鶏の飼料としての油脂の諸問題

勝 木 辰 男

(日本獣医畜産大学)

Problems on Lipids Used in Poultry Diet

Tatsuo KATSUKI

(Nippon Veterinary and Zootechnical College)

飼料の分野で過去 10 年の間にめざましい発展をとげたもののひとつに、油脂 (lipid)、特に動物脂肪を家畜・家禽の飼料として使用することが急速に増加したことが挙げられる。これまでは、これらの脂肪の大部分は、石鹼の製造に使用されてきた。ところが、技術開発が進み、合成洗剤が他の原料をもとにして製造されるようになったので、これまで動物脂肪によつて作られていた洗剤の代りに、合成洗剤が各方面にわたつて活用されるようになった。その結果、食用に適しない動物脂肪が、アメリカなどでは飼料として大量に用いられるようになった。

油脂添加による高エネルギー飼料のはじまつたのは、JOHNSON⁴⁹⁾の説明にもあるように、1950 年頃であるが、これよりさき 1940 年 HENDERSON ら⁴¹⁾が、大豆油 10% 添加は、無添加にくらべて、ひなの 8 週後の生長によい影響があることを報じたのが、飼料としての油脂についての研究発表の初めの頃のものである。

油脂を飼料に添加することはどのような理由からか、また、どのような利点があるかという点について、ENGMINGER²⁹⁾は次のような事項を挙げている。

1. エネルギー源として。2. 脂溶性ビタミンの担体として。3. 飼料の風味をよくする。4. 必須の不飽和脂肪酸の資源として。5. 飼料効率改善のため。6. 粉末の飛散を除く。7. 飼料混合機の磨損の減少。8. 飼料の外観・触感がよくなる。9. ペレットにすることが容易になる。

1 のエネルギー源として考えられるということは、実際の飼料で実験した報告がある。たとえば NABER ら⁷⁶⁾は棉実油粕 (TDN 63) が大豆粕 (TDN 78) の半量と代替する場合、脂肪を 2% 添加すれば育雛に対する飼料効率は同じになるという報告。あるいは、セルローズの配合量が 18% またはそれ以下の場合においては、脂肪

を添加して、基礎飼料とほぼ等しい代謝エネルギーとすれば、増体量は明らかな差異がなくなるという BEGIN²⁾の報告。ふすま (TDN 64) に脂肪を添加してトウモロコシ (TDN 82) と代替すると増体結果がよいという POTTER ら⁸¹⁾の報告などがある。そして、このエネルギーも従来から認められているように、油脂は蛋白質や澱粉質の 2 倍以上のエネルギーを発生する。

2 の脂溶性ビタミンの担体として役立つということは、従来も認められていたことであり、3 の飼料の風味をよくすることも事実である。

4 の必須の不飽和脂肪酸の資源として油脂添加が有効であるという点に関しては、すでに BURR⁸⁾はリノール酸、リノレイン酸を、さらに TURPEINEN¹⁰⁹⁾はアラキドン酸が必須の脂肪酸として証明しているので当然なことであり、最近同エネルギー価の油脂を含まない飼料と油脂を含んだ飼料で、後者がよりすぐれた生長を示したが、これは油脂添加により必須の脂肪酸を与えられたことも、その理由の一つと考えられると EDWARDS ら²⁷⁾は報告している。

5 の飼料効率改善については、COMBS¹¹⁾の総説にもあるように、1952 年にはひなを 3 lb. の体重にするのに 10 週間かかり、1 lb. の増体に要する飼料の量は 2.81 lb. 必要としたが、油脂を多く添加することにより、1958 年には同じくひなを 3 lb. の体重にするのに 7 週間で、1 lb. の増体に要する飼料の量は 1.04 lb. と少なくなった。また育雛についても油脂添加による飼料効率改善の報告は SUNDE¹⁰⁰⁾はじめ多数の報告があり、産卵についても同様の報告は HILL ら⁴⁵⁾をはじめ、多数の報告がある。

6, 7, 8, 9. のことについては、いづれももつともなことで、油脂を飼料に添加する有利点として十分考えられる。

このように飼料に油脂を添加することに多くの利点がある

あるが、このほかに油脂添加の利点はないか、また油脂添加についても多くの問題点があるので、以下それらの点について述べてみたい。

各種油脂の飼料価値

動物性油脂は柔らかいものをグリース (grease), 硬いものをタロー (tallow) といっている。CULLEN ら¹⁴⁾ は各種のグリース、タローのひなによる代謝エネルギーと見かけの吸収率を報じている。(次の括弧内の数値は前者が代謝エネルギー、単位 Cal./lb., 後者は見かけの吸収率、単位 %). 上質白色グリース (3.925, 95), 黄色グリース (4.326, 93), 褐色グリース (3.830, 84), 家禽グリース (4.630, 94), 上質タロー (3.597, 85), タロー No. 2 (3.451, 87), ビーフタロー (3.451, 79). この結果から、ひなに対してタローはグリースより効果が劣るが、これはグリースの融点が 40°C 以下、すなわちひなの体温に近いということにも関係しているであろうが、次のような条件にも左右される。BIELY ら⁴⁾ は飼料中の蛋白質含量が高くなるにともない利用率が向上すると報じている。すなわち、蛋白質含量が 22% の場合のタローの利用率は 80% であるが、蛋白質含量が 33% の場合はタローの利用率は 87% に向上している。またタローの利用率は鶏の年令とともに増大し、ひなでは利用率が 4 週令で 70%, 成鶏では 81% と向上することを RENNER ら⁸⁸⁾ は報じている。また、FEDDE ら⁸⁴⁾ は牛の胆汁をわずかに添加することによりタローの消化率が向上することや、カルシウム含量が高いとタローの吸収がわるくなるという報告をしている。

動物性油脂の魚油は、空気中で酸化されないようにした場合に 1.4% 以下添加ならば効果がある⁸⁾。

植物性油脂のなたね油とひまわり油の代謝エネルギーはタローにほぼ等しく⁹²⁾、とうもろこし油と大豆油のひな生長促進効果、飼料効率はラードと同様であつた¹⁷⁾。

また特殊な油脂として、MENGE ら⁷³⁾ は卵黄はラード、大豆油、とうもろこし油と同様な生長促進効果をあらわすとし、この原因は蛋白質ではなく、卵黄油の中に UGF が含まれているのではないかと考えている。そしてもし UGF が原因であるならば、ラード、大豆油、とうもろこし油などにも普遍的に含まれていると考えている。この考え方に対し、GREENE ら³⁸⁾ は卵黄効果は、未知因子効果というよりは、むしろ既知の栄養素のバランスがよかつたためであるという見解を発表している。

