

アマニ油を活用した採卵鶏用飼料の開発と産卵に及ぼす影響

小島雄次・小野晴美¹⁾・津留崎正信・石田修三²⁾・中村年宏²⁾

アマニ油を活用した採卵鶏向け飼料を開発し、その飼料価値と産卵に及ぼす影響をみるために、アマニ油脂肪酸カルシウム塩（アマニ油 Ca）を飼料に 0, 2.5, 5.0, 及び 7.5 % 添加し給与した。①リパーゼと $\text{Ca}(\text{OH})_2$ でアマニ油をけん化する際、糖蜜類の褐変物質を添加すると、脂肪酸の酸化を防止したアマニ油 Ca の製造が可能であった。②アマニ油 Ca の飼料成分及び代謝エネルギー（ME）は粗蛋白質：0.6 %, 粗脂肪：83.7 %, 粗灰分：15.1 %, 総エネルギー：6,861kcal/kg, ME：5,907kcal/kg, 代謝率：86.1 % であった。③対照区、アマニ油 Ca の 5.0 % 配合区及び 7.5 % 配合区に比較して、2.5 % 配合区の産卵率及び産卵日量は増加する傾向を示した。このことから、アマニ油 Ca を通常の成鶏飼育用配合飼料に添加する割合は 5.0 % 未満を限度とし、望ましくは 2.5 % 程度が最も適当であると考えられた。

[キーワード：採卵鶏、アマニ油脂肪酸カルシウム塩、代謝エネルギー、産卵率]

Development of Diet with Linseed Oil Calcium Soap by Laying Hens and Effect of Poultry Egg Production. KOJIMA Yuji, Harumi ONO, Masanobu TSURUSAKI, Shuzo ISHIDA, and Toshihiro NAKAMURA (Fukuoka Agric. Res. Cent., Chikushino, Fukuoka 818, Japan and ²⁾Taiyoyushi K.K.) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 14: 186-189 (1995)

This experiment was conducted with laying hens to assess the effect of calcium soaps, which newly developed to saponify fatty acids from linseed oil (CSLS). 208 laying White Leghorn were assigned to 4 levels experimental diets containing 0, 2.5, 5.0 and 7.5% CSLS. During saponification of linseed oil with lipase and calcium hydroxide, addition of 5% browning molasses CSLS was found to be antioxidized. Chemical composition of crude protein, ether extract and ash contents, and gross energy (GE), metabolizable energy (ME) and ME/GE ratio in CSLS were 0.6, 83.7 and 15.1%, and 6,861, 5,907kcal/kg and 86.1%, respectively. Egg production was increased containing 2.5% CSLS diet in comparison with diet levels. It was concluded that most optimal level was commercial formula diet containing 2.5% CSLS.

[Key words : Layer, Linseed oil, Metabolizable energy, Egg production]

結 言

ヒトの栄養学の中で、癌やアレルギー等の疾病予防との関係で脂肪酸が注目されている。日本人の食生活の変化から不飽和脂肪酸のうち n-6 系列不飽和脂肪酸（n-6 系列）であるリノール酸が過剰摂取傾向になっており、これが慢性疾患の症状悪化や発症率を上げる可能性があるとして指摘^{14, 15)}されている。一方、n-3 系列不飽和脂肪酸（n-3 系列）である α -リノレン酸等は、n-6 系列によって促進される疾病に対して抑制的に働く¹⁵⁾として注目されている。奥山¹⁴⁾はヒトの油脂の栄養指針のなかで、n-3 系列と n-6 系列の摂取比を 1 以上にすることが必要であろうと提案している。

鶏卵の成分は蛋白質、脂質、ビタミン類及びミネラル等で構成されており、概して卵黄中の脂肪酸組成や脂溶性ビタミン類（A, E, D 等）の含量は、給与した飼料の成分によって変動するとされている^{9, 17)}。畜産物中の n-3 系列の比率を高める方策として n-3 を多く含む油脂を飼料に添加することが考えられる。n-3 系列を多く含む油脂には動物性油脂では魚油⁴⁾、植物油脂ではアマニ、エゴマ¹⁴⁾及びシソ実油¹⁵⁾があり、採卵鶏、ブロイラー¹⁾及びブタ^{3, 13)}で魚油を用いたものが数多くある。しかし、魚油を採卵鶏に給与すると、その独特の臭いが鶏卵へ移行し食味に影響を与える等の問題点が指摘されている^{10, 12)}。一方、アマニ油は資源的に豊富で、臭いの問題も少なく、 α -リノレ

