豚における蛋白の消化吸收 (第2報)*

抗生物質の影響について

石 川 鹿 生 (三重大学農学部農芸化学科)

昭和 34 年 3 月 11 日 受 理

家畜栄養における抗生物質の作用機構は明らかにされていないが、豚に対する効果が著しいことが知られている。その理由の一つとして蛋白質の節約作用又は利用率向上が指摘されており⁽¹⁾、消化吸收を向上せしめるとする説⁽²⁻⁴⁾とこれを否定する説^(5,6)とがあるようである。

指標物質を用いた鼠の試験で Carroll 等⁽⁴⁾は消化器特に小腸における蛋白吸収はクロールテトラサイクリン (Ch) 添加投与により著しく向上するとし、又 Huang 等⁽⁷⁾は兎の消化器各部位における吸収を調べている。筆者は酸化クローム (CR) を指標物質として豚に経口的に Ch を与えた場合の消化器各部位における蛋白質の吸収又は消失の様相を調べ、Ch 無添加時の結果と比較し若干の検討を加えたので報告する。

実 験 方 法

試験動物はヨークシャー種の成豚で健康なものである。基本飼料の配合及び飼養管理法は第1報⁽⁸⁾に述べたのと同じである。

第1回実験：試験5日前から基本飼料を給与し、屠殺日を含めて10日間一定量の基本飼料にオーロファック 2A を添加して、7時、11時30分、16時の1日3回に給飼する。試験開始後6日目からこれに一定量の CR を混与する。オーロファック 2A 及び CR は給飼毎に別に秤取して基本飼料とよく混合し、水にて握り摂取時の飛散等による損失を防止し、採食終了後に同飼槽に給水して飲み水とし附着飼料の損失を防ぐ一助とする。

第2回実験：1日の給飼を7時及び16時の2回とする。基本飼料に切換え4日経過後、まず最初に Ch 無添加時の基本飼料の消化率を指標物質法により査定するため、一定量の CR を添加し No. 17 は9日間、No. 38 は8日間飼育する。それぞれの最終の2日間における午前 (7時～12時)、午後 (12時～16時30分)、夜間 (16時30分～翌日7時) の排糞から任意に等量の試料を採取する。これらをそれぞれ混合して分析用試料に調製する。次に CR 添加を中止してオーロファック 2A を一定量加える。屠殺日を除き No. 17 は9日間、No. 38 は12日間 Ch を摂取せしめる。別に屠殺日の5日前から CR をも混与する。而して Ch 添加時の基本飼料の消化率査定のための試料糞を前と同じ方法に従い採取する。給飼に際しての取扱いは回数を2回にする点を除いて第1回実験と同様である。

両実験共期間中に残食はない。屠殺時の条件を可能な限り第1報の場合と同一にする。即ち屠殺前の絶食を行わず、最終日の7時に平常通り試験飼料を摂取せしめてから約3時間後 (但し No. 38 は3.5時間後) に電気屠

・ 第1表 基本飼料の組成% (配合 穀 8, 大豆粕 3)

	水分	有機物	粗蛋白質	純蛋白質	粗繊維
第1回実験	12.11	81.76	24.57	23.18	7.94
第2回実験	13.92	80.59	23.81	23.10	7.47

殺法により殺し直に解体したものの消化器各部位から第1報と同方法により内容物の試料を採取する。

基本飼料の組成は第1表に、その給与量、

第2表 飼 養 実 施 法

実験	動物	性別	飼 養 期 間	飼料給与量 (g)		1回給飼毎の添加量 (g)	
				1日量	1回量	オーロファック 2A	酸化クローム
第1回	No. 3	牡	32.12. 8~17	1687.5	562.5	6	6.000
	No. 2	牝	32.12. 16~25	2250	750	8	7.500
第2回	No. 17	牡	33.11. 27~12. 5	2250	1125	0	12.000
			33.12. 6~15	2625	1312.5	14	14.000
	No. 38	牡	33.12. 5~12	2250	1125	0	12.000
			33.12. 13~25	2250	1125	12	12.000

オーロファック 2A, CR の添加量等は第2表に、消化器内容物の試料採取部位等は第3表に示す通りである。なおオーロファック 2A の蛋白質含有率は 10% であるが添加量が少なく基本飼料の蛋白質含有量に比し無視出

注 飼料給与量は尺貫法による値を換算した数値である。

* Digestive Absorption of Protein in Swine. Part II. Effect of Antibiotic on Intestinal Absorption. By Shikao ISHIKAWA (Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture, Mie University)

