

ニワトリの盲腸内消化に関する研究

III. 腸管内容の揮発性脂肪酸と飼料中粗線維との 関連性について

長野 慶一郎・広瀬 正夫
宇野 宝蔵・安川 正敏

(1972年8月30日受理)

Studies on the Cecal Digestion in Fowls

III. On the Relation between the Volatile Fatty Acid in the Intestinal Contents and Crude Fiber in the Feed

Keiichirō NAGANO, Masao HIROSE, Hōzō UNO
and Masatoshi YASUKAWA

(Laboratory of Veterinary Physiology)

ニワトリの盲腸内消化を解明するために、前報¹⁾において腸管内の揮発性脂肪酸 (VFA) を定量分析した。ここからえられた成績は、(1)腸管内で VFA が生成され、特に盲腸において著しい、(2)生成された VFA は盲腸から吸収される、ことを示した。

ところで、ニワトリ盲腸は粗線維消化の場、と解釈されている。この解釈は、MANGOLD²⁾、HENNING³⁾らをはじめ、近年は、中広ら⁴⁾、半杭ら⁵⁾、窪田ら⁶⁾、THORNBURN ら⁷⁾ が粗線維の消化率を測定した結果にもとづいている。しかし粗線維、とくに cellulose の消化過程については全く触れていない。

そこで著者らは、飼料中の粗線維と腸管内容の VFA との関連性をとりあげてみた。いうまでもなく、両者の関連性は cellulose の消化に密着している。したがって、この点を吟味することは、cellulose の消化過程を解明する手がかりとなる、と考えたからである。この意味で追究した結果、興味ある所見をえたので、ここに報告する。

実験方法

1. 供試鶏

白レグ種 (成鶏, ♀) を給与飼料によって、それぞれ4羽ずつの4群にわけた。飼料は、トウモロコシ、マイクロ、スカおよびフスマの4種である。それぞれ単味で飼養し、10日間給与したのち致死せしめ、腸管内

容を採取した。

2. 腸管内容の採取

小腸、盲腸および結腸の3部位について、内容物を採取した。採取方法は前々報¹⁾に詳述してあるが、蒸発皿に収容した後の内容物は、本実験の性質上、直ちに homogenizer によって均一化した。

3. pH の測定

前々報¹⁾と同一の方法で測定した。

4. 固形物

採取した腸管内容物を、よく混和し、その 10 ml をホールピペットで正確にとり、常法によって恒量値を求め、これを腸管内全量に換算し、固形物量とした。

5. 粗線維

腸管内容物の粗線維の定量は、固形物および VFA の定量に用いた採取全量の残りの約 2/3 を供試した。分析方法は、一般分析⁸⁾に準じた。

6. 粗脂肪

前項の粗線維定量に当り、Soxlet 脂肪抽出器を用い脱脂操作するさいに定量した。

7. VFA

腸管内容物の VFA 分析には、採取した全量の 1/4

～1/6量を用いた。

(1) 抽出¹⁾

a) 水蒸気蒸溜：試料10～20 mlを正確にとり，2N-H₂SO₄を1 ml加えて，pH1.0～2.0に保ち，Kjeldahl窒素蒸溜装置で水蒸気蒸溜を行なう。受器にはあらかじめ，0.1N-NaOH10 mlにフェノールフタレイン2滴を滴加し，全量が約300 mlになるまで蒸溜した。

b) 濃縮：この全量を，103°Cに保っている通風式定温乾燥器中で20～30 mlになるまで濃縮した。これに蒸溜水を添加し，全量を50 mlにした。

c) 分液：50 mlの試料に2N-H₂SO₄を1 ml加え，pH1.0～2.0に保ち，分液ロートを用いてエーテルでVFAを抽出した。

d) エーテル溜出：須藤式液体用脂肪抽出器を使用し，42°Cに保持してある電気定温恒温槽で，試料が約2 mlになるまでエーテルを溜出した。これをさらに，定温ガス湯煎器中で正確に，1.0 mlになるまで濃縮した。この濃縮試料に，後述する内部標準物質のイソ・カプロン酸を1.0 ml加え，メチル化した。

(2) メチル化

ジアゾメタンの合成にニトロソメチル尿素の方法¹⁰⁾を用い，メチル化にさいしては丸山の方法¹¹⁾を参考にして，試作した装置を使用して行なった。この装置および操作方法は，前報¹⁾に詳細に述べているので，ここでは省略する。

