産卵鶏における Carotenoid 代謝に関する研究

I 緑餌多給時における卵の Carotenoids 及び Vitamin A 含量

斎藤 道雄・山田 英世

(名古屋大学農学部家畜飼養学教室)

Studies on the metabolism of carotenoid pigments in laying hens

I Carotenoids and Vitamin A contents of eggs laid by hens fed high green forage.

MICHIO SAITO and HIDEYO YAMADA

(Department of Animal Feeding, Faculty of Agriculture, Nagoya University)

I 緒 言

鶏における Carotenoids 代謝に関しては、古くは PALMER¹⁾, PALMER and KEMPSTER²⁾, 鈴木幸三⁴⁾, VIRGIN and KLUSSMANN⁵⁾, CAPPER, Mc KIBBEN and PRENTICE⁷⁾ 等の研究があり、主として鶏における Xanthophyll の代謝並びに Carotene より Vitamin A の生成を証明するものであるが、最近 Carotenoids そのものの研究が Chromatogram¹⁹⁾ の発達と Spectrophotometer の利用によつて立体化学的に急激な進歩を示し、かつ Carotene から Vitamin A に転換の Site が主として腸粘膜にあることが判明したのと、Carotenoids 吸収と他の Vitamin 類(たとえば Vitamin E, B₁₂, C 等)との関連性も続々研究された事によつて、鶏体内の Carotenoids 利用について一段の知識が加えられるに至つた。ことに HUGHES and PAYNE¹¹⁾, PETERSON, HUGHES and PAYNE³⁾, BISBEY, COVER, APPELEY and WEISS¹²⁾, BILER¹³⁾, ZECHMEISTER⁸⁾, HIGH and DAY¹⁰⁾, KEMMERER, FRAPS and MOTTIER⁹⁾, BIERI¹⁴⁾ 等により、鶏における Carotenoids の吸収機構並びに排泄状態が明確になつた。

しかし上記の諸研究は、一般の濃厚飼料を基礎飼料として之に Carotenoids 化合物を添加して調査したものであつて、緑餌を多給した場合の研究成績ではないのである。近時鶏の必要とする養分量については、アメリカの National Research Council を中心としてた栄養学者の団によつて急速に改善が加えられた、結果各種の Vitamin 並びに無機物の補給が、アメリカでは実際に行なわれるようになった。しかるに我が国では、これらの必要な Vitamin 及び無機物の補給は現在完全に行なわれておらず、将来もこれを実行することは容易でないが、この種の栄養的欠陥は、緑餌の多給によつて(充分ではないが)かなり解決されるものと考えられる。

最近我が国では緑餌を多給する養鶏法からさらに進ん

で雑草などを多給する養鶏法が一部に現われて来て、色々注目すべき問題を起して来た。この時に当り、緑餌を多給した場合の鶏の代謝を研究することは興味あることと信ずる。

本報告は、産卵中の白色レグホーン並びに名古屋種に緑餌を一日 100~170g を給与した場合、卵に排出される Carotenoids と Vitamin A 含量を調査したものである。本実験では緑餌の Carotenoids 吸収率は調査できなかったが、この問題は目下研究中であるから、次回に報告することとする。

II Carotenoids 摂取量の調査

実験には、前年春孵化した白レグ種 5 羽と名古屋種 5 羽を用い、同一条件のもとに、同一飼料を与えて産卵せしめた。産卵は旺盛な時期であつたので、両品種とも 60~80% の産卵率を示した。調査期間は予備試験に 10 日間、本試験に 10 日間とし、バッテリー中に飼育して糞尿の採集、卵の採集等を正確に行なつた。

まず本試験中の濃厚飼料と緑餌の摂取量、飲水量、新鮮糞の排泄量、風乾糞の排泄量及び産卵率を調査したが、第 1 表の通りであつた。

なお濃厚飼料の組成は、水分 10.2%, 粗蛋白質 14.7%, 粗脂肪 4.5%, 粗繊維 4.5%, 可溶無窒物 59.8%, 粗灰分 6.3% である。緑餌としてはルタバガ生葉を用い、その組成は水分 89.4%, 粗蛋白質 1.1%, 粗脂肪 0.4%, 粗繊維 1.6%, 可溶無窒物 6.2%, 粗灰分 1.3% である。