ン酸を豊富に含むが、一般的に植物油脂は液状で、酸化しやすいなど欠点があるため、家畜の飼料としての利用は困難であるとされている。

そこで、本試験ではアマニ油を家畜特に採卵鶏用の飼料原料として利用するために、けん化により固形物とするとともに、酸化を防止したアマニ油脂肪酸カルシウム塩（アマニ油 Ca）の製造法について検討した。同時に、試作したアマニ油 Ca の飼料価値及びアマニ油 Ca を採卵鶏に給与した場合の産卵に及ぼす影響を調査した。

試 験 方 法

1 アマニ油 Ca の製造と酸化防止

アマニ油 Ca は、第 1 表に示したとおり、アマニ油、水酸化カルシウム（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）、リパーゼ及び水を用いて試作した。まず、予め油脂を加水分解するためにリパーゼを水で希釈した溶液とアマニ油を混合し、40℃に温めながら均等になるまで静かに攪拌した。これに $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を加え、さらに均等に混合するまで攪拌し、40℃に保ちながら 2 日間放置した。

酸化防止のため、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 添加時に糖蜜類を褐変化した物質（カラメル）³⁾を添加してその効果を判定した。カラメルを 5 % 添加した区と、無添加を設け、25℃及び 40℃の温度下における酸化の程度を過酸化価を指標に経時的に調査した。過酸化価は常法⁶⁾にしたがって測定した。

1) 現福岡県農政部畜産課

2) 太陽油脂株式会社

第1表 アマニ油 Ca 製造時の各成分の混合割合

原材料	混合割合
アマニ油 ¹⁾	74.0%
Ca(OH) ₂	10.5
カラメル	5.5
リパーゼ	0.23
水	10.27

1) 脂肪酸組織は

C16:6.0%, C18-0:3.4%

C18-1:19.2%, C18-2:14.4%

C18-3:54.8%

2 アマニ油 Ca の飼料一般成分及び代謝エネルギー (ME)

飼料一般成分は、試作したアマニ油 Ca の 21 点を用いて、粗蛋白質 (CP)、粗脂肪、粗灰分及び総エネルギー量 (GE) を測定した。CP、粗脂肪、粗灰分は常法⁷⁾にしたがって分析し、GE は熱研式ボンブカロリメータ (CA-4 型、島津製作所) により測定した。

ME 測定のための代謝試験は、107 日齢 (育雛期)、200 日齢及び 329 日齢 (成鶏期) の白色レグホーン種 (ジュリア) を用いて、基礎飼料のみの区と、基礎飼料に対してアマニ油 Ca を 5.0 及び 10 % 添加する区の 3 水準を設けて実施した。試験区は、各水準とも育雛期が 1 区 2 羽の 4 群、成鶏期が 1 区 1 羽の 6 群とした。基礎飼料には育雛期が育雛後期用飼料、成鶏期が成鶏飼育用飼料を用い、主な原材料とその配合割合は第 2 表に示した。試験期間は予備期 7 日間、本試験 5 日間の 12 日間とした。飼料給与は予備期中の消費量から 1 日の摂取量を求めて、本試験期間中は残飼が出ないようにした。試験は全糞採取法⁷⁾により実施した。糞中のエネルギーはボンブカロリメータで測定し、飼料中の窒素量は常法⁷⁾により分析し、測定した ME の窒素補正を行った。

3 アマニ油 Ca の給与割合が産卵に及ぼす影響

白色レグホーン種 (ジュリア) を各区 26 羽の 208 羽用い、試作したアマニ油 Ca を 2.5 % (2.5 % 区)、5.0 % (5.0 % 区) 及び 7.5 % (7.5 % 区) 添加する区と通常の成鶏飼育用飼料のみを給与する区 (対照区) の合計 4 区設け、