(3) ガスクロマトグラフィーの諸条件

ガスクロマトグラフは，島津GC-1B型を使用し，HFD-1型の水素炎イオン化検出器で行なった。カラムは，ステンレススチール製で内径4 mm，長さ750 mmの単位U字管を5本連結した。充てん剤はSilicone DC 550 stearic acid 30% (担体60～80 meshのShimalite)を用いた。キャリアーガスはN₂で，流速は20 ml/minである。また，H₂およびair流速は，それぞれ30 ml/min，0.8 l/minであった。カラム恒温槽温度は99.5°C，detector恒温槽温度は145.5°C，サンプル気室温度は105.0°Cに設定した。1回の試料注入量は1 μlであった。なお，記録にあたってのchart速度は10 mm/minで，rangeは0.4V，sensitivityは10²であった。

(4) ガスクロマトグラムの定量

ガスクロマトグラフィーによって定量するには種々

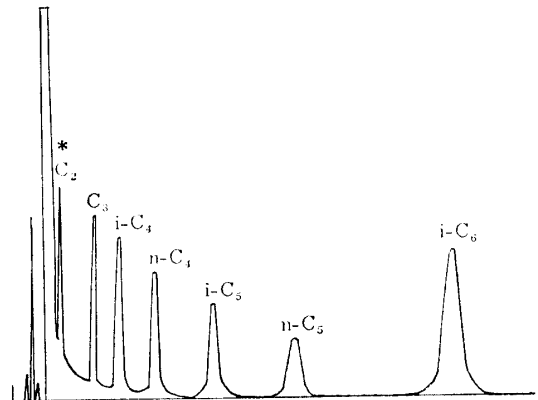


Fig. 1. Chromatogram of methyl-esterified volatile fatty acids

* C₂, Acetic acid. C₃, Propionic acid. i-C₄, iso Butyric acid. n-C₄, normal Butyric acid. i-C₅, iso Valeric acid. n-C₅, normal Valeric acid. i-C₆, iso Caproic acid.

の方法がある。著者らは，操作が比較的容易で，かつ正確といわれる内部標準法によった。標準物質として，イソ・カプロン酸(i-C₆)を選定した。まず，酢酸(C₂)，プロピオン酸(C₃)，イソ酪酸(i-C₄)，正酪酸(n-C₄)，イソ吉草酸(i-C₅)および正吉草酸(n-C₅)のそれぞれに，i-C₆を10 μl加え，エーテルで総量を1 mlとして前述の方法で分離を行なったところ，Fig. 1の分離曲線がえられた。えられたガスクロマトグラムはすべてピーク高によって定量した。まず，C₂～i-C₆の高さを測定し，つぎにC₂～n-C₅のピークの高さを，i-C₆のピークの高さで割った値を算した。すなわち，i-C₆のピークの高さを1としたときの，各VFAのピーク高を求めた。この値を用いて，縦軸にピーク比，横軸にstandard mix sample 200 ml中の各standard sample (C₂～n-C₅)の容積をとって，Fig. 2に示すような検量線を作成した。

定量値は，下記に示す式によって計算した。

$$A \times 2 / B \times C / D \times E \times 100 / F \times 1000 \text{ mg}$$

A: 検量線から求めたVFA量 (ml)

2: 標準物質を含む濃縮試料の全量 (ml)

B: 検量線作成に使用したstandard mix sampleの全量 (ml)

C: 全容量 (ml)

D: VFA定量供試量 (ml)

E: standard sampleの比重

C₂…1.0520, C₃…0.9900, i-C₄…0.9490

n-C₄…0.9595, i-C₅…0.9231, n-C₅…0.9370

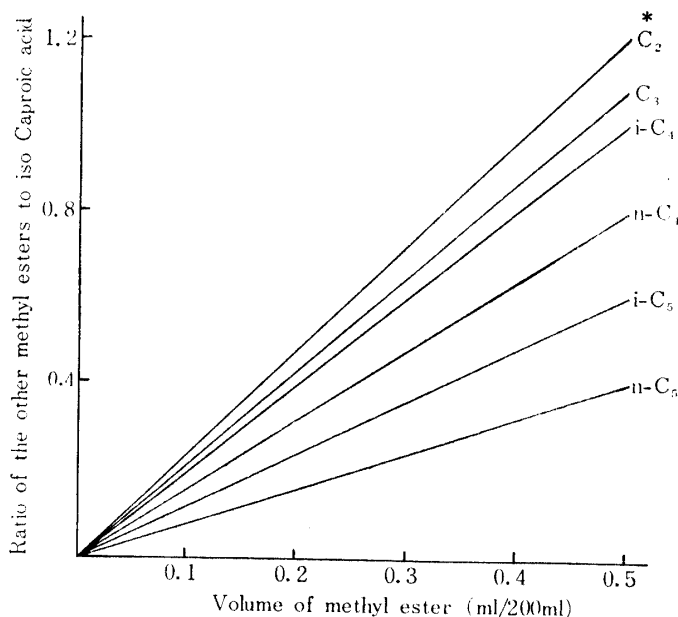


Fig. 2. Calibration curve of methyl-esterified fatty acids
* The same as Fig. 1.