また特殊な油脂として SIBBALD ら⁹⁵⁾ は鯊油は栄養源としてひなに利用されないものと考えられると報じ、

また、加水分解から脂肪酸を蒸溜するときに残る黒色の粘性の物質、スチル・ボトム (still botom) と名付けられている物質もひなの生長に影響がないと報じている。

以上各種の油脂の飼料価値を述べたが、この価値は PEPPER ら⁸⁰⁾ が述べているように短期間の飼養試験によつては知ることができない。また、消化率測定の場合にも、MEHRING ら⁷¹⁾ が報じているように、尿中の脂肪を無視すると、脂肪の消化率は 6% 以上の誤差がでることなどのことも考慮に入れて価値を判断しなければならないと考える。

油脂添加と他の栄養素との関係

飼料に油脂を添加して、高エネルギー飼料をつくつた場合、油脂を添加した効果をあらわすためには、他の栄養素とのバランスが問題となる。この点に関し、もつとも多くの報告のあるのは蛋白質との関係である。ひなの生長あるいは飼料効率に関しては、飼料中のエネルギー含量を高めるにともない、蛋白質含量をあげなければならない。すなわち、飼料中のエネルギー含量と蛋白質含量のバランスを適当に保たなければならないという報告が、既述の BIELY ら⁴⁾ を始め、WILGUS¹¹¹⁾, MACINTYRE ら⁶⁰⁾, DONALDSON ら²⁸⁾, MRAZ ら⁷⁴⁾, LEONG ら⁵³⁾, DOUGLAS ら²⁵⁾ の報告など多くある。また産卵鶏についても、産卵率をあげるため、あるいは飼料効率を高めるためには、油脂添加と同時に、カロリー・蛋白比 (calorie-protein ratio) が適当した数値になるように蛋白質含量を考慮しなければならないという、HILL ら⁴⁶⁾ を始め McDANIEL ら^{68,69)}, HOCHREICH ら⁴⁷⁾, THORNTON ら¹⁰⁶⁾ など多くの報告がある。KUMMEROWS ら⁶¹⁾, REISER ら⁸⁶⁾, DONALDSON ら²²⁾, MARCH ら^{61,62)}, LEONG ら⁵³⁾ は油脂を添加することにより、ひなのコリン・リボフラビン・葉酸およびメチオニンの所要量を増大すると報じ、勝木ら⁵⁰⁾ は油脂添加飼料ではコリン・メチオニン・ビタミン E 添加がひなの生長ならびに飼料要求率改善に必要であると報じている。QUILLEN ら⁸³⁾ の研究では 12% までの油脂を含む飼料では、コリンは 900 mg/lb. まで高めることにより、メチオニン要求量を節約する。これは両者がメチル基給源になるためであると説明し、なおコリンの最適量は飼料の油脂とメチオニン含量によつて変り、油脂含量が 3% を超える部分の 1% について 20 mg/lb. 追加する。すなわち、6% の場合には $660 \text{ mg} + 20 \text{ mg} \times 3 = 720 \text{ mg}$ がコリンの飼料 1 ポンド中の添加量であるとしている。

SUMMERS ら⁹⁹⁾ は有効リン含量が不足の飼料に油脂を

添加すると、ひなの体の灰分含量が明らかに低下したが、リン含量が十分な飼料では影響がなかったので、骨の形成に対して、飼料中の油脂とリン含量の間には明らかな関係があることを認めている。

EDWARDS ら²⁶⁾ は飼料中の蛋白質と熱量含量が同じでも、油脂を多く配合したもののほどカルシウム要求量が高まり、また、脂肪の種類と品質によつて、カルシウムの要求量が異なることを明らかにした。すなわち、低カルシウム飼料に油脂を添加した場合の生長促進効果は、ヨード価 134 の大豆油が最もよく、ついでラード、水素添加したヨード価 94 の大豆油、ビーフタロー (beef tallow) およびヨード価 57 の水素添加した大豆油の順であつたと報じている。

脂肪添加と環境

いずれの栄養素の効果についても、その結果を論ずる場合には、鶏のおかれている環境がどのような状態であるかということを知らなければ、環境によつてそれぞれの栄養素の効果に差違が出ることは当然である。油脂についても、そのような環境との関係を検討しなければならないと思うが、この問題に関しての報告が少い。DONALDSON²⁴⁾ の研究はその一つであるが結論にまではいたっていない。すなわち、対照飼料に 10% の油脂を添加すると、いずれのバッテリーにおいてもひなの生長が明らかに改善されたが、その割合は新しいバッテリーを用いた場合が大きくなつた。対照飼料では新旧バッテリーいずれの場合も同じであつた。この成績から、腸内の微生物がひなの油脂の利用率に影響することが予想されるが、今後さらに詳細に研究する必要があると報じている。

育雛飼料としての油脂

育雛飼料としての油脂を考察する場合、生長の改善、飼料効率の改善、およびひなはどの程度油脂に対して耐性があるか、そのほかに前述したことと重複する事項としては添加する油脂の種類、あるいは他の栄養素との関係などが挙げられる。生長の改善については、役立つとする研究者と、生長率は変わらないとする研究者があり、飼料効率の改善には役立つという意見に多くの研究者が一致している。すなわち、SIEDELER ら⁹⁶⁾、SUNDE¹⁰²⁾、RUNNELS⁹⁰⁾、DONALDSON ら³¹⁾ は飼料効率の改善には有効であるが、生長率は変わらないといい、その反対に、ROBERTSON ら⁸⁹⁾、KUMMEROW⁵¹⁾、CARVER ら⁹⁾、PEPPER ら⁷⁸⁾、YACOWITZ ら^{113,114)} は、がつしりしたひなの生長

の改善には、飼料に油脂を添加することの必要を認めている。

また MARION ら⁶⁷⁾ は雌ひなの生長初期には油脂添加が明らかに効果があるが、産卵前ころには効果はなくなつてしまうと報じている。

SUNDE¹⁰¹⁾ は、オレイン酸、リノレン酸、およびリノール酸は生長率に影響がなかつたが、飼料効率の改善に役立つた。一方、水素添加した油脂およびステアリン酸を添加しても飼料効率の改善はみられなかつた。ひなは長連鎖状の飽和脂肪酸を利用できないことが判つたと報じている。