第 3 表 消化器内容物採取部位

動物	月令	体重 (kg)	小 腸		盲 腸		大 腸 (盲腸含まず)		直 腸		分析用試料の調製、 分析法並びに消化吸 収率算出法は第 1 報 と同じであり、後述 する飼料蛋白質の胃 内通過速度を推測す るために必要とする基本飼料及び胃幽門部 内容物の粗繊維含有率も常法 ⁽⁹⁾ により分析 する。また CR は湿式灰化法 ⁽¹⁰⁾ により定 量する。pH 値は解体直後の試料につきア ンチモン電極水素イオン計により測定する。 飼料の pH は給与時の状態のものについて 測定する。
			長さ (m)	採取部 (m)	長さ (m)	採取 部	長さ (m)	採取部 (m)	長さ (m)	採取 部	
No. 3	16	154	17.54	末端の1.80	0.30	全量	6.15	中位の0.50	0.38	全量	
No. 2	9	86	17.00	末端の2.50	0.27	全量	5.20	中位の0.80	0.35	全量	
No. 17	17	150	17.00	末端の3.00	0.27	全量	5.25	中位の0.40	0.37	全量	
No. 38	16	138	17.80	末端の4.00	0.25	全量	4.90	中位の0.35	0.35	全量	

第 4 表 試 験 結 果

(1) 内容物組成%

動物		小腸	盲腸	大腸	直腸	混 合 糞	
						Ch 添加	Ch 無添加
CR	No. 3	1.033	1.553	2.114	1.907		
	No. 2	1.100	1.277	2.000	2.333		
	No. 17	1.288	1.976	2.810	2.691	2.691	2.706
	No. 38	1.345	2.086	2.730	2.938	2.730	2.615
粗蛋白質	No. 3	17.10	14.02	10.26	8.89		
	No. 2	18.24	12.54	10.71	10.94		
	No. 17	19.40	17.65	11.98	11.99	11.98	11.83
	No. 38	20.27	16.56	13.29	13.86	12.85	12.70
純蛋白質	No. 3	10.83	10.76	7.98	7.11		
	No. 2	11.51	10.21	7.75	9.48		
	No. 17	11.11	12.42	10.24	10.54	10.37	10.51
	No. 38	12.32	12.76	10.90	11.44	10.03	10.73

(2) 吸収率%

粗蛋白質	No. 3	28.2	60.8	78.9	79.8		
	No. 2	32.5	60.1	78.2	80.9		
	No. 17	32.6	60.0	80.9	80.1	80.1	80.4
	No. 38	32.5	64.5	78.2	78.9	78.9	78.3
	平均	31.5	61.4	79.1	79.9	79.5	79.4
純蛋白質	No. 3	51.8	68.1	82.6	82.9		
	No. 2	54.9	65.5	83.3	82.5		
	No. 17	60.2	71.0	83.2	81.9	82.2	82.1
	No. 38	57.7	71.8	81.6	82.0	83.1	81.1
	平均	56.2	69.1	82.7	82.3	82.7	81.6

第 5 表 消化器内容物の pH (18° 換算値)

動物	Ch 無 添 加			Ch 添 加			
	No. 20	No. 98	No. 99	No. 3	No. 2	No. 17	No. 38
給与飼料	6.28	6.35	6.30	6.44	6.44	6.20	6.20
胃幽門部	4.81	3.80	4.71	4.56	4.20	4.90	3.56
小腸	7.25	7.10	7.00	7.18	7.45	6.90	7.18
盲腸	6.14	6.50	6.38	6.60	6.26	5.94	6.72
大腸	7.80	7.28	7.17	8.00	7.70	7.04	7.32
直腸	8.00	7.80	7.72	8.00	8.00	7.34	7.52

消化器内容物の pH について： 消化器各部位の内容物の pH の値は第 5 表に示した。摂取飼料が小腸から盲腸に至ると微酸性となり結腸、直腸に進むと再び塩基性に変化する。これは Ch 無添加の配合飼料を与えてから 2 時間経過した豚の消化器内容物の pH について Moore 等⁽¹¹⁾が報告している値と同傾向を示している。

消化器各部位における吸収率について： 第 4 表に見る通り消化器各部位における粗蛋白質吸収率の個体差は、小腸においては Ch 無添加時に比べやや大きい、他の部位では変りなく大体揃った値である。また純蛋白質の小腸、盲腸における消失率の個体差は比較的大きい。

No. 17 の直腸における粗蛋白質吸収率が小腸におけるより僅かに小さくなり、No. 2, No. 17 の直腸における純蛋白質消失率がそれぞれの大腸におけるより同じく小さくなるが、何れも実験誤差によるものと考えられる。これらの吸収率を Ch 無添加時のそれと比較して見ると、小腸において蛋白質吸収率は Ch 添加時に明らかに著

るために必要とする基本飼料及び胃幽門部内容物の粗繊維含有率も常法⁽⁹⁾により分析する。また CR は湿式灰化法⁽¹⁰⁾により定量する。pH 値は解体直後の試料につきアンチモン電極水素イオン計により測定する。飼料の pH は給与時の状態のものについて測定する。