第 1 表のとおり、濃厚飼料の摂取量は両品種の間において大差なく、毎日 100g 内外 (94~132g の範囲) を示したが、緑餌の摂取量は、毎日平均、白レグが 118g 内外なのに対し、名古屋は 167g 内外で、白レグよりも約 50% 多くなつてゐる。飲水量は、名古屋種の 1 羽を除けば、いずれも差はなかつた。新鮮糞の排泄量は、緑餌の摂取量が多い名古屋種の方が多くなつてゐるが、風乾糞として計算すると、品種間の差はほとんど認められな

Table 1 Feed consumption and feces excretion of the laying hens on experiment.

Breed	No. of bird	Average daily intake of feed and water			Average daily excretion of feces		Average rate of egg laying
		concentrates	green forage	water	fresh	air dried	
White Leghorn	No. 1	100.4	117.5	97.6	163.7	43.3	64.5
	No. 2	117.0	114.8	131.7	194.8	50.4	61.3
	No. 3	116.3	125.3	121.1	187.2	47.5	87.1
	No. 4	117.4	117.4	184.2	197.3	53.9	83.9
	No. 5	128.1	112.5	159.0	170.2	46.2	45.2
Nagoya	No. 1	94.0	167.7	114.0	216.6	40.5	58.1
	No. 2	94.3	157.5	80.5	181.7	40.9	58.1
	No. 3	108.0	163.2	223.0	299.3	48.3	87.1
	No. 4	132.4	171.7	146.0	232.5	64.1	83.9
	No. 5	122.2	173.1	127.8	219.0	57.1	71.0

緑餌（新鮮物）は、第2表のとおり、Xanthophyll, β -Carotene, Cryptoxanthin のいずれにおいても、濃厚飼料（配合飼料）の10倍以上の含量を示している。また緑餌の Xanthophyll と β -Carotene の含量の比率は 10 : 1 とるなが、Xanthophyll が β -Carotene の 10 倍以上あると、 β -Carotene の吸収を制限する可能性があるという報告¹⁰⁾¹⁵⁾¹⁶⁾もあるもので、本実験の場合は検討を要するものと考えられた。

い。

次に、給与した濃厚飼料並びに緑餌の Carotenoids 含量を調べたところ、第2表の結果が出た。その方法は、緑餌については、毎日圃場から採取して細切した生葉を、給与前に一部を取り、測定して平均を求めた。Carotenoids の定量には藤田²⁰⁾の方法を用いた。

Table 2. Carotenoids content of feed given to experimental birds.

Kinds of carotenoid.	Concentrates. (in 100g)	Green forage (in 100g)
Xanthophylls.	1,063 μ g	15,354 μ g
β -Carotene	30	1,500
Cryptoxanthin.	36	417

次に、以上の2つの表の数字から一羽の一日当りの Carotenoids 摂取量を計算すると、第3表のようになる。

第3表によれば、毎日、白レグ種は Xanthophyll を 19~20mg, β -Carotene を 1.8mg, Cryptoxanthin を 0.5mg 内外、また名古屋種は Xanthophyll を 25~28 mg, β -Carotene を 2.3~2.6mg, Cryptoxanthin を 0.7mg 内外摂取している。

III 生産卵中の Carotenoids 及び Vitamin A 量

試験中生産された卵中の Carotenoids 含量は、第4表の通りである。この測定は、数個の卵の卵黄を取り出し、これを混合したものについて行ない、一個当りの平

Table 3 Average daily intake of carotenoids in each experimental bird.

