

加熱による卵白の栄養効果に関する研究

小林 ミ サ ヲ
恩 田 京 子

緒 言

鶏卵が栄養的に優秀であることは周知の事実であるが、調理の過程におけるその取り扱い如何がその消化吸収に影響のある事も次に掲げる諸研究者の論ずるところである。

津野¹⁾は卵黄の熱処理による変化を動物実験、消化試験並びに組織学的研究により全熟卵が最も秀れていることを報告している。卵白については古くより研究が行なわれ W. G. Bateman²⁾は犬、ねずみ、人間等について生及び加熱卵白の消化試験を行なった結果、多量に摂取した時は下痢をおこしわずか50~70%利用されるにすぎないが70°C以上に加熱するときわめてよく利用されると述べている。またその後、A. F. Morgan³⁾らは egg albumin を40%含んだ飼料で犬について消化試験を行なった結果消化率は50%前後できわめてわるく、150°Cで18時間加熱し始めて antitryptic activity が破壊されて消化が良好になると述べている。

一方、人体については、M. S. Rose, G. Macleod⁴⁾は生及び攪拌した卵白の消化率は80%内外で差のないことを認め、H. H. Scudamore, G. R. Morey⁵⁾らは人体について同様の実験を行ない生及び加熱卵白の間に著しい差のないことを報告している。また、卵白の人工消化については H. Lineweaver, C. W. Murray⁶⁾らによって明らかにされ、卵白中の ovomucoid が trypsin の消化作用を阻害することを確認し、この ovomucoid は pH 9.0、80°Cの加熱で速やかにその作用を失うことを明らかにし、更に近藤⁷⁾は卵白全体の消化について加熱温度の影響を消化の面より詳細に検討し、生卵白も加熱せるものも変化はないが80°C以上に加熱した場合に良好であることを報告している。

以上の諸研究の結果より、卵白の消化率と加熱の関係については多くの報告があるが、それらは卵白中の antitryptic activity の追究や消化の研究に主眼がおかれ人工消化の面より展じて全体の栄養効果を論ずる研究資料に乏しいようである。

本研究は鶏卵の加熱による影響を研究し併せて鶏卵蛋白質の栄養価値判定の一助とするために加熱により顕著な変化をうけ易い卵白をとりあげて、その加熱による栄養効果をラッテを用いた動物実験による発育効果とその体内消化並びに人工消化試験より検討したのでその結果を報告する。

実 験 材 料

卵：卵質を一定にする為、市販成鶏用完全配合飼料により飼育された生後1~1.5年の白色レグホーン種の同日産卵の無精卵を1週間毎に購入し、4°Cの冷蔵庫内に貯蔵して用いた。実

験に先立ち卵白をよく攪拌し次の条件にて熱処理を行ない、夫々の蛋白質量とビタミンB₂量を測定した。その結果を第1表に示す。

| | | |
|------|------|-------|
| 半熟卵白 | 80°C | 5分加熱 |
| 全熟卵白 | 93°C | 15分加熱 |
| 生卵白 | そのまま | |

第1表 加熱卵白の窒素量およびビタミンB₂量

| 加熱卵白状態 | 分析値 | 窒素量 (mg/g) | ビタミンB ₂ 量 (μg/g) |
|--------|-----|------------|-----------------------------|
| 生卵白 | | 17.5 | 2.7 |
| 半熟卵白 | | 19.0 | 3.0 |
| 全熟卵白 | | 16.5 | 2.2 |

加熱による蛋白質量並びにビタミンB₂量の影響についてはあまり変化がみられなかったが半熟卵白においてわずかに高く、次いで生卵白、全熟卵白の順であった。とくにビタミンB₂量においては加熱による減少が認められた。

実験動物：Wistar系純系雄シロネズミを用いた。購入後少なくとも1週間下記の基本飼料にて飼育した体重40g内外のものを実験に供した。

飼料：基本飼料は B. R. Forker⁸⁾ら及び A. E. Harper⁹⁾の方法に従い、10匹分の1日量として Casein 22g、蔗糖64.5g、コーンスターチ4.5g、バター9g、塩類は飼料の4~5% ビタミンは飼料100g当り0.85gを混合して与えた。その詳細を示せば第2表のごとくである。