第2表 基礎飼料の主な原料名及び配合割合

種 類	配合割合	原 材 料 名
育雛後期用飼料 ¹⁾		
穀類	61%	とうもろこし、マイロ
そうこう類	27	ふすま、コーングルテンフィード、米ぬか
植物性油粕類	6	大豆油粕
動物質性飼料	8	魚粉
その他	9	炭酸Ca、食塩等
成鶏飼育用飼料 ²⁾		
穀類	66%	とうもろこし、マイロ
植物性油粕類	16	大豆油粕、コーングルテンミール
動物質性飼料	8	肉骨粉、魚粉、フィッシュソリブル吸着飼料
そうこう類	1	ふすま
その他	9	炭酸Ca、アルファルファミール、動物性油脂 りん酸Ca、食塩、パブリカ抽出処理物等

1) CP14.0%, Fat2.5%, ME2,700kcal/kg

2) CP17.0%, Fat3.0%, ME2,800kcal/kg

各区とも 2 反復づつ割り付けた。試験期間は平成 4 年 6 月 11 日 (21 週齢) から平成 5 年 5 月 12 日 (68 週齢) までとし、試験鶏舎は開放式鶏舎とした。

基礎飼料には第 2 表に示した成鶏飼育用飼料を用いた。また、第 3 表にはアマニ油 Ca の添加後の飼料成分を示した。給与量は全区とも不断給餌とした。産卵試験期間は 21 週齢から 1 期 4 週間の 12 期にわけて、各期毎に平均卵重、産卵率、産卵日量、軟卵率及び破卵率を調査した。

飼料消費量及び飼料要求率は、試験開始後から 1 週間、2 週間、3 週間、4 週間、8 週間、12 週間及び 16 週間の 7 期に分けて調査した。

結 果

1 アマニ油 Ca の製造と酸化防止

第 1 表のとおり混合すると、2 日間の静置でアマニ油 Ca とカラメルがむらなく混合した固形物を得ることができた。

第 4 表にアマニ油 Ca の過酸化価を示した。カラメル無添加のアマニ油 Ca は 25℃ に保っておくと、14 日間で過酸化価は 22.5mg 当量、21 日後では 80.9mg 当量と急激に酸化が進んだ。しかし、カラメルを添加した場合、70 日間経過しても過酸化価は 7.0mg 当量とほとんど酸化されず安定していた。カラメルを添加した場合、40℃ の温度条件下でも 28 日間経過後の過酸化価は 16.8mg 当量と酸化の程度は低かった。

2 アマニ油 Ca の飼料一般成分及び ME

アマニ油 Ca の飼料成分は、水分が 14.2 ± 1.2 %、粗脂肪が 83.7 ± 1.5 %、CP が 0.6 %、粗灰分が 15.1 ±

第3表 アマニ油 Ca 添加割合と添加後の CP, ME, アミノ酸含量

	対象区	2.5%区	5.0%区	7.5%区
基礎飼料 (%)	100	97.5	95.0	92.5
アマニ油Ca (%)	0	2.5	5.0	7.5
粗蛋白質 (%)	17.0	16.6	16.2	15.8
アミノ酸 (%) ¹⁾				
アルギニン	1.03	1.00	0.98	0.95
ヒスチジン	0.46	0.45	0.44	0.43
イソロイシン	0.70	0.68	0.67	0.65
ロイシン	1.69	1.65	1.61	1.56
リジン	0.85	0.83	0.81	0.79
メチオニン	0.35	0.34	0.33	0.32
フェニルアラニン	0.81	0.79	0.77	0.75
トレオニン	0.66	0.64	0.63	0.61
トリプトファン	0.18	0.17	0.17	0.17
バリン	0.87	0.85	0.83	0.80
ME (kcal/kg)	2,800	2,880	2,960	3,030

1) 基礎飼料の設計から算出した。

第4表 アマニ油 Ca の過酸化価 (mg 当量)

処 理	7	14	21	28	70日
カラメル無添加 ¹⁾	9.2	22.5	80.9	114.2	重合
5%カラメル添加 ¹⁾	2.5	2.0	2.0	3.0	7.0
5%カラメル添加 ²⁾	14.0	18.2	18.2	16.8	重合