Breed		White Leghorn					Nagoya				
Bird No.		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
carotenoids											
Xanthophylls	from C*	1,067 ^{μg}	1,244 ^{μg}	1,236 ^{μg}	1,248 ^{μg}	1,350 ^{μg}	999 ^{μg}	1,002 ^{μg}	1,080 ^{μg}	1,407 ^{μg}	1,299 ^{μg}
	from G*	18,041	17,626	19,239	18,026	17,273	25,749	24,183	25,058	26,363	26,578
	total	19,108	18,870	20,475	19,274	18,623	26,748	25,185	26,138	27,770	27,877
β-Carotene	from C	30	35	35	35	38	28	28	32	40	37
	from G	1,763	1,722	1,880	1,761	1,688	2,516	2,363	2,248	2,576	2,597
	total	1,793	1,757	1,915	1,796	1,726	2,544	2,391	2,280	2,616	2,634
Cryptoxanthin	from C	36	42	42	42	46	34	34	39	48	43
	from G	490	479	523	490	469	699	675	681	716	722
	total	526	521	565	532	515	733	709	720	764	765

* C : concentrates G : green forage

均値を求めた。なお卵黄の Carotenoids 中には Cryptoxanthin に相当する部分が非常に少ないので、これを無視することにした。卵の Carotenoids 及び Vitamin A の定量は Grö-

Table 4 The carotenoids and Vitamin A content of the egg yolk produced by experimental hens.
(expressed by the absolute amount in 100g of fresh egg yolk)

Breed		White Leghorn					Nagoya				
carotenoids	Birb No.	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
	xanthophylls (μg)	6,016	6,519	7,784	5,723	6,256	4,842	7,425	5,071	8,385	5,456
	β-Carotene (μg)	500	570	460	420	477	567	638	933	550	790
	Vitamin A (I.U.)	900	867	934	1,090	1,143	1,540	1,275	1,600	1,475	667

RGY²¹⁾の方法に従い、また Vitamin A は G. D. H 反応によつて測定した。

第4表のとおり、卵黄 100g 中の Carotenoids 及び Vitamin A 含量は、個体によつて相当差があるから、両品種間の比較は困難であるが、名古屋種の一羽を除く

と、 β -Carotene と Vitamin A 含量は、名古屋種の方がやや多くなっている。

第4表の成績と産卵率から、飼料給与期間中一日当りの Carotenoids 及び Vitamin A 生産量を計算してみると、第5表の結果となる。

Table 5 The daily production of carotenoids and Vitamin A in experimental birds, as calculated with the production rate during experiment.

Breed		White Leghorn					Nagoya				
Bird No.		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
Average weight of the yolk of an egg(g)		18.33	18.65	16.03	17.43	18.87	17.33	19.13	17.00	16.23	16.68
Egg production rate (%)		64.5	61.3	87.1	83.9	45.2	58.1	58.1	87.1	83.9	71.0
Daily egg yolk production, calculated with egg production rate(g)		11.83	11.43	13.96	14.62	8.52	10.06	11.11	14.81	13.61	11.84
Daily production of carotenoids and Vitamin A	Xanthophylls (μ g)	712	745	1,087	837	533	839	825	690	1,141	646
	β -Carotene (μ g)	59	65	64	65	41	57	71	138	109	94
	Vitamin A (I. U.)	106	100	130	160	97	155	142	237	201	79

第5表によれば、一日の卵に出る Carotenoids 及 Vitamin A の絶対量は、個体によつて相当差のあることがわかる。しかし名古屋種は、一羽を除くと、白レグ種より Xanthophyll, β -Carotene 及び Vitamin A の排泄量が多いといえる。

IV 各 Carotenoids が卵に出る割合

前2項の実験成績によって、飼料として摂取された Carotenoids が卵に出る割合を計算することができる。

ただしこの場合、Carotenoids が体内で相互に転換しないものと仮定しなければならぬ。もし Carotenoids 相互の転換が可能とすれば、問題は著しく複雑となり、別な実験方法をとらねばならなくなるからである。ただ β -Carotene から Vitamin A が生成される量については、一応本実験で詳細に検討してみることにした。

まず摂取された Xanthophyll が卵に出て来る割合を調べると、第6表にあげた結果となる。

Table 6 Percentage excretion of xanthophylls of feed into egg yolk.