実験結果と考察

消化器各部位の内容物と Ch 添加時、無添加時それぞれの混合糞試料との CR 及び蛋白質含有率並びに吸収又は消失率は第 4 表に一括表示した。なお本文では動物体内におけるみかけの全吸収の割合を慣習に従い消化率と呼び、消化器各部位における途中の吸収割合を吸収率と称することにした。

消化率について： No. 17, No. 38 それぞれの Ch 添加時及び無添加時の混合糞から得られる蛋白質消化率の 2 の値は、第 4 表の混合糞欄に見る通り、同一と考えられる。同じく直腸内容物から求めた消化率の値についても、No. 17, No. 38 それぞれの場合 Ch の有無による変化はないと見なされる。また第 6 表の分散分析表に示す通り、本実験における直腸内容物の組成から計算される Ch 添加時の蛋白質消化率群と第 1 報の第 2, 第 3 回実験における Ch 無添加時の消化率群との間に有意の差は認められない。即ち成豚に対する Ch の経口投与は蛋白質の消化率に影響を及ぼさない。

第 6 表 Ch の有無による吸収率の有意差検定

変 動 因	自由度	平方和	平均平方
全 体	31	7558.70	
消 化 器 部 位 間	3	5253.30	
各部位の Ch の有無	4	2229.67	
そ の 中			
小腸において	1	2119.00	2119.00***
盲腸において	1	104.40	104.40***
大腸において	1	1.62	1.62
直腸において	1	4.65	4.65
誤 差	24	75.73	3.16

第 7 表 Ch の有無による純蛋白質消失率の有意差検定

変 動 因	自由度	平方和	平均平方
全 体	31	2332.30	
消 化 器 部 位 間	3	1519.16	
各部位の Ch の有無	4	759.83	
そ の 中			
小腸において	1	686.35	686.35***
盲腸において	1	61.61	61.61***
大腸において	1	7.22	7.22
直腸において	1	4.65	4.65
誤 差	24	53.31	2.26

し No. 17, No. 38 が 1 日 2 回であるが、各部位における吸収の相違は両者間に認められず、また胃内通過が蛋白質より遅いと考えられる⁽⁹⁾ CR でも採食後 4 時間経過すると小腸末端の内容物中に最も多量に見られるから⁽¹²⁾、本実験の給飼及び屠殺法から考えて各採食時の蛋白質の小腸、盲腸内での重複は起っても僅かな程度に過ぎないであろう。採食後の経過時間は Ch 無添加時のそれと大差はない。Lepkovsky 等⁽¹³⁾、Gupta 等⁽¹⁴⁾は鼠の実験で蛋白質の胃内通過速度は採食 2 時間後は低下し小腸に空素の一時的な蓄積は見られないとし、Dreisbach 等⁽¹⁵⁾は小腸における最大吸収率を示すのは採食 2~4 時間経過後であるとしている。本実験の採食から屠殺までの時間はこれらの報告を参考にして決めたのである。そこで Ch 添加により蛋白質の胃内通過速度が変化を受けたか否かを調べて見た。即ち胃腸門部の蛋白質残存率 $\left(\frac{\text{飼料中の指標物質}\%}{\text{内容物中の指標物質}\%} \times \frac{\text{内容物の蛋白質}\%}{\text{飼料の蛋白質}\%} \times 100 \right)$ を求めて見ると、第 8 表の如く Ch 添加時の平均値は無添加時のそれより大きい、個体差が大きく、しかも Ch 無添加時の No. 98 の残存率は添加時の No. 2, No. 38 のそれより高い。Moore⁽¹²⁾は粗繊維の胃内通過が遅いことを指摘しているが、胃内容物（風乾物）の粗繊維含有率は飼料のそれより高く、その残存率は 100% を越えることから胃内通過が CR 及び他成分⁽¹¹⁾に比し遅いと推察される。従って蛋白質の胃内通過速度を比較するため、粗繊維を基準として残存率を計算して見ると、第 8 表に見る通り Ch 添加時の平均残存率がやはり高くなるが、かなりの個体差が見られ、CR を指標とした場合の結果と考え合せて Ch 添加による蛋白質の胃内通過の遅延を推断出来ない。

次に Dreisbach 等⁽¹⁵⁾が鼠の実験で示したように、豚でも消化器の分泌液が相当量飼料に由来する内容物に混入し特に小腸においてこの度合いが高いであろうと想像される*。而して実験的根拠はないが、この種の分泌が