このような報告から、油脂添加の時期、あるいは添加した油脂を構成している脂肪酸の種類の相違によつて効果にも差が現われるということが考えられる。

次にひなの油脂に対する耐性は相当強く、RAND ら⁸⁵⁾ の報告によれば、トウモロコシ油 30.7% 添加、すなわち全熱量の 57%、非蛋白態熱量の 97% の場合に増体量ならびに蛋白質蓄積は一番よかった。また、DONALDSON²⁴⁾ の報告でも、アミノ酸、ミネラル、ビタミンが十分であれば、飼料の油脂含量を 33.8% にしても生長の低下は認められないといつてゐる。ただし、油脂の添加量の増加によつて、油脂の消化率は減少し、また炭水化物の消化率の低下も認められたと BOLTON ら⁷⁾ は報告している。従つて、ひなは油脂に対する耐性は相当強いが、その油脂の消化率あるいは、他の栄養素の消化率はわるくなるので、添加量については最大効果を發揮する量について、それぞれの油脂について研究の余地がある。

ブロイラー飼料としての油脂

ブロイラー飼料としての油脂を考察する場合、生長効果とか、飼料要求率などにおよぼす影響など、既述の問題点を除けば、性別に対する効果の問題、飼料の形態の問題、脚の色調、仕上つた肉の色調、あるいは風味の問題、さらに蓄積脂肪の脂肪酸組成の問題、窒素の蓄積の問題などが挙げられよう。

まず、性別に対する油脂添加の影響では、THOMAS ら¹⁰⁶⁾ の報ずるところによれば、平均増体量では、飼料効率が高くとも低くとも、雄ブロイラーが雌ブロイラーよりよかった。そして、体脂肪は飼料効率のいかんにかかわらず雌ブロイラーのほうが雄ブロイラーよりも多かつた。また、性が同じブロイラーでは、飼料効率のすぐれているものが、悪いものにくらべて明らかに体脂肪含量が低く、この傾向は雄ブロイラーよりは雌ブロイラーにおいて著しいという結果を示した。

飼料をペレット (pellet form) にすれば油脂添加の有無にかかわらずマッシュ (mash) の場合よりは生長や飼料効率が改善されるが、油脂添加の場合のペレット化は、油脂無添加の場合ほど効果はなかつたと PEPPER ら⁷⁹⁾は報じている。

ブロイラーの場合屠体の脚の色調も考えなければならぬ。黄色では美味に感ずるし、鉛色では死臭を感ずる。この色調は鶏の品種によつても固有の色をあらわすが、油脂の添加の場合、添加油脂の種類により脚の色調が違つてくる。CARVER¹⁰⁾は色調の標準を5段階に別け、上等タロー、黄色鶏グリース添加では、脚の色調は中間のバター黄色に仕上り、同じグリースでも黄色動物グリースでは4段階目の明黄色に仕上ると報じている。また同氏は各種の油脂あるいは製法の相違によつて足指のキサントフィル含量を測定し、油脂の種類により、また同種類の油脂の場合でも製法の相違によつて、ブロイラーの脚の色調が違ふことを明らかにしている。しかし、この色調の相違をあらわす因子については明らかにしていない。同様のことは、BIRD⁹⁾ HAMMOND ら³⁹⁾、HEIMAN ら⁴⁰⁾なども報告している。

ブロイラーの肉の色調についても、あまり色のあせたものは価値が劣るので、この色調についても相当考慮しなければならぬ問題であるが、WILLIAMS¹¹²⁾の報告によれば20%の動物性脂肪、大豆油、トウモロコシ油、棉実油を添加したものでは、ブロイラーの肉の色調はわるくなることが認められ、この原因についてはいわれていないが、ブロイラー出荷2.5~3週前にキサントフィルを含む物質を与えれば、この色調のわるくなることが防げるとしている。

肉の風味の問題は、われわれ日本人には区別しにくい点もあるが、欧米人にとつては多大の関心のある問題で、その点油脂添加とブロイラー肉の風味の関係をとりあげた発表がある。たとえば安定化した白色グリースを26%配合した飼料をひなに与え、体重3lb.で屠殺して、その風味を比較したところ、油脂添加の有無にかかわらずよかつた。そして皮ふの風味は油脂添加区のほうがよかつたと LEONG ら⁵²⁾は報じている。さらに ARSCOTT ら¹¹⁾は3%タローを添加したものでは、内臓少く、料理された量が多かつたが、6%タローを添加したものでは煮汁が多く、9%タローを添加したものでは羽毛の状態が劣つた。そして、それらの鶏肉を6~12ヶ月貯蔵しても風味は変らなかつたと報じている。しかしながら DANSKY¹⁸⁾は家禽の油脂6%添加では風味は悪くなかつたが、ニシン油6%では不愉快な魚臭をあらわす。なお、ニシン油を減じて、ニシン油3%と動物性油脂3%

添加でも不愉快な魚臭があり、さらにニシン油を減じてニシン油を2%と家禽油脂4%添加でも、まだかなりの不愉快な風味が残るが、ニシン油1%と家禽油脂5%添加で、ようやく風味がわるくない鶏肉ができたと報じている。

これらの報告から、添加する油脂の種類によつて、ある種類では上例のように26%も添加しても風味を害さないが、ある種類ではわずか2%の添加でもかなり風味をわるくすることに関係がある。

添加する油脂を構成する脂肪酸の相違によつて、鶏体脂肪の構成脂肪酸の差違があることが当然考えられる。添加する油脂の構成脂肪酸は次の例のように大きな差違がある。すなわち、タローはパルミチン酸 ($C_{16}H_{32}O_2$) 25%、ステアリン酸 ($C_{18}H_{36}O_2$) 21%、オレイン酸 ($C_{18}H_{34}O_2$) 36% が主成分であり、ラードはパルミチン酸 25%、ステアリン酸 12%、オレイン酸 44%、リノレイン酸 ($C_{18}H_{30}O_2$) 12% が主成分であり、大豆油はパルミチン酸 19%、オレイン酸 18%、リノレイン酸 51% が主成分である。また、水素添加したヤシ油はほとんど大部分が飽和脂肪酸であつて、もつとも多いのはラウリン酸 ($C_{12}H_{22}O_2$) で 52%、つぎにミリスチン酸 ($C_{14}H_{26}O_2$) が約 20%、そのほかパルミチン酸、ステアリン酸、カプリン酸 ($C_{10}H_{20}O_2$) がそれぞれ 8~10% である。同じ植物油でもサフラワー油は不飽和脂肪酸が大部分で、もつとも多いのは2重結合を2個有するリノール酸 ($C_{18}H_{32}O_2$) で 72%、飽和脂肪酸のパルミチン酸が 14%、2重結合1個を有するオレイン酸が 12% である。MACHLIN ら⁵⁸⁾は水素添加のヤシ油を給与した鶏の腹部の脂肪、肝臓、および心臓の脂肪は、サフラワー油を給与したものにくらべて、ラウリン酸およびミリスチン酸が明らかに多くなり、逆にリノール酸は明らかに減少したのを認めており、飽和脂肪酸からなる脂肪も、不飽和脂肪酸からなる脂肪も体脂肪の組成に影響する。