Breed		White Leghorn					Nagoya				
Birds No.		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
Daily amount (μ g) Taken.		19,108	18,870	20,475	19,274	18,623	26,748	25,185	26,138	27,770	27,877
Excreted.		712	745	1,087	837	533	839	825	690	1,141	646
Percentage excretion (%)		3.7	4.0	5.3	4.3	2.9	3.1	3.3	2.6	4.1	2.3

第6表によれば、卵に出る Xanthophyll の割合は、個体によつてかなり違っているが、予想よりは案外少なかった。即ち飼料として与えられた Xanthophyll が白レグ種ではその全量の 3~5 %, 名古屋種では 2.3~4.1% が卵に出たことになる。これによると、名古屋種の方が、Xanthophyll の出方がやや低い傾向にあるが、その差は顕著ではない。

HUGHES and PAYNE¹¹⁾は、黄色トーマロコシを与えて

卵に出てくる Xanthophyll の割合を研究したが、この場合、黄色トーマロコシがそれぞれ 10%, 20%, 30% のときに、17%, 21%, 23% の割合で卵に出てくると報告している。この成績と比べると、我々の実験で Xanthophyll が卵に出る割合が少なかったのは、黄色トーマロコシと蕪菁葉との差によるものか、あるいは緑餌多給の影響によるものか、その原因は不明である。むしろ後の原因によるのではないかと考えられる。

次に、摂取された β -Carotene が卵に出る割合を検討したが、この場合は、 β -Carotene がそのまま出てくるほかに、その一部が Vitamin A に変わって卵に出るの

で、2通りの道が取られる訳である。

まずそのまま卵に出るものについて調査してみると、第7表の通りとなる。

Table 7 Percentage excretion of β -Carotene of feed into egg yolk.

Breed	White Leghorn					Nagoya				
Bird No.	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
Daily amount (μ g) Taken	1,793	1,757	1,915	1,796	1,726	2,544	2,391	2,280	2,616	2,634
Excreted	59	65	64	65	41	57	71	138	109	94
Percentage excretion (%)	3.3	3.7	3.3	3.6	2.4	2.2	3.0	6.1	4.2	3.6

第7表によれば飼料の β -Carotene が卵に出される割合は Xanthophyll とよく似ている。即ち白レグ種で 2.4%~3.7%、名古屋種で 2.2~6.1% の範囲であつた。一般に鶏は飼料の Xanthophyll をよく吸収するが、Carotene の吸収は悪いとされているが、緑餌多給の場合には、Xanthophyll の吸収も悪くなる。しかしこの場合、Carotene の吸収はそれほど下つていない。

結局同じような割合になつたのではないかと想像された。

次に、摂取された Cryptoxanthin が卵に出る割合であるが、我々の実験では、卵黄にはほとんど Cryptoxanthin 層が出てこなかつたのである。卵黄の Yellow pigment を常法により鹼化して Petroleum-ether 液とし、Alumina 層を通して Chromatography を行なう場合、Cryptoxanthin に相当する Column がほとんどなく、Yellow layer として Xanthophyll (Lutein) と、Deep orange layer として β -Carotene 層を明らかに認めることができるが、その中間層を確保することができなかった。そして次ぎの段階である Petroleum-ether と Benzol 1:1 液で β -Carotene を流下せしめる際、残つた Alumina column の最上部の Xanthophyll (Lutein) 層を切り取つた残部の層（大部分を占める層）に Vitamin

A が集積することを G.D.H. 反応で確かめることができた。

従つて卵黄の Vitamin A の生産量が最も興味あるものと考えられるのである。この Vitamin A が、飼料中の β -Carotene から転換してできたものであることは、従来の多くの実験で証明されているが、一方、飼料中の Cryptoxanthin も Vitamin A 生成に関与することが可能である。

故に飼料中の Cryptoxanthin と β -Carotene の含量を計算し、この含量から卵の Vitamin A に変化した割合を算出してみることが正しいと思われた。ただし Cryptoxanthin は、 β -Carotene に比し、Vitamin A に転換する分子構造を半分しか持たないので、Cryptoxanthin の含量に 0.5 を乗じ、 β -Carotene の含量と合計することにした。この方法は、他の学者も採用しているが、卵の生産に対してこの計算法を用いることの可否は、さらに再検討すべき余地があろう。何となれば鶏では Cryptoxanthin の方が効果が高いとする学者もあるからである。しかしここでは一応すでに述べた考え方を取つておいた。なお Cryptoxanthin $\times 0.5 + \beta$ -Carotene という合計を Total effective carotene なる名で表わして、第8表のごとく計算してみたのである。

Table 8 Percentage formation of Vitamin A in eggs from the total effective carotene of feed taken.