1) 温度条件25℃

2) 温度条件40℃

0.3%, GEが $6,861 \pm 156 \text{Kcal/kg}$ となり, アマニ油 Ca の製造ロットによる成分の変動は小さかった。

第5表にアマニ油 Ca の乾物当たりの GE, ME 及び代謝率を示した。育雛期のアマニ油 Ca の ME 及び代謝率は, それぞれ $7,188 \text{kcal/kg}$ 及び 88.3% であった。成鶏期での ME は, 200 日齢時が $7,046 \text{kcal/kg}$, 329 日齢時が $6,579 \text{kcal/kg}$ であった。また, このときの代謝率はそれぞれ 85.1% 及び 84.8% であった。成鶏期と育成期間の ME 及び代謝率に差はなく平均代謝率は 86.1% となった。現物当たりの GE $6,861 \text{kcal/kg}$ と平均代謝率から, アマニ油 Ca の ME は $5,907 \text{kcal/kg}$ であった。

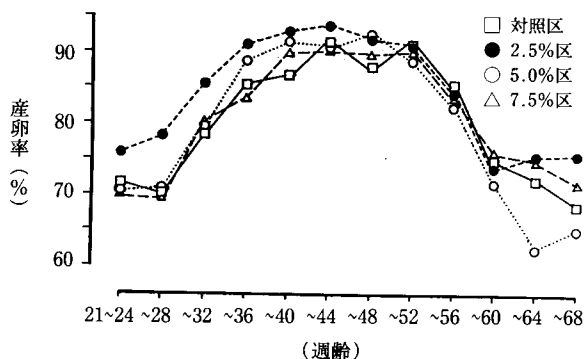
3 アマニ油 Ca の給与割合が産卵に及ぼす影響

第1図及び第2図にアマニ油 Ca を鶏に給与したときの産卵率及び産卵日量の推移を示した。2.5%区の産卵率は, 44 週齢時の産卵ピークまでが他の区と比べて良くなる傾向にあった。産卵日量は平均卵重の推移に差がなかったため産卵率の推移と同様であった。

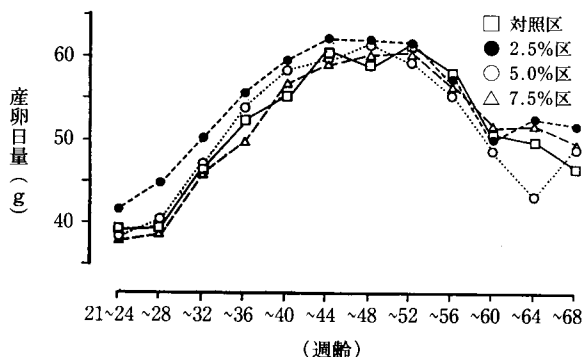
第6表にアマニ油 Ca を給与した場合の全期間の産卵率, 平均卵重及び破卵, 軟卵率を示した。平均卵重に区間の差は認めらず, 2.5%区は産卵初期から産卵ピークまでの産卵率, 産卵日量が良かったため, 21 週齢から 68 週齢まで全期間においても 2.5%給与の産卵率及び産卵日量が

第5表 アマニ油 Ca の ME 及び代謝率 (乾物当たり)

時 期	GE(kcal/kg)	ME(kcal/kg)	代謝率 (%)
育雛期	8,142	7,188	88.3
成鶏期 (200日齢)	8,283	7,046	85.1
(329日齢)	7,757	6,579	84.8
平 均	8,061	6,938	86.1



第1図 アマニCa給与における産卵率の推移



第2図 アマニCa給与における産卵日量の推移

対照区や他の区と比べて良くなる傾向にあった。破卵率及び軟卵率は区間に有意な差はなく, 一定した傾向も認められなかった。

第7表には, 21 週齢から 36 週齢までの飼料消費量及び ME 摂取量の成績を示した。アマニ油 Ca を給与することによって, 飼料要求率が対照区より良くなる傾向にあった。また, 1 日当たりの飼料摂取量は添加割合が高くなるにしたがって少なくなった。ME の摂取量は 5.0%区が最も多かったが, ME 効率では 2.5%区が対照区より良くなる傾向にあった。1 日当たりの CP 摂取量は, アマニ油 Ca の添加量が増加するにしたがって減少した。