また、田先ら¹⁰⁴⁾は发育中の窒素バランスを測定した結果、油脂添加の増すにつれて、窒素の蓄積が多かつたことを報じている。

産卵鶏飼料としての油脂

産卵鶏用飼料ではブロイラー用飼料ほどに油脂の添加量は多くない。油脂添加の第1義であるエネルギーという点について、産卵鶏はひなよりもエネルギーは少くてもよいことが知られているが、産卵鶏用飼料のエネルギー算出基礎は、ひなの試験結果に基づいているので、この結果を直接産卵鶏用飼料に適用してよいか否かについ

ては明らかでない。

産卵鶏用飼料として油脂を考えると、油脂を添加した場合、鶏の体重にどのような影響があるか、産卵率に対しては、飼料要求率に対しては、あるいは油脂を添加した飼料を摂取した鶏の生産した卵の重さ、受精率、ふ化率、そして卵質にはどのような影響があるか、また、産卵鶏の場合にどのくらいまで油脂添加に耐えるかという問題が検討の諸問題となろう。

油脂添加は、体重に対して影響がないという報告が多い。MARCH ら^{64,65}は油脂添加飼料を特にケージ飼養の産卵鶏に給与すると、従来は必要以上に体重が増加すると考えられていたが、同氏らの実験では、満1年令、2年令、および3年令の産卵鶏、あるいは別の油脂添加32週間後の体重は、飼料の油脂含量とは全く無関係にほぼ一定に維持されたと報じている。

また、平飼の場合にも、HILL⁴⁶は油脂添加は産卵鶏の体重において、油脂無添加と差違が少く、過度の脂肪の蓄積は観察されなかつたとしている。なお、同氏は蓄積する脂肪の程度は、飼料中のエネルギーの水準だけでなく、むしろエネルギーと蛋白質との均衡に大いに関係する。すべての栄養素との均衡を保たせることは、油脂添加によつて高熱量水準の飼料を、もつとも効果を発揮させるために必要なことであることを強調している。

まづ、産卵率に対する油脂の影響の報告としては、最初は低繊維の高エネルギー飼料として取扱われた。すなわち QUISENBERRY ら⁸⁴や SKINNER ら⁹⁸は高エネルギー飼料（低繊維含量）型飼料を用いると、産卵率が向上することを明らかにしている。ついで LILLE ら⁵⁵は産卵用飼料にラードを添加すると産卵率において目立つた増加を認めている。また HILL ら⁴⁵は産卵に対して1%の油脂添加は産卵率が増加することを報告している。

これらの報告は油脂添加は産卵率にはよい影響を与えるという報告であるが、次には添加時期などにより影響がある場合と、影響のない場合を報じた報告がある。MARION ら⁶⁷は産卵の初期には飼料中に脂肪酸を含む必要のあることを報じているが、影響がなかつたという報告としては、TREAT ら¹⁰⁷のもので、混合油脂 A, B, C の3種類、あるいは動物性油脂をそれぞれ2.5%または5%添加しても、(産卵率 72.08~74.34%) 無添加(産卵率 73.51%)のものとくらべて産卵率に影響がなかつたことを認めている。さらに、次には悪影響のあつた場合として、実験的に特殊の精製飼料、すなわち抗酸化剤含量が低く、リノレイン酸含量の高い飼料では産卵率は78%から25%に低下した MACHLIN ら⁵⁰の報告がある。このように産卵に対する油脂添加の結果はまちまちであ

るが、最後の特殊飼料の場合を除いて、結果に相違があるのは、上記2~3の報告にもあるように、産卵中のいずれの期間に好影響があるか、またはないか。あるいは油脂以外の他の栄養素との均衡の問題、さらに対照飼料の内容など、ある前提条件のもとにおける油脂の影響ということを考えなければならないものであろう。

飼料要求率についても、最初のころは飼料中の繊維含量の高低によるエネルギーの高低と関係づけて産卵に対する飼料要求率が論ぜられていたが、高エネルギー飼料の有効を認め、その後油脂添加と飼料要求率に進んできた。すなわち BIRD ら⁶は産卵について粗繊維含量の高低と逆に、生産効率がよいことを発表しており、SINGSEN ら⁹⁷、GERRY⁸⁷は高エネルギー飼料（低繊維含量）は低エネルギー飼料（高繊維含量）より1ダースの卵生産に要する飼料は少くてすむと報告している。さらに HILL ら^{48,44}、PRICE ら⁸²も同様1ダースの卵生産についての飼料の所要量は飼料のエネルギー含量の増加によつて減少したことを報告している。また、TREAT ら¹⁰⁷は1ダースに要する飼料は2.5%または5%油脂添加で3.17~6.09%減少したと報じ、McDANIEL ら⁶⁸はケージ飼養の産卵鶏に17%粗蛋白質含量の飼料を生産エネルギー88 Cal./lb. 高めると、飼料効率12.2%増加することを観察した。このように油脂添加は飼料効率に好影響を与えることは、ほぼ一致した見解で、これは飼料中のエネルギーが高まれば、蛋白質から熱量に廻ることが少くてすむなどのことから、卵の単位生産量当りの飼料の所要量が減少してくるためであろう。

次に卵重については、COMBS ら¹²は9%の加水分解した動物性および植物性油脂、あるいは10%タローを添加すると産卵率、卵質には影響がないが、卵重が明らかに増加したことを報じ、MARION ら⁶⁸は10%のトウモロコシ油を添加したところ、対照にくらべ6.1~8.2g増加したことを認め、SHUTZE ら⁹⁴はトウモロコシ油添加飼料は無添加飼料にくらべて明らかに卵重が増加したことを認めている。これは最大卵重を得るための未知因子が、トウモロコシなどのようにリノール酸含量の多い植物性油脂に多く含まれているためではないかとしている。そしてタロー添加はトウモロコシ油添加と無添加の中間の卵重を示したが、統計的には有意ではなかつた。油脂を添加することにより、卵重が増大することにはほぼ意見が一致しているようであるが、その原因がただ単に飼料中のエネルギーを高めるためだけか、あるいは卵重増大に対する未知因子があるかという点については不明である。