Breed	White Leghorn					Nagoya				
Birds No.	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
Daily amount (μ g) Total effective carotene of feed taken	2,056	2,018	2,198	2,062	1,984	2,911	2,737	2,640	2,998	3,017
Vitamin A formed in eggs*	64	60	78	91	58	93	85	142	120	47
Percentage formation of Vitamin A (%)	3.1	3.0	3.6	4.4	3.0	3.2	3.1	5.4	4.0	1.6

* Calculated as original β -Carotene value. (Vitamin A の 1 I.U. は純粋のビタミン A 0.3 g であるが、これを β -Carotene の量として表わすときは 0.6 μ g なる換算数を用いた。これは飼料として与えた β -Carotene からの conversion rate を計算するためである。)

第8表によれば、Total effective carotene から卵の Vitamin A となつて出る割合は、白レグ種では 3~4.4%，名古屋種では1.6~5.4%の範囲であつた。名古屋種では個体差が相当にある。Caroteneから Vitamin A に変わる場合、分子内の化学変化を起こすため、かなりのエネルギーが消費されることが考えられる。従つてこの変化を起こす能力は、実験動物の個体によつて違うことがあり得るのである。ことに甲状腺機能の差が影響する

ことが報告¹⁷⁾されている。

なおすでに述べたように、卵には Vitamin A のほかに、 β -Carotene そのものとしても相当量出て来ているのである。従つてこの場合Vitamin Aと β -Caroteneとを合併し、両者の同一の根源と見なされる飼料の Total effective carotene を中心物として考え、この根源から卵に出て来る Vitamin A potency を計算してみると、第9表のようになる。

Totale 9 Percentage production of Vitamin A potency in eggs from the total effective carotene of feed taken.

Breed		White Leghorn					Nagoya				
Bird No.		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
Amount of total effective carotene of feed taken (daily in μ g)		2,056	2,018	2,198	2,062	1,984	2,911	2,737	2,640	2,998	3,017
Amount of total Vitamin A potency produced in eggs (daily)	Vitamin A *	64	60	78	91	58	93	85	142	120	47
	β -Carotene	59	65	64	65	41	57	71	138	109	94
	Total	123	125	142	156	99	150	156	280	229	141
Percentage production of total Vitamin A potency in eggs (%)		6.0	6.2	6.5	7.6	5.0	5.2	5.7	10.6	7.6	4.7

* Calculated as original β -Carotene value.

第9表によれば、摂取された Total effective Carotene が β -Carotene と Vitamin Aの両方の物質を生産する割合は相当高いものであることがわかる。

この Vitamin A potency を有する物質を生産する割合は、白レグ種で5~7.6%，名古屋種で4.7~10.6%を示した。名古屋種の一羽では、10.6%という最高の能率を示している。

以上の成績によると、緑飼多給の場合は、Xanthophyll が卵に出る割合は低くなるが、 β -Carotene (Cryptoxanthinを含む) からの Vitamin A potency 生産割合はさほど悪いことはなく、平均して6~7%を示していることは、鶏が Vitamin A potency の多い食品を生産する動物として、特別の機能を持つことを証明するものである。この場合、緑飼多給は決して不利ではないようである。ことに名古屋種の一羽ではVitamin A potency 生産能率が10.6%となつていて、これは相当有利な動物といえる。この種の機能は鶏の遺伝質によるか、あるいは後天的に得た臓器の能力によるか不明であるが、将来生理遺伝学の問題として取り扱つても興味ある問題と思われる。

V 考 察

鶏は Xanthophyll animal として知られ、飼料中の

Xanthophyll をよく吸収する能力を持つものであるが、Carotene の吸収は一般に悪く、卵に出る Carotenoids も大部分 Xanthophyllに属するものであると古くから報告されている。^{9) 12)} しかし卵黄には相当量のVitamin A が含まれているものである。^{12) 13)} 卵が食品としては王座を占める所以は、優秀な蛋白質と消化しやすい脂肪を含有するばかりでなく、その Vitamin A 効果の高いことも大切な条件となつているのである。本実験により、緑飼多給の場合は、卵黄100g中に 200~480ガンマ (667~1600国際単位) のVitamin A potencyを含有することが判明した。この Vitamin A potency は、摂取された緑飼中の β -Caroteneと Cryptoxanthinから生成されたものである。従つて鶏は Xanthophyll animal であるとともに、Carotene animal と見なければならぬ点がある。