第 8 表 胃腸門部の蛋白質残存率

動物		内 容 物 組 成 %				飼料の 粗纖維 (%)	残 存 率			
		CR	粗蛋白質	純蛋白質	粗纖維		CR 指 標 法		粗纖維指標法	
							粗蛋白質	純蛋白質	粗蛋白質	純蛋白質
Ch 無 添 加	No. 18	1.686	13.52	8.34	18.69	7.85	34.9	23.1	38.3	16.9
	No. 20	1.570	19.05	8.69	14.21	7.85	52.8	25.9	47.4	23.2
	No. 98	0.999	14.97	10.03	15.56	7.41	63.9	47.8	31.9	23.9
	No. 99	1.731	14.50	9.45	17.18	8.07	35.2	24.8	29.9	21.1
							平均 46.7	30.4	36.9	21.3
Ch 添 加	No. 3	1.109	17.21	10.30	15.38	7.94	67.3	42.7	38.5	21.7
	No. 2	1.013	13.79	7.84	21.11	7.94	55.4	33.4	21.1	12.0
	No. 17	1.277	22.01	15.24	11.67	7.47	64.2	55.1	59.2	42.3
	No. 38	1.314	18.09	11.83	15.14	7.47	61.6	41.5	37.5	25.3
							平均 62.1	43.2	39.1	25.3

Ch により刺激増進される結果小腸内容物の窒素含量が高くなり、吸収を受けながら盲腸を経て大腸中位部に至る間に増加分に相当する窒素化合物も吸収されるために、小腸、盲腸における吸収率が Ch 添加により一時低下するが大腸中位部に来ると Ch 無添加時と同水準になるのではなからうか。本実験の場合 Ch 無添加時でも蛋白質の消化作用は飽和点に達しており、Ch 添加による分泌消化液増加分が作用をする余地が残されていなかったと考えれば、実験結果を一応合理的に説明出来る。しかしこれらの点については別の方法による研究を必要とすることは言うまでもない。

要 約

成豚にクロールテトラサイクリン (オーロファック 2A) を経口投与した場合の消化器各部位における蛋白質の消化吸収率を指標物質法により調べ、クロールテトラサイクリン無添加時のそれと比較し若干の考察を行った。

- (1) Ch を与えても蛋白質の消化率は不変である。
- (2) 消化器各部位の内容物の pH は Ch により影響を受けるとは考えられない。
- (3) Ch 添加時は無添加時に比し小腸及び盲腸におけるみかけの吸収率が低下する。しかし大腸中位部及び直腸における吸収率は無添加時と変わらない。

動物管理及び試料採取には三重県種畜場野呂、沼田両技師の、試料分析には当教室稲浜嬢の御協力を頂いた。記して感謝の意を表します。

* 本報告投稿後 E. S. Nasset は次のようなノートを発表している。(Nutrition Rev., 17, 95 (1959))

「普通内生素素は無蛋白食を給与して求めているが、蛋白質給与時は予期以上に多量の内生素素が消化器内容物に混入することを鼠及び犬の実験で認めた。」

(1) T. J. Cunha, J. E. Burnside, H. H. Edwards, G. B. Meadows, R. H. Benson, A. M. Pearson, R. S. Grasscock : <i>Arch. Biochem.</i> , 25, 455 (1950).	(7) T. C. Huang, H. E. Ulrich, C. M. McCay : <i>J. Nutrition</i> , 54, 621 (1954).
(2) T. C. Huang, C. M. McCay : <i>J. Nutrition</i> , 50, 129 (1953).	(8) 石川鹿生 : 本誌, 32, 83 (1958).
(3) R. M. Forbes : <i>ibid.</i> , 53, 275 (1954).	(9) 東大農芸化学教室編 : 実験農芸化学, 106 (1952).
(4) R. W. Carroll, G. W. Hensley, C. L. Sittler, E. L. Wilcox, W. R. Graham, Jr. : <i>Arch. Biochem. Biophys.</i> , 45, 260 (1953).	(10) 石川鹿生 : 三重大農学報, 18, 47 (1958).
(5) R. Fevier, A. Francois, M. Michel, R. Pero, E. Salmon-Legagneur : <i>Compt. rend. acad. agr. France</i> , 41, 698 (1955); C. A., 50, 6608 b (1956).	(11) J. H. Moore, C. Tyler : <i>Brit. J. Nutrition</i> , 9, 63 (1955).
(6) R. Février, J. P. Vachel : <i>Ann. inst. natl. recherche agron., Sér. D. Ann. zootech.</i> , 4, 150 (1955); C. A., 50, 6609 f (1956).	(12) J. H. Moore : <i>ibid.</i> , 11, 273 (1957).
	(13) S. Lepkovsky, R. Lyman, D. Fleming, M. Nagumo, M. M. Demick : <i>Am. J. Physiol.</i> , 188, 327 (1957).
	(14) J. D. Gupta, A. M. Dakroury, A. E. Harper : <i>J. Nutrition</i> , 64, 447 (1958).
	(15) L. Dreisbach, E. S. Nasset : <i>ibid.</i> , 53, 523 (1954).