次にふ化率に対して HEYWANG⁴²、TAYLOR ら¹⁰⁸、お

よび REISER⁸⁷⁾ は低脂肪飼料に加えた油脂はふ化率に意義ある影響はないと報告している。一方、MILLER ら⁷³⁾ は実用飼料、半精製ラード添加飼料、および半精製無脂肪飼料を、産卵鶏に産卵開始 6 週間後から、40 週間継続飼養した結果、受精率については 3 飼料の間に大差はなかったが、40 週間の終期には無脂肪飼料給与区では、ふ化に要する時間が 24~36 時間長くなつたと報告している。すなわち、正常のふ化に油脂の必要であることを認めている。また、MARION ら⁶⁶⁾ もグルコースおよび精製大豆蛋白質を主体とする脂肪欠乏の精製飼料と、これに 10% のトウモロコシ油を配合した飼料を与えて実験したところ、前者の飼料を与えた平均ふ化率は 21.7% で低かつたが、後者の飼料を与えた平均ふ化率は 58.9% と高くなつたとして、ふ化におよぼす油脂の効果を認めている。

油脂の卵質におよぼす影響については、まづ卵殻について HUNT ら⁴⁹⁾ は、産卵鶏用飼料に配合したタローがカルシウムの利用にどのように影響するかを、卵殻の形成について調べた結果、卵殻の品質はタローを飼料に 12% まで配合しても、明らかな影響がなかった。また卵殻の品質はカルシウム含量の低い飼料を与えると悪くなつたが、この場合タローを添加しても、それ以上に悪い影響はなかったと報じている。

卵白・卵黄の変色について EVANS ら⁸⁰⁾ は次のようなことを報じている。2.5% の粗製の棉実油を含む飼料を給与した産卵鶏の卵を 6 ヶ月冷蔵庫に貯蔵すると、卵白が淡紅色となり、卵黄は鮭肉色の部分が広がった。また、棉実粕を 10% または 15% 配合した場合、卵白は淡紅色のものが認められた。粗製棉実油を真空蒸溜したものを与えると、淡紅色の卵白がなくなるので、卵白を淡紅色化する因子はおそらく熱に不安定なものであろう。また EVANS ら⁸¹⁾ は棉実油・ごま油・サフラワー油・桐油・落花生油・米ぬか油・あまに油・大豆油・圧搾とうもろこし油・浸出とうもろこし油の 10 種類を各々 2.5% 添加した飼料を与えた産卵鶏の卵を、0°C で 9~12 か月貯蔵して、卵白・卵黄の変色を調べたところ、異常は棉実油給与区のみで、その区の卵白は濃いピンク色となり、卵黄には鮭肉色の大きな部分のある卵黄の卵が認められた。また、MASSON ら⁷⁰⁾、SHENSTONE ら⁹³⁾、DOBERENZ ら¹⁹⁾ は、スタークリヤ・フォーティダ油 (*Sterculia fortida* oil, アオギリ科に属する Java olive の木の実を粉碎し、溶媒で抽出したもの)、またはスタークリン酸 (*Sterculic acid* $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$) を含む飼料を与えた産卵鶏の卵を貯蔵すると、卵黄は糊状となり、卵白は紅色となることを報告している。そこで DOBERENZ ら²⁰⁾ はスタークリヤ・フォーティダ油の 0.15 g をゼラ

チンのカプセルに入れて投与して、卵の物理的变化を調べた結果、ふつうの卵の卵黄の pH は 6 であるが、この油を給与した 2 週間後には pH 8.3~8.5 となることを報じている。

次に卵中の脂肪の組成は、飼料中の脂肪によつて影響を受けやすい。FISCHER ら⁸⁶⁾ は大豆油、サフラワー油を飼料中に混ぜて与えると、その飼料を食べた産卵鶏の卵中にはリノレン酸のみが多くなつており、あまに油の場合には、卵中にリノール酸、リノレイン酸ともに多くなつていたことを報じている。MURTY ら⁷⁶⁾ は鶏卵中のリノール酸、リノレイン酸の含量は、それぞれの脂肪酸の飼料中の含量が高まるにつれて増加するが、飼料中の含量が 5% 以上になると一定値となる。そして、これらの脂肪酸と同時に牛脂を添加すると、これらの脂肪酸の鶏卵中への移行量は減少する。これは牛脂の稀釈効果であるとしている。OSTRANDER ら⁷⁷⁾ は 10% のとうもろこし油を添加するとヨウ素化が増加する。すなわち卵黄の油の不飽和の程度の増加を認め、10% 牛脂添加によつてとうもろこし油の場合とは逆に、対照飼料以下にヨウ素価が低下したと報じている。さらに EVANS ら⁸³⁾ は棉実油、スタークリヤ・フォーティダ種実を与えた結果、鶏卵中に含まれる脂肪酸に共通していることは、ステアリン酸が増加し、オレイン酸が減少することである。しかし、飼料中の脂肪酸分布を比較すると、各飼料間に大差は認められず、ステアリン酸、オレイン酸、リノレイン酸の含量はそれぞれ、3, 27, 45% 程度であつた。これに対して、対照飼料を与えた鶏の鶏卵中の脂肪酸の分布のうち、ステアリン酸、オレイン酸、リノレイン酸の含量は 10, 38, 18% 程度である。この結果から、鶏卵に蓄積される前にリノレイン酸が鶏の体内で水素添加されるか、鶏卵中の脂肪は大部分炭水化物から合成され、その際ステアリン酸が多量に合成されるかのいずれかと考えられる。これは棉実油や、スタークリヤ・フォーティダ種実の給与によつて、血液や肝臓のステアリン酸が増加し、オレイン酸が減少することから、脂肪酸の代謝が阻害されるものと考えられる。この場合、蓄積脂肪の脂肪酸組成は、血液の脂肪酸組成と飼料の脂肪酸の間であり、飼料によく似ている。したがつて、この成績から、蓄積脂肪の大部分は肝臓でその組成が変成される前に、蓄積されたものと考えられるとしている。また、MACHLIN ら⁵⁸⁾ は大部分飽和脂肪酸からなる水素添加のやし油と、大部分が不飽和の脂肪酸からなる水素添加のサフラワー油を産卵鶏に与えて卵中の脂肪酸を調べたところ、やし油を給与した鶏の卵は、サフラワー油を給与したものに比べて、ラウリン酸、ミリスチン酸、ミリストレン酸