しかし鶏の血液や内臓には常に Xanthophyll含量が多く、Xanthophyll と Carotene の比率は、鈴木⁹⁾によれば5:1の比よりもさらに高く、40:1を示す場合¹⁴⁾ もしばしば見いだされる。従つて体内における Xanthophyll の流動が Carotene よりも激しいことは明らかなである。しかして普通の方法で飼われている鶏は、その卵に Xanthophyll を大量排泄するとともに、常に一定量の Carotene と Vitamin A を含有するものである。従

つて黄色素の多い卵に Vitamin A が多いことも、一応考えられるのである。^{8) 9)} しかしそうでない場合もあり得るのであつて、Vitamin A は黄色素の含量に必ずしも比例するものではないのである。

なお最近、Xanthophyll の少量は β -Carotene の吸収を助け、Xanthophyll の過剰摂取は β -Carotene の吸収を減少するという実験の結果^{15) 16)} も報告されており、一方 Alfalfa のごとき自然物中の Carotene は肝油の Vitamin A より有効に働くとの説^{14) 16)} もある。従つて Carotenoids 相互の関係も複雑になつて来たが、本実験においては、緑飼の多給は Xanthophyll の過剰摂取となり、Xanthophyll の卵黄出現率はかなり低くなつてゐるにも拘らず、 β -Carotene の卵黄出現率はさほど低下しなかつた。また卵に出る Vitamin A 量も相当高かつたのである。従つて緑飼のごとき自然物を多給した場合、JOHNSON¹⁶⁾ らのいうごとく、Xanthophyll の過剰が必ずしも β -Carotene の利用率を低下するとは考えられないのである。

VI 総 括

1. 鶏に緑飼を多給すると、卵に出る Xanthophyll の絶対量は非常に多くなるが、摂取された Xanthophyll が卵に出る割合は減少する。1日に115~170gの緑飼を摂取した場合、緑飼中の Xanthophyll の2~5%しか卵に出ていない。

2. 緑飼多給の場合、卵黄100g中の Vitamin A は200~480 μ g (667~1600 I. U.) であつて、相当多いことが示された。これに卵黄の β -Carotene 含有量を加えると緑飼として与えられた Provitamin 量の5~10%が卵に出て来たことになる。即ち Xanthophyll の場合より能率よく卵に出たのである。

3. 一般に鶏は Xanthophyll animal と称せられ、Carotene の吸収が悪いようにいわれるが、Provitamin からの卵の Vitamin A 生成能はかなり強いものがある。従つて Carotene の利用率は必ずしも悪くないのである。

4. 一方 Xanthophyll の過剰は β -Carotene の吸収を妨げるという説もあるが、鶏に緑飼を多給した場合は、この説は必ずしも当たらないようである。

5. 緑飼多給はこの意味で有利である。

(鶏の産卵栄養に関する基礎研究第5回) (1956. 4. 2. 受付)