100 : standard sample の濃度を100%に換算する係数

F : standard sample の濃度 (%)

C₂...99.5, C₃...99.5, i-C₄...99.0

n-C₄...99.0, i-C₅...99.0, n-C₅...99.0

1000 : mg に換算する係数

なお、飼料に含まれる VFA は、飼料の各 1 gm を供試量として、おのおの 3 例ずつ、腸管内容物の分析法と同様な操作で定量した。

成 績

飼料と腸管内容物について、VFA および粗線維を定量分析した。飼料は、トウモロコシ、マイロ、ヌカおよびフスマの 4 種である。腸管は小腸、盲腸ならびに結腸の 3 部位である。また、飼料と腸管内容物の固形物および粗脂肪も分析し、さらに腸管内容物の pH も測定した。

1. 飼 料

(1) 固形物, 粗脂肪, 粗線維

これらの分析値は、Table 1 に示される (mg/gm は、固形物 1 gm 当りの mg)。VFA との関連性から注目されるのは粗線維である。供試した 4 種のうち、トウモロコシ (22.4 mg/gm) とマイロ (21.2 mg/gm) は、ほぼ一致した含有量をもつ。これに対し、ヌカ (82.0 mg/gm) はフスマ (94.8 mg/gm) と近似している。したがって、粗線維含有量から、4 種の飼料は 2 群に大別できよう。著者らは、第 1 群 (トウモロコシ、マイロ) と、第 2 群 (ヌカ、フスマ) と呼称しておく。

(2) VFA

飼料に含まれる VFA は C₂ だけで、他の分画は認められなかった。固形物 1 gm 当りの C₂ 量は、トウモロコシが 0.10 mg、マイロが 0.01 mg、ヌカが 0.13 mg、フスマが 0.29 mg であった。

2. 腸管内容物の pH

腸管 3 部位の内容物の pH は、Table 2 の通りである。pH 平均値の差の有意性を検討すると、トウモロコシ給与鶏 (以下、トウモロコシ群と呼ぶ、他の飼料

Table 1. Chemical composition of the various feeds

Feed	Moisture	Crude fat	Crude fiber
Maize	17.41%	3.8mg/gm	22.4mg/gm
Milo	12.16	17.1	21.2
Rice bran	10.85	214.2	82.0
Wheat bran	11.14	16.3	94.8

Table 2. *pH* values of the intestinal contents of fowls, variously fed

Portion**	Maize	Milo	Rice bran	Wheat bran
SI	***6.56±0.29	6.66±0.19	6.99±0.02	7.11±0.51
Ce	7.34±0.06	7.34±0.10	6.66±0.13	6.84±0.29
Co	6.72±0.27	6.96±0.28	7.24±0.24	7.40±0.08

** SI, Small intestine. Ce, Cecum. Co, Colon.

*** Mean ± standard error.

Table 3. Net of dry matter intestinal contents of fowls, variously fed (mg)

Portion**	Maize	Milo	Rice bren	Wheat bran
SI	**1.30±0.34	0.64±0.17	0.98±0.29	2.81±1.09
Ce	1.16±0.10	0.44±0.07	1.34±0.20	1.27±0.10
Co	0.30±0.06	0.11±0.03	0.40±0.26	0.66±0.15

** , *** The same as Table 2.

も同様)およびヌカ群の小腸と盲腸間に有意差が認められたが、それ以外には見出されなかった。

3. 腸管内容物の固形物量

腸管3部位の、それぞれの固形物量の和、すなわち総量を求めるとフスマ群が最も多く、マイロ群が最も少ない。また、部位別にみると小腸と盲腸に比べ、結腸が最低であることは、各飼料群に共通している (Table 3)。

4. 腸管内容物の VFA

内容物中に存在する VFA 量を示すとき、(1)実際に存在する量、(2)固形物の一定量中に含まれる量、に区分する必要がある。腸管内の VFA 量を比較するさいに、同一基準にもとづいて検討する必要がある。というのは、前掲した通り、固形物量は飼料別、あるいは部位別に異なる。のみならず、個体差も少なくないからである。そこで著者らは、実際に存在するものを実量と呼ぶ。これに対し、固形物 1gm 当りの VFA 量に換算したものを mg/gm と記す。