油脂添加と疾病

およびオレイン酸含量がかなり多くなり、逆にリノール酸およびアラキドン酸の含量は明らかに低下した。このことから、飽和の脂肪酸からなる脂肪は、不飽和脂肪酸からなる脂肪と同様に、卵の脂肪組成に影響する。また成鶏は必須の脂肪酸の欠乏に対し敏感ではない。これは脂肪の組成に多量のリノール酸が含まれ、またアラキドン酸の減少する割合が低いためであるとしている。

卵黄のコレステリン含量は、用いた脂肪の種類によっては明らかな差異を認めなかつたと DAGHIR ら¹⁵⁾が報じている。

スポンヂ卵(卵黄凝固)はマレイシヤ属の草の実(Malvaceae)や熱処理してゴシポールを非活性化していない棉実粕を産卵鶏に与えると起る。この原因について、原因となる有害脂肪酸を分離し、次の名前と構造を MACFARLAND ら⁵⁷⁾が与えた。すなわちその一つはステロキューリック酸 (Steroculic acid) $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{C}=\text{C}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$, 他の一つは マルバーリック酸 CH_2 (Malvalic acid) $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_x-\text{C}=\text{C}-(\text{CH}_2)_y-\text{COOH}$

ただし $x+y=13$ となる。

産卵鶏に対して脂肪をどの程度まで給与しても害がないかという点については、油脂を与えたために特殊の病気になる量というよりも、元来の目的が産卵を増進させるかどうかを問題にすることであるから、産卵に対して効果のなくなる量について述べたい。8% までの脂肪添加は、産卵率は増大するが、それ以上では産卵率の向上に影響がないと LILLIE ら^{55,56)}, HILL ら⁴⁵⁾, TURK ら¹⁰⁸⁾が報じている。また WEISS ら¹¹⁰⁾も動物性脂肪を 10% 添加すると産卵が減ずることを報じている。

脂肪と繁殖・性成熟

MACHLIN ら⁵⁹⁾は不飽和脂肪酸のリノレイン酸を多量に与えた場合に、8週間で産卵率は78%から25%に低下し受精率は37%、ふ化率は0%となる。これにビタミンEを添加すると有効であると報じている。

また、スタークリヤ・フォーティダ油を給与するとさか、卵巣および輸卵管の発育が遅れることを SCHNEIDER ら⁹¹⁾が認め、EVANS ら⁸²⁾は産卵鶏に棉実油またはスタークリヤ・フォーティダの種実を給与すると、その卵はステアリン酸の割合は高くなるが、オレイン酸の割合が低下することを報じていたので、SCHNEIDER ら⁹¹⁾はオレイン酸を多給したところ、スタークリヤ・フォーティダ油給与に起因する性成熟の遅延および産卵率の低下をある程度軽減できると報じている。

飼料中に不飽和脂肪酸が多いと、ひなの脳軟化症の原因となり、ビタミンEや抗酸化剤の要求量が高くなることが知られている。

油脂添加によつて多く発生するようになった疾病は脂肪肝であろう。この症状はアメリカでは1954年の終り頃からみられるようになり、その発生率は1956年になつて急に増加している。ちょうどこの頃油脂を6~7%程度含む有名商標の飼料が急に市場に出廻り始めたので、恐らくこれらの飼料のエネルギー含量が高いことが、脂肪肝症状の発生と関係あると考えられる。COUCH¹⁸⁾は鶏が産卵を続けている間は、斃死とか、脂肪肝症状の発生などの問題はほとんどなかつたが、産卵が止ると、急に過剰の脂肪を沈着して斃死するようになる。そこで、コリン、ビタミンE、ビタミンB₁₂などの適量を添加して予防すること、あるいは蛋白質含量を高めてやることが効果があると説明している。

血清中のコレステリン含量は、産卵鶏については DAGHIR ら¹⁵⁾は、12%の大豆油を配合したものは、対照飼料給与区より低下し、12%の白色グリースを添加したものでは対照区にくらべて明らかに増加しなかつたと報じている。また、EDWARDS ら²⁸⁾は成鶏にトウモロコシ油、ビーフ・タロー、ラードを給与したが、血清コレステリン含量に明らかな差異は認められなかつたと報じている。ひなについては DAGHIR ら¹⁰⁾は、8%の動物性脂肪を給与した区が、油脂無添加区あるいは植物性油脂の大豆油給与区に比して明らかに高くなつた。また血清コレステリン含量はいずれの試験区においても雄びなが雌びなに比して明らかに高くなつたと報じている。

KEINHOLZ らウイスコンシン大学の研究者ら⁸⁵⁾は油脂添加飼料を給与すると、場合によつては尻つつきあるいは興奮して騒々しかつた。このような場合、粗繊維の多い飼料を配合すると尻つつきを防ぐことができたが、油脂を添加して高エネルギーにした効果がなくなつてしまうとしている。

そのほか、疾病ではないが、10%または14.5%の油脂を給与したひなでは、2.5%の油脂を給与したひなに比し甲状腺が小さかつた。ただし甲状腺は小さくとも、甲状腺ホルモンのサイロキシン (thyroxine) の分泌量は必ずしも減少しなかつたと MARCH ら⁶³⁾は報じている。

また疾病予防薬と油脂の適合性に関して、コクシジウム症の予防治療薬のナイカーバジン (nicarbazin) を含む飼料にタローを添加した場合には、平飼い、バタリー飼いともに生長が減退するが、メチルエステルを添加し

た場合には、両様式飼い方ともに生長が増加したので、
ナイカルバシンはタローよりメチルエステルによく適合
すると LEWIS ら⁵⁴⁾が報じている。

油脂添加と抗酸化剤

油脂を飼料に添加する場合に注意を要する点の一つ
に、添加した油脂が酸化しないようにすることである
う。添加した油脂が酸化すれば、遊離の脂肪酸ができた
り、生産物に悪臭をつけたり、ビタミン類を破壊するた
めである。これを防止するために抗酸化剤を用いること
が考えられる。

飼料に用いられる抗酸化剤としては、次のような条件
に合わなくてはならない。1. 毒性が少なく、抗酸化力
が強いこと。2. 溶解度が高く、安定な物質であること。
3. 味も臭気もなく、色もないこと。4. 価格が適当であ
ることなどである。