第2表 飼料組成

| | | | |
|----------|------------|--------|--------------|
| 10匹分の1日量 | Casein | 22.0 | (卵白重量として40%) |
| | Sugar | 64.5 | |
| | Cornstarch | 4.5 | |
| | Butter | 9.0 | |
| | | 100.0g | |

Mineral (dietの4~5%)

| | |
|---|---------|
| CaCO ₃ | 29.29 |
| CaHPO ₄ · 2H ₂ O | 0.43 |
| KH ₂ PO ₄ | 34.31 |
| MgSO ₄ · 7H ₂ O | 9.98 |
| NaCl | 25.06 |
| Fe(C ₆ H ₅ O ₇) · 6H ₂ O | 0.623 |
| CuSO ₄ | 0.156 |
| ZnCl ₂ | 0.020 |
| KI | 0.0005 |
| (NH ₄) ₆ MoO ₂₄ · 4H ₂ O | 0.0025 |
| MnSO ₄ · H ₂ O | 0.121 |
| | 99.993% |

Vitamin (0.85 g/100 g diet)

| | | | |
|---------------------|-------|-------------------------|----------|
| thiamine | 0.059 | biotin | 0.001 |
| riboflavin | 0.059 | folic acid | 0.002 |
| nicotinic acid | 0.294 | Vitamin B ₁₂ | 0.0002 |
| pantothenic acid | 0.235 | inositol | 1.176 |
| pyridoxamin sulfate | 0.029 | ascorbic acid | 0.588 |
| menasion | 0.006 | lactose | 97.551 |
| | | | 100.000% |

choline dietの 0.15%

Vitamin A,D (チョコラA) 0.2ml/100 g diet

実験方法

上記のごとく熱処理を施した卵白を夫々40% (重量として) 含んだ飼料で発育試験を行ないその体内消化率と飼育後の臓器重量の変化について調べ、さらに夫々卵白の人工消化試験を行った。その詳細を示せば次のとおりである。

(1) 動物実験

体重のほぼそろった白ネズミ20匹を5匹ずつ下記に示すごとくa、b、c、dの4群に分けるa群には基本飼料を与え、b、c、d群には基本飼料中蛋白源である casein を卵白で代替して与えた。

- a群 基本飼料投与群
- b群 生卵白投与群
- c群 半熟卵白投与群
- d群 全熟卵白投与群

なお水分は蒸留水を自由に摂取せしめ、約2カ月間飼育した。2カ月後ラツテを撲殺し主要臓器の重量測定及びその体重に対する重量百分比を求めた。

(2) 消化率

(a) 動物実験による消化率

飼料中並びに糞便中における1g当りの窒素量をインドフェノール法¹⁰⁾によって求めた。

(b) 人工消化率

① pepsin による消化

富山、石川¹¹⁾らの方法に従って行なった。すなわち、上記の卵白を水で約5倍稀釈し、2.5%蛋白溶液として所定の温度にて加熱処理をなし、これに水4.5mlおよび2%含糖 pepsin 0.1N塩酸溶液10mlを加えてpH1.5とする。37°C恒温器中に入れ24時間 incubate した後30%トリクロール酢酸溶液2.5mlを加えて未消化蛋白質を凝固させ、その濾液について窒素量を測定し消化率を求めた。

② pancreatin による消化

先に *trypsin* による消化実験を試みたが良い成績が得られなかったので *pancreatin* を第2の消化実験の試料とした。

本実験はF. Hawrowitz¹²⁾の方法に従って行なった。すなわち、卵白を水で約5倍にうすめて同じく2.5%蛋白溶液とし、これに2%NaClを加える。このようにして得た検液5mlを50ml容三角フラスコにとり pH 8.0のphosphate buffer 2M溶液2ml、水1mlを加えたものを所定の温度に加熱処理した後日本薬局法 *pancreatin* 0.125gを加え、toluol 1滴を加えて37°C恒温器中に入れ24時間 incubate した後とり出し30%トリクロール酢酸溶液1.3mlを加え、その濾液について窒素量を測定し消化率を求めた。