(1) VFA 実量

腸管内に認められた VFA は、C₂, C₃, i-C₄, n-C₄, i-C₅ および n-C₅ の6分画である。これらの分画は飼料および腸管部位によって、かなり相違している。6分画のすべてを保有しているのは盲腸である。これは各飼料群に共通している。このうち C₂ は圧倒的に多い。これにつぐのは C₃ である。この順位も、各飼料群で一致している。しかし、C₃ 以下の順位は各飼料

群によって必ずしも一致せず、統一的ではない。

つぎに小腸において、各飼料群に共通するのは C₂ の存在である。マイロ群は C₂ のみで、他の5分画を欠く。ヌカ群、フスマ群は4分画を欠いている。これに対し、トウモロコシ群は n-C₅ を欠くのみで、他の5分画が認められた。盲腸の均一性に対し、小腸では多様性がみられる。

ところで、3部位それぞれの実量の和を求めると、最も多いのがトウモロコシ群 (57.81mg) である。フスマ群 (42.78 mg) がこれにつぎ、ヌカ群 (39.16 mg)、マイロ群 (20.55 mg) となっている。これを部位別にみると、最も多いのが盲腸である。この点は、各飼料群で共通して認められる。これを飼料別にすると、前記の実量総和の順位と全く同様で、トウモロコシ群が最も多く、マイロ群が最も少ない。盲腸につぐのは小腸で、結腸がこれにつぐ。

(2) VFA 量 (mg/gm)

固形物 1gm 当りの VFA 量を示したのが Table 4 である。まず3部位にわたる総量を求めたところ、前掲の実量とはかなり相違していた。各飼料群別に比較し、多い順に挙げると、マイロ群→トウモロコシ群→ヌカ群→フスマ群となる。実量でみる限り、最も少量であったマイロ群が、ここでは逆転して最高位にランクされている。

つぎに、部位別に比較すると、これは実量で示した様相と異なり、小腸が最も少ない (Fig. 3)。この点は、各飼料で例外なく認められた。盲腸と結腸との比較において、マイロ群とヌカ群では結腸が盲腸を上回って

Table 4. Concentration of volatile fatty acids in the intestinal contents of fowls, variously fed (mg/gm)

Feed	Portion**	*C ₂	C ₃	i-C ₄	n-C ₄	i-C ₅	n-C ₅	Total of VFA
Maize	SI	***9.27 ± 2.59	0.25 ± 0.18	0.09 ± 0.06	0.04 ± 0.04	0.01 ± 0.01	0	9.66 ± 2.71
	Ce	20.30 ± 5.21	6.35 ± 0.95	0.93 ± 0.22	3.79 ± 0.58	1.70 ± 0.25	1.41 ± 0.11	34.48 ± 6.11
	Co	19.27 ± 5.24	2.11 ± 0.99	1.35 ± 0.85	0.61 ± 0.63	0.71 ± 0.65	0.18 ± 0.11	24.23 ± 6.16
	Individual total content	48.84 ± 11.84	8.71 ± 1.75	2.37 ± 0.83	4.44 ± 1.07	2.42 ± 0.86	1.59 ± 0.12	68.37 ± 13.13
Milo	SI	11.75 ± 8.10	0	0	0	0	0	11.75 ± 8.10
	Ce	18.49 ± 9.19	2.39 ± 1.14	3.28 ± 3.12	1.70 ± 0.57	0.32 ± 0.33	0.46 ± 0.46	26.64 ± 11.25
	Co	34.50 ± 10.05	2.89 ± 1.99	0	0	0	0	37.39 ± 9.78
	Individual total content	64.74 ± 19.07	5.28 ± 2.80	3.28 ± 3.12	1.70 ± 0.57	0.32 ± 0.33	0.46 ± 0.46	75.78 ± 22.56
Rice bran	SI	10.41 ± 2.40	0.43 ± 0.25	0	0	0	0	10.84 ± 2.19
	Ce	10.94 ± 2.07	3.01 ± 1.27	0.49 ± 0.13	1.61 ± 0.77	0.98 ± 0.16	1.00 ± 0.14	18.03 ± 3.66
	Co	27.78 ± 8.07	0	0	0	0	0	27.78 ± 8.07
	Individual total content	49.13 ± 11.81	3.44 ± 1.47	0.49 ± 0.13	1.61 ± 0.77	0.98 ± 0.16	1.00 ± 0.14	56.65 ± 11.40
Wheat bran	SI	2.07 ± 0.61	0.17 ± 0.14	0	0	0	0	2.24 ± 0.84
	Ce	10.44 ± 2.84	6.56 ± 3.01	0.25 ± 0.15	4.35 ± 2.89	0.73 ± 0.30	0.62 ± 0.35	22.95 ± 8.90
	Co	6.38 ± 4.01	2.80 ± 2.91	0	0.27 ± 0.25	0.04 ± 0.04	0	9.49 ± 6.88
	Individual total content	18.89 ± 1.24	9.53 ± 3.29	0.25 ± 0.15	4.62 ± 2.52	0.77 ± 0.24	0.62 ± 0.35	34.68 ± 6.38

* The same as Fig. 1.