References

- 1) PALMER, L. S. J. Biol. Chem., 23: 275, (1915)
- 2) PALMER, L. S. & KEMPSTER, H. L., J. Biol. Chem., 39: 299, (1919)
- PALMER, L. S. & KEMPSTER, H. L., J. Biol. Chem., 39: 313, (1919)
- 3) PETERSON, W. J., HUGHES, J. S. & PAYNE, L. F. Kansas Agric. Exp. Station Tech. Bull. 46, (1939)
- 4) 鈴木幸三 日農化, 8: 128, (1932)
- 5) VIRGIN, E. & KLUSMAN, E. Z. physiol. Chem., 213: 16, (1932)
- 6) SJOLLEMA, B. & DONATH, W. F. Biochem. J., 34: 736, (1940)
- 7) CAPPER, N. S., Mc KIBBEN, E. M. & Prentice, J. H. Biochem. J., 25: 266, (1931)
- 8) ZECHMEISTER, L. Die Chromatographische Adsorption Method, Berlin, (1937)
- ZECHMEISTER, L. Vitamins and Hormones, 7: 59, (1949)
- 9) KEMMERER, A. R., FRAPS, G. S. & MOTTIER, J. Arch. Biochem., 12: 135, (1947)
- 10) HIGH, E. G. & DAY, H. G. J. Nutrition, 43: 245, (1951)
- 11) HUGHES, J. S. & PAYNE, L. F. Poultry Sci., 16: 135, (1937)
- 12) BISBEY, B., COVER, S., APPLEBY, V., & WEIS, A. Bull. Mo. Agric. Exp. Sta., No. 340, (1934)
- 13) BILEK, F. Wiss. Ber. VI Weltgeflügelkongr., 1: 233, (1936) Through Chem. Abstr., 32: 3464, (1938)
- 14) BIERI, J. G. Arch. Biochem., 56: 90, (1955)
- BIERI, J. G. Proc. Soc. Exp. Biol. and Med., 88: 482, (1955)
- 15) KELLY, B. & DAY, H. G. J. Nutrition, 40: 159, (1950)
- 16) JOHNSON, R. M. & BAUMANN, C. A. Arch. Biochem., 19: 493, (1948)
- JOHNSON, R. M., BAUMANN, C. A. & SWICK, R. W. Arch. Biochem., 22: 122, (1949)
- 17) CAMA, H. R. & GOODWIN, T. W. Biochem. J., 45: 317, (1947)
- 18) GILLAM, A. E. & HEILBRON, I. M. Biochem. J., 29: 1064, (1935)
- 19) TSWETT, M. Ber. deutsch. bot. Ges., 24: 316, (1906) Biochem. Z., 5: 6, (1907)
- 20) 藤田秋治 ビタミンの化学的定量法, (1948)
- 21) GRÖRGY, P. Vitamin Methods., 1: 171, (1950)
- 22) 藤田秋治, 青山政太郎 ビタミン 4: 127, (1951)

Résumé

A great advance has been made in the knowledge of the carotenoid metabolism in animal body, especially the absorption mechanism in the digestive organ, including the site and manner of the conversion of β -carotene into vitamin A. The rapid progress in the technique of chromatographic separation of various carotenoid compounds is a good help to treat the problem of carotenoid metabolism in animal body. Still there remains a large undecided aspect of carotenoid metabolism in laying hens, although excellent pioneer works of Palmer and his school have provided us a splendid knowledge of this field.

Recently in Japan, some poultry farmers have adopted the high green forage feeding method for laying hens for two reasons: one is to raise the hatchability of egg and the other to economize feeding costs. As no data were hitherto found in the nutritional study on high green forage feeding in poultry, a study on carotenoid metabolism was conducted at first. The results of the study are summarized as follows:

1. When a large quantity of green herbage (115-170g a day) was given to laying hens, the content of xanthophylls in the egg yolk was increased rapidly to a great extent (6-8 mg of xanthophylls in 100g of egg yolk). But the rate of transfer of the feed xanthophylls to egg yolk was reduced, only 2-5% of this pigment appearing in the egg yolk.

2. In such case, the vitamin A content of egg was also large, indicating 200-480 μ g in 100 g of egg yolk. Calculation was made to find the efficiency of provitamin A of feed, and about 5-10% of provitamin A were converted into vitamin A of egg yolk. From these data, it has been proved that the hen possesses a strong potency to produce vitamin A in egg from provitamin A with a higher efficiency than the rate of transfer of xanthophyll in egg.

3. Generally, the hen is considered to belong to the xanthophyll animal and its absorption ability of β -carotene is weaker than that of xanthophylls. This is true when we consider the xanthophyll-carotene ratio of the blood, ovary, skin, fat and other tissues of the hen. But from the result of feeding with dosage of green herbage containing abundant β -carotene, the utilization of β -carotene by the laying hen does not seem to be slow and inefficient.

4. Some investigators claim that a large amount of xanthophyll hinders the absorption of β -carotene in the bird, but the authors are in the opinion that little fear exists in this respect if high green forage feeding is carried out with rational supply of concentrates.

5. From the results mentioned above, the high green forage feeding method is not objectionable in poultry husbandry.