考 察

油脂を家畜の飼料原料として用いる場合, 一般的には液状にして米ぬか等に吸着させるか, 霧状に吹き付ける方法が用いられている。この場合, 不飽和脂肪酸の含有率の高い油脂では空気中の酸素や加える熱で酸化作用を受けるため, アマニ油や魚油の飼料への添加は困難である。このため, けん化により固化して給与することが有効と考えられるが, 通常のコナトリウム (Na) によるけん化では反応温度が 90°C まで上昇し¹⁾, その温度が長時間持続するため, 不飽和脂肪酸はその過程で急激に酸化してしまう可能性が大きい。本試験で, アマニ油をリパーゼと $\text{Ca}(\text{OH})_2$ でけん化し 40°C で 2 日間静置することで安定的に固化ができた。けん化する温度が Na の場合と比べて 50°C 程度低かったため, 製造過程での酸化を防止することができたと考えられる。また, アマニ油をけん化する際, カラメルを添加することは試作品の製造後の酸化防止に有効であった。このことから, 本試験におけるアマニ油 Ca の製造法はアマニ油などの不飽和脂肪酸の多い脂質の固化方法として, 十分実用的であると考えられる。

アマニ油 Ca の飼料成分については, 水分, 粗脂肪, CP, 粗灰分含量を合計すると 113% 程度となる結果を示した。この理由としては, エーテル抽出による粗脂肪測定は加熱

第6表 産卵率, 平均卵重及び破卵, 軟卵率 (累積)

区 分	産卵率 (%)	産卵日量 (g)	平均卵重 (g)	破卵率 (%)	軟卵率 (%)
対照区	80.5	51.5	64.0	2.44	0.26
2.5%区	84.3	54.1	64.2	2.17	0.11
5.0%区	79.3	50.9	64.2	3.04	0.18
7.5%区	81.0	51.6	63.8	2.86	0.26

第7表 アマニ油 Ca 給与時の 21 ~ 36 週齢間の飼料消費量, ME 摂取量及び CP 摂取量

区 分	飼 料 消費量 (g/day)	飼 料 要求量	ME 摂取量 (kcal/day)	ME効率 ¹⁾	CP 摂取量 (g/day)
対照区	111.9	2.41	313.3	6.74	19.0
2.5%区	110.1	2.26	319.7	6.56	18.3
5.0%区	109.4	2.32	329.0	6.98	17.7
7.5%区	104.8	2.33	326.0	7.24	16.6

1) ME 摂取量 ÷ 産卵日量

するため、油脂のけん化反応により生成するグリセリンが溶解し、粗脂肪の含量が理論値より増加したものと考えられる。また、常法により求めた粗灰分は、製造段階で用いた $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 中の Ca が炭酸 Ca として測定されるため、一般飼料成分としては 100 % 以上となったものと考えられる。

次に、試作したアミノ油 Ca の製造に伴うエネルギー損失を検討した。アミノ油 Ca の乾物当たりの ME と、製造時のアミノ油混合割合からアミノ油自体の ME を推定すると 9,300kcal/kg 程度となった。これは日本標準飼料成分表⁸⁾に記載されている植物性油脂の ME 9,120kcal/kg とほぼ同程度であり、アミノ油 Ca の製造に伴うエネルギーの損失はほとんどなかったものと考えられる。このことから、本試験におけるアミノ油 Ca の製造法は、栄養的側面からみても全く問題はないものと考えられる。

本試験で設定したアミノ油 Ca の添加量程度では平均卵重に差はでなかったが、産卵率及び産卵日量については 2.5 % 区が他の処理区に対し、有意ではないが増加する傾向にあった。5.0 % 区及び 7.5 % 区は、対照区に対して ME の摂取量が増加しているにも係わらず、産卵率及び産卵日量の差がないことから、5 % 以上の添加は摂取した ME が産卵のために有効に利用されないと考えられる。

アミノ油 Ca の添加量が増えるにしたがって飼料消費量と CP 含量 (第 3 表) の低下から CP 摂取量が減少した。このときの減少率は 2.5 %, 5.0 % 区及び 7.5 % 区でそれぞれ 4 %, 7 % 及び 13 % 程度であり、減少率の最も高かった 7.5 % 区での CP 摂取量は 16.6g となった。しかし、採卵鶏に必要な 1 日当たりの CP 摂取量は 17g¹⁶⁾とされていることから、全試験区ともほぼ要求量を満たし、CP の摂取量が産卵に及ぼす影響はないものと考えられる。また、NRC 飼養標準⁹⁾では飼料中の ME 含量に対応して、必須アミノ酸の要求量を決定する必要があるとしている。アミノ油 Ca の添加量が増えるにしたがって CP 同様各必須アミノ酸の摂取量も減少すると考えられる (第 3 表)。このため、本試験の飼料消費量から各必須アミノ酸の摂取量を推定すると、7.5 % 区ではメチオニンの摂取量が不足し、5.0 % 区ではメチオニンが要求量の下限値に近い数値となった。一方、2.5 % 区では全ての必須アミノ酸の要求量を十分満たしていると試算された。