** The same as Table 2.

*** The same as Table 2.

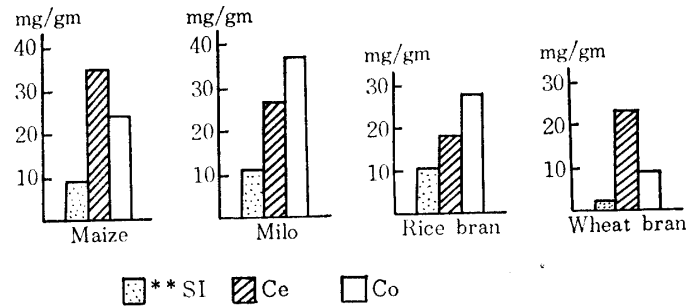


Fig. 3. Concentration of volatile fatty acids in contents from different portion of the intestinal canal of fowls, variously fed
** The same as Table 2.

Table 5. Individual volatile fatty acid expressed in percentage in the intestinal contents of fowls, variously fed

Feed	Portion**	*C ₂	C ₃	i-C ₄	n-C ₄	i-C ₅	n-C ₅
Maize	SI	96.0	2.6	0.9	0.4	0.1	0
	Ce	58.9	18.4	2.7	11.0	4.9	4.1
	Co	79.5	8.7	5.6	2.5	2.9	0.8
Milo	SI	100.0	0	0	0	0	0
	Ce	69.4	9.0	12.3	6.4	1.2	1.7
	Co	92.3	7.7	0	0	0	0
Rice bran	SI	96.0	4.0	0	0	0	0
	Ce	60.7	16.7	2.7	8.9	5.4	5.6
	Co	100.0	0	0	0	0	0
Wheat bran	SI	92.4	7.6	0	0	0	0
	Ce	45.5	28.6	1.1	18.9	3.2	2.7
	Co	67.2	29.5	0	2.9	0.4	0

* The same as Fig. 1.
** The same as Table 2.

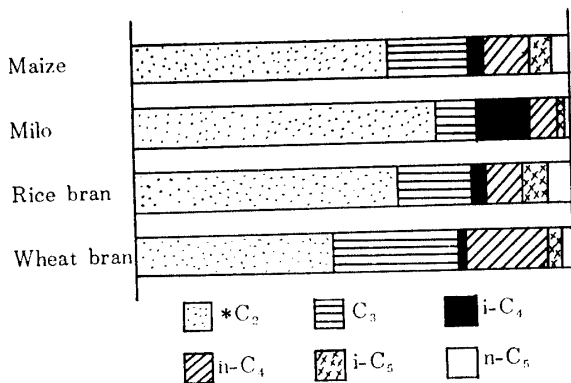


Fig. 4. Individual volatile fatty acid expressed in percentage in the cecal contents of fowls, variously fed
* The same as Fig. 1.

いる。これに対し、トウモロコシ群とフスマ群では下回っていた。ところで、各分画の%を表示したのが Table 5 である。C₂が首位を占めることは、各飼料群で一致するが、他の分画では必ずしも一致しない。これをさらに部位別に吟味すると、小腸と結腸はほぼ類似の傾向を示し、C₂が圧倒的な高率を占める。それ以外の分画ではC₃が比較的多い。

ところが盲腸ではややおもむきを異にする (Fig. 4)。各群のC₂は、小腸で100.0~92.4%、結腸で100.0~67.2%にわたっているが、盲腸では69.4~45.5%と減少する。この点および先述したように、各飼料群ともに6分画がみられた点が、小腸、結腸と異なる盲腸内VFAの特長といえよう。

(3) 腸管内容物の粗線維

粗線維量 (mg/gm) は Table 6 に示してある。著者ら

Table 6. Concentration of crude fiber in the intestinal contents of fowls, variously fed (mg/gm)