これらの条件に合った飼料の抗酸化剤として BHA
(butylated-hydroxy-anisole), BHT(butylated-hydroxy-
toluene), クエン酸 (citric acid), プロピールガレート
(propylgallate) また最近ではトリハイドロオキシシ
ン・ブチロ・フェノン (trihydroxy-butyro-phenone) が用
いられよい結果が得られている。

お わ り に

この総説においては、近年の報告を中心として、鶏の
飼料としての油脂について研究進展の概略を述べた。一
部はほぼ意見の一致をみているが、結果がまちまちの部
分も多い。これは、蛋白質を始め、油脂以外の各栄養素
と油脂とのバランスの調整の研究が終局に達していない
ことや、それに加えて環境の要因を加えた研究が未解決
であるなど、油脂添加の効果を最大に発揮するために、
今後一層の研究によつて解決されなければならない点が
多いためである。

文 献

- 1) ARSCOTT, G.H. and L.A. SATHER Poultry Sci., 37: 844, 1958.
- 2) BEGIN, J.J. ibid., 40: 892, 1961.
- 3) BERGLUND, R. Feedstuffs, 34: 43, 6, 1962.
- 4) BIELY, J. and B. MARCH Poultry Sci., 36: 1253, 1957.
- 5) BIRD, H.R. ibid., 22: 205, 1943.
- 6) ——— and D. WHITSON ibid., 25: 210, 1946.
- 7) BOLTON, W. and V.N. MURTY J. Agr. Sci., 55: 203, 1960.

- 8) BURR, G.O. J. Biol. Chem., 82: 345, 1929.
- 9) CARVER, D.S. and E.L. JOHNSON Poultry Sci., 32: 701, 1953.
- 10) ——— ibid., 38: 71, 1959.
- 11) COMBS, G.F. Feedstuffs, 31: 12, 34, 1959.
- 12) ——— and N.V. HELBACKA Poultry Sci., 39: 271, 1960.
- 13) COUCH, J.R. Feedstuffs, 28: 47, 46, 1956.
- 14) CULLEN, M.P., O.G. RASMUSSEN and O.H.M. WILDER Poultry Sci., 41: 360, 1962.
- 15) DAGHIR, N.J., W.W. MARION and S.L. BALLOUN ibid., 39: 1459, 1960.
- 16) ——— and S.L. BALLOUN ibid., 40: 1712, 1961.
- 17) DAM, R., R.M. LEACH JR., T.S. NELSON, L.C. NORRIS and F.W. HILL J. Nutrition, 68: 615, 1959.
- 18) DANKY, L.M. Poultry Sci., 41: 1352, 1962.
- 19) DOBERENZ, A.R., D.L. SCHNEIDER, A.A. KURNICK, M.G. VAVICH and A.R. KEMMERER Proc. Soc. Exptl. Med., 105: 359, 1960.
- 20) ———, ———, ———, ——— and ——— Poultry Sci., 41: 700, 1962.
- 21) DONALDSON, W.E., G.F. COMBS and G.L. ROMOSER ibid., 33: 1053, 1954.
- 22) ———, ——— and ——— ibid., 35: 1100, 1956.
- 23) ———, ——— and ——— ibid., 37: 614, 1958.
- 24) ——— ibid., 41: 1060, 1962.
- 25) DOUGLAS, C.R. and R.H. HARMS ibid., 39: 54, 1956.
- 26) EDWARDS, JR., H.M., W.S. DUNAHOO, J.L. CARMON and H.L. FULLER ibid., 39: 6, 1389, 1960.
- 27) ———, J.E. MARION and J.C. DRIGGERS ibid., 40: 811, 1961.
- 28) ———, ——— and ——— ibid., 41: 713, 1962.
- 29) ENGMINGER, M.E. Feedstuffs, 28: 13, 49, 1956.
- 30) EVANS, R.J., S.L. BANDEMER, J.A. DAVIDSON and P.J. SCHABLE ibid., 36: 798, 1957.
- 31) ———, ———, ——— and ——— ibid., 37: 977, 1958.
- 32) ———, J.A. DAVIDSON and S.L. BANDEMER J. Nutrition, 73: 282, 1961.
- 33) ———, S.L. BANDEMER, M. ANDERSON and J.A. DAVIDSON ibid., 76: 314, 1962.
- 34) FEDDE, M.R., P.E. WAIBEL and R.E. BURGER ibid., 70: 447, 1960.
- 35) Feedstuffs, 34: 35, 14, 1962 より引用.
- 36) FISCHER, H. and G.A. LEVELLIE J. Nutrition, 63: 119, 1957.
- 37) GERRY, R.W. Maine Agri. Expt. Sta. Bull. 523, 1954.