このことから、アミノ油 Ca を 5.0 % 以上加えた場合、ME 摂取量の増加に伴う必須アミノ酸の要求量の増加に加え、飼料消費量の低下に伴う必須アミノ酸の摂取量の減少が重なり、必須アミノ酸 (特にメチオニン) の摂取不足が生じると考えられる。この結果、産卵に対する ME の利用効率が低下し、ME の摂取量が増加したにも係わらず産卵率と産卵日量の向上がみられなかったと推察された。以上のことから、通常の成鶏飼育用飼料へのアミノ油 Ca の添加は多くとも 5.0 % 未満が限界であると考えられ、通常飼料にアミノ油 Ca を添加する場合は 2.5 % 前後が最適であると考えられる。

今後は、採卵鶏に n-3 系列を多く含む高脂肪、高エネルギーの飼料を長期間給与した場合の、鶏生体内の脂肪代謝に及ぼす影響と脂肪酸の卵黄中への移行効率について検

討する必要があると考えられる。

引用文献

- 1) CHANMUGAN, P.M., BOUDREAU, T., BOUTTE, R.S., PARK, J., HEBERT, L., BERRIO, and D.H. HWANG (1992) Incorporation of different types of n-3 fatty acids into tissue lipids of poultry. *Poultry Sci.* 71 : 516-521.
- 2) HARGIS, PAMELAS. and MARYE. Van ELSWYK (1993) Manipulating the fatty acid composition of poultry meat and eggs for the health conscious consumer. *World's poult sci j.* 49 : 251-264.
- 3) 入江正和・崎元道男・藤谷泰裕・町田 登 (1990) エイコサペンタエン酸、ドコサヘキサエン酸を含む魚油を給与した豚の脂肪における脂肪酸組成の理化学的性状。日畜会報 61 : 771-779.
- 4) 科学技術庁資源調査会編 (1993) 四訂食品成分表。東京：女子栄養大学出版部。pp330-331.
- 5) 加藤博通 (1991) メイラード反応生成物の安全性と食品機能。でんぷん科学 pp 1-6.
- 6) 京都大学農学部農芸化学教室編 (1973) 農芸化学実験書第二巻, (第 23 刷)。東京：産業図書株式会社, pp713-714.
- 7) 森本宏 (1971) 動物栄養試験法。東京：養賢堂, pp286-298.
- 8) 農林水産省農林水産技術会議事務局編 (1987) 日本標準飼料成分表。東京：中央畜産会, pp120-121.
- 9) National Research Council (1984) Nutrient Requirements of poultry. Washington, D.C: National Academy of Sciences, pp11-15.
- 10) 奥村純一 (1993) 卵質について。鶏の研究 68 (8) : 55-60.
- 11) RISING, R. D.M., MAIORNO, R., MICHELL and B.L. REID (1990) The Utilization of calcium soaps from animal fat by laying hens. *Poultry Sci* 69 : 768-773.
- 12) 坂井田節 (1994) 卵質改善による商品の差別化。鶏の研究 69 (1) : 55-58.
- 13) 崎元道男・入江正和・藤谷泰裕・町田 登 (1990) 豚筋肉内脂質の脂肪酸組成に及ぼすエイコサペンタエン酸を含有する魚油給与の影響。日畜会報 61 : 780-787.
- 14) 鈴木平光・奥山治美・藤本健四郎 (1991) 食の科学 161 : 20-71.
- 15) 滝田聖親・印南 敏・鹿山 光 (1989) 食の化学 138 : 16-70.
- 16) 田先威和夫 (1983) 家禽栄養学。東京：養賢堂, pp91-96.
- 17) YI-HAI JIANG, RBERT B. MCGEACHIN and CHRISTOPHER A. BAILEY (1994) β -carotene, retinol, and α -tocopherol enriched chicken eggs. *Poultry Sci (Suppl.1)* : 107.