Portion**	Maize	Milo	Rice bran	Wheat bran
SI	***22.5±8.3	20.0±6.5	70.0±22.5	153.0±19.0
Ce	29.5±6.0	19.8±2.1	18.8±1.5	22.5±3.0
Co	105.0±14.0	197.0±61.5	217.8±14.2	206.3±12.4

** , *** The same as Table 2.

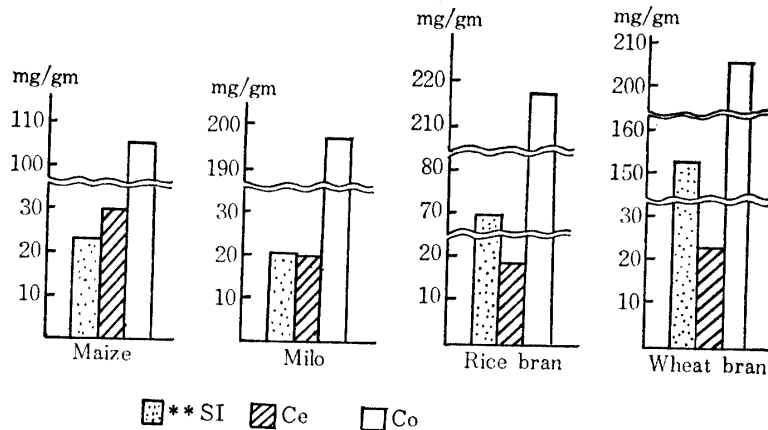


Fig. 5. Concentration of crude fiber in contents from different portion of the intestinal canal of fowls, variously fed
** The same as Table 2.

は、飼料中の粗線維量から、4種の飼料を第1、第2の両群に区分した。まず小腸であるが、小腸内の粗線維量は飼料中のそれに対応している。粗線維量が少量な第1群（トウモロコシ、マイロ）はともに少量で、両者の数値も 22.5 mg/gm 、 20.0 mg/gm で近似している。また、飼料中のそれ (22.4 mg/gm 、 21.2 mg/gm) ともほぼ一致している。これに対し、粗線維の多い第2群（ヌカ、フスマ）の小腸内では粗線維が極めて多く、 70.0 および 153.0 mg/gm に達している。要するに、飼料中の粗線維量の影響が強く反映している。このように、飼料中の粗線維量に対応する関係は結腸でも同様である。

ところが、Fig. 5で明らかなように、盲腸になると、第1、第2両群の相違は不鮮明となる。いい換えると、各飼料群ともほぼ等しい値を示す。もっとも、トウモロコシ群は他の3群よりやや多くなっている。しかし、トウモロコシは第1群に属し、粗線維量は少ないのである。したがって、小腸、結腸でみたような対応関係はトウモロコシには該当しない。むしろ、その逆である。要約するに、小腸、結腸と異なり、盲腸では飼料中の粗線維量にかかわらず、均一化するのがある。この点は、他の腸管にはみられない盲腸の特異

性の1つである。

考 察

1. 給与した飼料に含まれるVFAはC₂だけである。C₂含有量が飼料によって相違するのはもちろんであるが、いずれも微量である。供試した4種のそれは $0.01 \sim 0.29 \text{ mg/gm}$ にすぎない。

ところが採取した小腸内のVFAは増量している。また分画数も増している。ここで増量といったのは、固形物1gm当りmg数をさしている。これを数値で示すと $2.24 \sim 11.75 \text{ mg/gm}$ である。飼料に比べ、著しく増加している。というものの、増量がそのままVFA生成につながることを意味しない。小腸における旺盛な消化、吸収が考慮されるからである。しかし、飼料には全く含まれていないVFA区画が見出される事実は、小腸内におけるVFA生成を物語っている。したがって、VFA増量は主として小腸内で生成されたため、と解したい。

2. 盲腸内容はいうまでもなく、小腸から流入したものである。各飼料群は、いずれも小腸に比べ増量する。数値を挙げると、 $18.03 \sim 34.48 \text{ mg/gm}$ にわたっ

ている。この数値は消化と吸収、つまり増加と減少という、相反する2面の和である。それにしても、小腸に比べての著しい増加は、盲腸における著明なVFA生成を裏付けている。しかも、すべての群が6分画を産生している。著者らは、すでに前報¹¹で盲腸におけるVFA生成と吸収を報告したが、本研究の成績はそれを一層確かめえたものとする。要するに、VFA生成と吸収に当って、全消化管のなかで主体的な役割を果たすのは盲腸といってよい。