- 38) GREENE, D.E., H.M. SCOTT and H.W. NORTON Poultry Sci., 39:7, 1960.
- 39) HAMMOND, J.C. and H.M. HARSHAW ibid., 20: 437, 1941.
- 40) HEIMAN, V. and L.W. TIGHE ibid., 22:102, 1943.
- 41) HENDERSON, E.W. and W.E. IRWIN ibid., 19: 389, 1940.
- 42) HEYWANG, B.W. World's Poultry Sci. J. 18: 147, 1962.
- 43) HILL, F.W., D.L. ANDERSON and L.M. DANSIKY Poultry Sci., 33: 1059, 1954.
- 44) ———, ——— and ——— Proc. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, 47, 1954.
- 45) ———, ——— and ——— Poultry Sci., 35: 54, 1956.
- 46) ——— Feedstuffs, 28: 29, 52, 1956.
- 47) HOCHREICH, H.J., C.R. DOUGLAS, I.H. KIDD and R.H. HARMS Poultry Sci., 37: 949, 1958.
- 48) HUNT, J.R., J.R. AITKEN and W.G. HUNSAKER ibid., 40: 1193, 1961.
- 49) JOHNSON, E.L. and P.E. WAIBEL Feedstuffs, 28: 27, 18, 1956.
- 50) 勝木辰男・紺野 耕・大淵 進 日獣畜大紀要, 11: 52, 1962.
- 51) KUMMEROW, F.A., R. WEVER and H. HONSTEAD Poultry Sci., 28: 475, 1949.
- 52) LEONG, K.C., M.L. SUNDE, H.R. BIRD and K.G. WECKEL ibid., 37: 1170, 1958.
- 53) ———, ——— and C.A. ELVEHJEM ibid., 38: 1267, 1959.
- 54) LEWIS, R.W., J.J. WOODS and J.R. COUCH ibid., 39: 910, 1960.
- 55) LILLIE, R.J., J.R. SIZEMORE, J.L. MILLIGAN and H.R. BIRD ibid., 31: 1037, 1952.
- 56) ———, ——— and C.A. DENTON ibid., 36: 755, 1957.
- 57) MACFARLAND, J.J., F.S. SHENSTONE and J.R. VOCKERY Nature, 179: 830, 1957.
- 58) MACHLIN, L.J. and C.W. POPE Poultry Sci., 41: 1340, 1962.
- 59) ———, R.S. GORDON, J.E. MARR and C.W. POPE J. Nutrition, 76: 284, 1962.
- 60) MACINTYRE, T.M. and J.R. AITKEN Poultry Sci., 36: 1211, 1957.
- 61) MARCH, B.E. and J. BIELY ibid., 33: 1069, 1954.
- 62) ——— and ——— ibid., 35: 545, 1956.
- 63) ——— and ——— ibid., 36: 1270, 1957.
- 64) ——— and ——— ibid., 41: 9, 1962.
- 65) ——— and ——— ibid., 42: 20, 1963.
- 66) MARION, J.E. and H.M. EDWARDS, JR. ibid., 41: 1785, 1962.
- 67) ——— and ——— J. Nutri., 79: 53, 1963.
- 68) MCDANIEL, A.H., J.H. QUISENBERRY, B.L. REID and J.R. COUCH Poultry Sci., 36: 850, 1957.
- 69) ———, J.H. QUISENBERRY, B.L. REID and J.R. COUCH ibid., 38: 213, 1959.
- 70) MASSON, J.C., M.G. VARICH, B.W. HEYWANG and A.R. KEMMERER Science, 126: 751, 1957.
- 71) MEHRING, A.L., L.N. LOYD, JR., D. THONSON, JR. and H.W. TITLIS Poultry Sci., 40: 826, 1961.
- 72) MENGE, H. and C.A. DENTON J. Nutrition, 75: 107, 1961.
- 73) MILLER, E.C., H. MENGE and C.A. DENTON ibid., 80: 431, 1963.
- 74) MRAZ, F.R., R.V. BOUCHER and M.G. MCCARTNEY Poultry Sci., 37: 1308, 1958.
- 75) MURTY, N.L. and R. REISER J. Nutrition, 75: 2287, 1961.
- 76) NABER, E.C. and C.L. MORGAN Poultry Sci., 36: 727, 1957.
- 77) OSTRANDER, J.G., R. JORDAN, W.J. STADELMAN, J.C. ROGLER and G.E. VALL ibid., 39: 746, 1960.
- 78) PEPPER, W.F., S.J. SLINGER and E.S. SNYDER ibid., 32: 921, 1953.
- 79) ———, ——— and J.D. SUMMERS ibid., 39: 66, 1960.
- 80) ———, ——— and I.R. SIBBALD ibid., 41: 1163, 1962.
- 81) POTTER, L.M., L.D. MATTERSON and E.P. SINGSEN ibid., 39: 1178, 1960.
- 82) PRICE, J.D., A.H. MCDANIEL, D.N. SMITH, JR., J.H. QUISENBERRY, B.L. REID and J.R. COUCH ibid., 36: 1316, 1957.
- 83) QUILLEN, E.C., G.F. COMBS, R.D. CREEK and G.L. ROMOSER ibid., 40: 639, 1961.
- 84) QUISENBERRY, J.H., R.M. SHERWOOD and H.L. GERMAN ibid., 28: 780, 1949.
- 85) RAND, N.T., H.M. SCOTT and F.A. KUMMEROW ibid., 37: 1075, 1958.
- 86) REISER, R. and P.B. PEARSON J. Nutrition, 38: 244, 1949.
- 87) ——— J. Nutrition, 44: 159, 1951.
- 88) RENNER, R. and F.W. HILL Poultry Sci., 39: 849, 1960.
- 89) ROBERTSON, E.I., R.E. MILLER and G.F. HELISER ibid., 27: 736, 1948.
- 90) RUNNELS, T.D. ibid., 33: 1090, 1954.
- 91) SCHNEIDER, D.L., A.A. KURNICK, M.G. VAVICH and A.R. KEMMERER ibid., 41: 1005, 1962.
- 92) SELL, J.L. and G.C. HODGSON J. Nutrition, 76: 113, 1962.
- 93) SHENSTONE, F.S. and J.R. VICKERY Poultry Sci., 38: 1055, 1959.
- 94) SHUTZE, J.V., L.S. JENSEN and J. MCGINNIS ibid., 41: 1846, 1962.

- 95) SIEBALD, I.B., S.J. SLINGER and W.F. PEPPER
ibid., 41:1254, 1962.
- 96) SIEDELER, A.L. and B.S. SCHWEIGERT ibid.,
32:449, 1951.
- 97) SINGSEN, E.P., L.D. MATTERSON and A. KOZEFF
Storrs (Connecticut) Agri. Expt. Sta. Bull. 286,
1952.
- 98) SKINNER, J.L., J.H. QUISENBERRY and J.R. COUCH
Poultry Sci., 30:319, 1951.
- 99) SUMMERS, J.D., S. J. SLINGER, I. MOTZOK and
G.C. ASHTON ibid., 39:664, 1960.
- 100) SUNDE, M.L. ibid., 35:350, 1956.
- 101) ———— ibid., 35:362, 1956.
- 102) ———— J. American Oilchem. Soc., 31:
49, 1954.
- 103) TAYLOR, M.W., F.P. JEFFLEY and W.C. RUSSEL
Poultry Sci. 23:155, 1944.
- 104) 田先威和夫・茗荷 澄 日畜会報, 33:別号23,
1962.
- 105) THOMAS, C.H., E.W. GLAZENER and W.L. BLOW
Poultry Sci., 37:1177, 1958.
- 106) THORNTON, P.A. and W.A. WHITTET ibid.,
39:916, 1960.
- 107) TREAT, C.M., B.L. BEID, R.E. DAVIES and J.R.
COUCH ibid., 39:1550, 1960.
- 108) TURK, D.E., H.R. BIRD and M.L. SUNDE ibid.,
37:1249, 1958.
- 109) TURPEINEN, Q. J. Nutrition, 15:351, 1938.
- 110) WEISS, H.S. and H. FISHER ibid., 61:267,
1957.
- 111) WILGUS, H.S. Feedstuffs, 29:47, 34, 1957.
- 112) WILLIAMS, W.P. ibid., 31:37, 92, 1959.
- 113) YACOWITZ, H. Poultry Sci., 32:930, 1953.
- 114) ———— and V. D. CHAMBERIN ibid., 33:
1090, 1954.