一 : 鹿児島県工業試験場昭和28年度業務報告書, 23 (1955).
- 15) 江上不二夫他6名編 : 標準生化学実験, 2, 文光堂 (1953).
- 16) 藤井暢三 : 生化学実験法・定量篇, 412 南山堂 (1964).
- 17) ALBANESE, A. A., ed., : *Newer Methods of Nutritional Biochemistry*, 342 Academic Press, New York & London (1963).
- 18) BUMBURG, J. R., STRONG, F. M., and SMALLEY, E. B. : *J. Agr. Food. Chem.*, **17**, 443 (1969).
- 19) 吉川春寿, 吉利和 : 臨床医化学II, 臨床編, 337, 協同医書出版社 (1969).
- 20) 小野豊 : 家畜病理学総論, 52, 朝倉書店 (1967).
- 21) BARLOW, T. S., SLINGER, S. J. and ZIMMER, R. P. : *Poultry Sci.*, **27**, 542 (1948).
- 22) KARE, M.R. and BIELY, J. : *ibid.*, **27**, 751 (1948).
- 23) PATRICK, H. and FERRISE, A. : *ibid.*, **41**, 136 (1962).
- 24) 熊谷朗, 坂井友吉 : 代謝, **3**, 349 (1966).
- 25) KIMMICH, G. A. and RASMUSSEN, H. : *J. Biol. Chem.*, **244**, 190 (1969).
- 26) 原田隆浩, 奥田拓道, 藤井節郎 : 生化学, **38**, 668 (1966).

Summary

In the one-day-old broiler male chicks offered various levels of citric acid, Na-citrate, Ca-citrate and black aspergilli-koji some investigations were performed concerning the offering effects upon the following items: the weight gain, feed efficiency and blood level of calcium, pyruvate, α -ketoglutarate and citrate.

The addition of 1.0%, 1.5% and 3.0% Na-citrate to the Commercial formula diet made the ave-

rage body weights in these Na-citrate groups greater than in the control group, improving the standard deviations of these. Although levels of 5 % of the added Na-citrate somewhat depressed growth, classical symptoms of gout were evident in all chicks. The chicks offered Na-citrate increased their intake of water, and the water-intake per gram feed consumed by the chicks increased progressively with the increase of the Na-citrate percentage of the diet.

The body weight gains in the two groups fed with the diet containing both 1.0 % added citric acid and Ca-citrate were smaller than those in the control group, the differences being statistically significant ($P < 0.01$).

The chicks exhibited a strong distaste for the black aspergilli-koji containing 11.8 % citric acid, but the chicks offered the koji survived longer than those offered the barley containing 11.8 % added citric acid.

No significant variation was noted in blood levels of pyruvate, α -ketoglutarate, citrate and ionic calcium in the diets containing citrate and koji. Plasma levels of total calcium of the Na-citrate groups were ascertained to be more decreased than those of the control, the differences being statistically significant ($P < 0.05$).