3. 量的な差はあるにせよ、供試した4種の飼料に関する限り、盲腸内のVFA分画は、C₂, C₃, i-C₄, n-C₄, i-C₅ および n-C₅ の6種である。それ以上もないし、それ以下もない。この事実は恐らく、他の飼料にも適用されるのではないか？ つまり6分画を限度とするものと推定している。

ところで、盲腸内VFAの特長の1つは、C₂の%が、小腸、結腸に比較して小さいことである。もちろん、分画数が増加するので、小腸より低下するのは当然である。ただしかし、結腸より低いことは、どう説明したらよいのか？ ここで考えられるのは、盲腸内では各群とも6分画が認められたのに対し、結腸内では分画が若干欠如していることである。したがって、小腸の場合に説明できる理由が結腸にも適用される、とみる。なお、結腸内容はすべて盲腸を経由するとは限らない。盲腸糞排出についての池田¹²⁾の成績によれば、小腸から直接、結腸に流入するのが常道である。それはそれとして、結腸内の分画数が減少することは、盲腸内におけるVFAの吸収の結果として理解できよう。

4. 粗線維含有量からみて、供試した飼料は2群に大別できる。含有量の少ないものを第1群(トウモロコシ、マイロ)、多いものを第2群(ヌカ、フスマ)と呼ぶことは前述した。

さて、腸管内の粗線維量を腸管部位別、飼料別に比較すると、小腸、結腸では、飼料中の粗線維量に対応することがわかった。これらの部位では、第2群が第1群より明らかに多量認められた。ところが盲腸内では、この比例的な対応が認められない。つまり、飼料そのものによる差異が消失する。飼料中の粗線維量にかかわらず、各群とも盲腸内の粗線維量はほぼ等しい。トウモロコシ群のように、むしろ飼料中の粗線維量に逆行する傾向も窺われた。いい換えると、飼料中および小腸内の粗線維量の多様性は、盲腸内で均一化されてしまう。このような均一化は、予想外の成績であった。

では、この現象をどのように解釈したらよいのか？

すでに反芻類第1胃で実証されているように、細菌によるcellulose分解産物がVFAである。このVFA生成機構が、ニワトリ盲腸内にも適用される、というのが常識的判断であろう。したがって、飼料の粗線維(特にcellulose)に比例的なVFA生成があるはずである。つまり、飼料中の粗線維量が多いほど、盲腸内VFA生成量が増すし、未消化の粗線維量の多いことが当然である。

ところが、著者らのえた成績では、飼料中の粗線維量にかかわらず、盲腸内の粗線維量は均一化し、ほぼ一定するのである。この成績は、粗線維量が多いほどVFA生成と吸収が増す、ことに矛盾するのではない。のみならず、それを実証することと受けとめてよい。それにしても、これほど均一化することに意外の感をもつ。この均一化は盲腸におけるVFA生成、吸収の限度を示す、のではなからうか？ この考えが許されるならば、飼料中の粗線維量とVFA生成、吸収量に1つの公式が成り立つ、と思われる。つまり、各飼料について、VFA生成量、吸収量が推算できる可能性を示唆している。

5. 飼料中の粗線維量と、小腸内VFA量は逆比例的な傾向を示した。PERSSONら¹³⁾、および齋藤ら¹⁴⁾は、粗線維の添加が飼料の消化管内通過を早くする、と述べている。この報告に従えば、粗線維量の多い飼料ほど、小腸通過時間が短縮する、ことになる。それならば、小腸内のVFA生成量の減少につながる結果となる。これに対し、盲腸では粗線維量に応じ、VFA生成が強化されることは前述した。盲腸内に流入した小腸内容は、相当時間ここに停滞している。したがって、PERSSONらが指摘した現象は、盲腸では殆んど適用されない。盲腸が、VFA生成、吸収に大きな役割を演じる1つの理由は、盲腸という解剖的特質にもとづいている。

要 約

ニワトリの腸管内に含まれる揮発性脂肪酸(VFA)と、飼料中の粗線維との関連性を追究して、つぎの成績をえた。

1. 給与した4種の飼料(トウモロコシ、マイロ、ヌカおよびフスマ)に含まれるVFAは、酢酸のみである。

2. 腸管内容のVFAは増量する。また分画も増し、酢酸のほかプロピオン酸、イソ酪酸、正酪酸、イソ吉草酸および正吉草酸の6分画であった。

3. 腸管3部位(小腸, 盲腸および結腸)のうち, 6分画のすべてを認めただのは盲腸のみである. この事實は各種の飼料に共通している. 盲腸内の各分画のうち, 酢酸が最も多く, プロピオン酸がこれにつぐ. その他の分画の量的順位は一致していない.

4. 小腸と結腸内の粗線維量は, 飼料の粗線維量に対応している. これに対し, 盲腸内のそれは均一化し, ほぼ一定量を示している.

5. 小腸と比較した盲腸内容の特長は, ①VFAの増量, ②分画数の増加, ③粗線維量の均一化, などである. また, 結腸は盲腸に比べ, 分画数が少ない.

6. 以上の実験的結果は, つぎのことを示唆している. すなわち, ①セルロースは, 腸管内で分解し, VFAを生成するとともに吸収される, ②VFAの生成吸収については, 腸管のうち, 盲腸が主役をはたす, ③本研究の成績は, セルロースの分解の限度を暗示する, などである.

このような盲腸内消化の特長は, 盲嚢という解剖的特質が密接に関係している, と思われる.

稿を終るに当り, 本研究に協力された藤田省吾君に感謝する.

文 献

- 1) 帆足喜久雄・長野慶一郎・宇野宝蔵・安川正敏: 鹿大農学術報告, **21**, 217-225 (1971)
- 2) MANGOLD, E.: *Arch. F. Geflügelkunde*, **2**, 321-324 (1928)
- 3) HENNING, H. J.: *Landw. Versuchs stat.*, **108**, 253-286 (1929)
- 4) 中広義雄・一色泰・田先威和夫: 日畜会報, **38** (増刊号), 5 (1967)
- 5) 半杭邦雄・紺野耕・小野寺強・勝木辰男: 日本獣医畜産大紀要, **17**, 61-66 (1968)
- 6) 窪田大作・森本宏: 日本万国家禽学会秋期大会誌, 45-46 (1964)
- 7) THORNBURN, C. C. and J. S. WILLCOX: *Brit. Poult. Sci.*, **6**, 23-31 (1965)
- 8) 安川正敏・長野慶一郎: 鹿大農学術報告, **15**, 67-73 (1964)
- 9) 京都大学農学部農芸化学教室: 農芸化学実験書 (第2巻), 産業図書KK, 東京 (1957)
- 10) 高橋善弥太・田中圭・武藤武敏: ガスクロマトグラフィ, 第2集, 南江堂, 東京 (1964)
- 11) 丸山正生: 医学のあゆみ, **50**, 205-207 (1964)
- 12) 池田三義: 日薬理誌, **49**, 54 (1953)
- 13) PERSSON, S. and S. A. SVENSSON: *Arch. F. Geflügelkunde*, **24**, 407-416 (1960)
- 14) 齊藤道雄・木部久衛: 日畜会報, **29**, 109-114 (1956)

Summary

In the previous paper, the volatile fatty acids (VFAs) in the intestinal contents were analyzed quantitatively. As a result, it was showed that VFAs were produced and absorbed in the intestinal canal, especially, in ceca. The cecum of fowls is considered to be the site of crude fiber digestion, however this interpretation is mainly based upon the experimental results of digestibility determination of the crude fiber.

The present experiment was carried out to find a clue to the digestive processes of cellulose by elucidating the relation between the concentration of VFAs in the intestinal contents and the crude fiber in the feeds. The quantitative analysis of VFAs was made by the method similar to that in the prior report. The crude fiber was determined by the modification of HENNERBERG-STOHMAN's method.

The results obtained are summarized as follows.

1. The following four kinds of feed were used; namely, maize, milo, rice bran and wheat bran. Only acetic acid was detected in the above feeds.

2. The concentration of VFA in the intestinal contents, as compared with that in the feeds, increased. Furthermore, the number of VFA fractions increased by five, *i. e.*, propionic, iso butyric, normal butyric, iso valeric and normal valeric acids.

3. Among the small intestine, cecum and colon, all the six VFA fractions were recognized only in the ceca of fowls, variously fed. In the cecal content, a large proportion of VFAs was formed by acetic acid, which was followed by the propionic acid, while a regular pattern of the quantitative ranking of the other acids was not observed.

4. The concentration of crude fiber in the small intestinal and colonic contents was found to be proportional to that in the feeds, whereas the concentration in the cecal content was almost uniform.

5. The distinctive features of cecal content in comparison with small intestinal contents were the increase of VFA concentration and fraction as well as the uniformity of the crude fiber concentration. The number of VFA fractions in colonic content was fewer than that in the cecal content.

6. The above-stated experimental results suggest the following : 1) the cellulose is decomposed in the intestinal canal with the production and absorption of VFAs, 2) the cecum plays an important role in producing and absorbing VFAs, 3) there exists a limit in the decomposition of cellulose.

The above-mentioned character of cecal digestion is supposed to be closely related with the anatomical property of cecum as a blind sac.