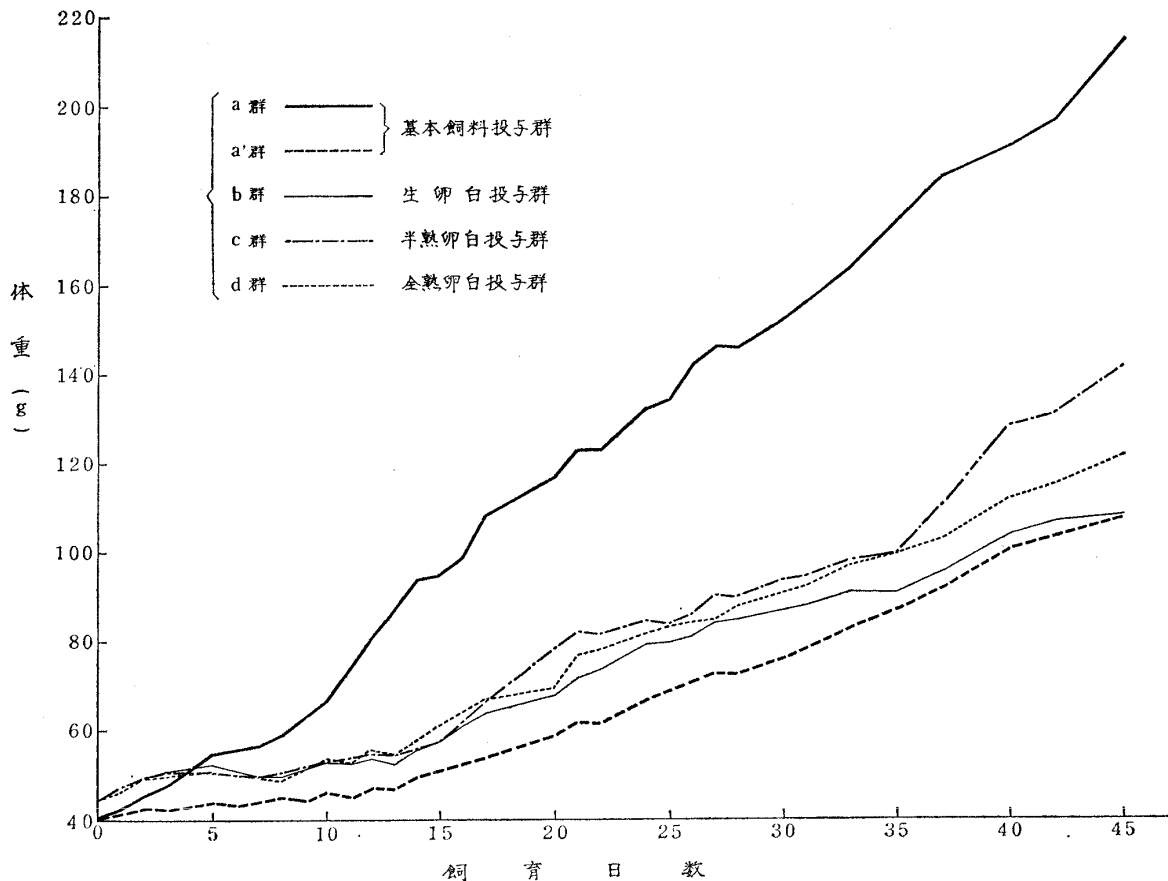
実験結果

(1) 動物実験

(a) 体重の増減

前記4群について体重の増減を2カ月にわたって測定した。その成績を示せば第1図のごとくである。飼育後15日位までは顕著な差がみられなかったが、20日経過後明らかに差異が認められ半熟、全熟、生卵白の順に発育良好であった。なお対照として基本飼料を投与したものを太い実線で示し(a群)、それを供試卵白と同量の窒素量に換算した値を太い点線で示した(a'群)。これより、*casein* より卵白による発育の方がはるかに良好であることが推察される

第1図 体重の増減



(b) 主要臓器の重量

また発育試験後のラットを撲殺し、その主要臓器重量並びに体重に対する重百分比を求めた結果第3表、第2図(A、B)に示すごとくで発育試験の効果の高いものにおいて臓器重量が多いことが認められた。重量においては基本飼料投与群(a群)が高い値を示したが、それを体重百分比に換算した場合、胃、小腸、肝臓等においては半熟卵白投与群(c群)がはるかに高い値を示した。このことは半熟卵白が発育良好の結果を示したものといえよう。

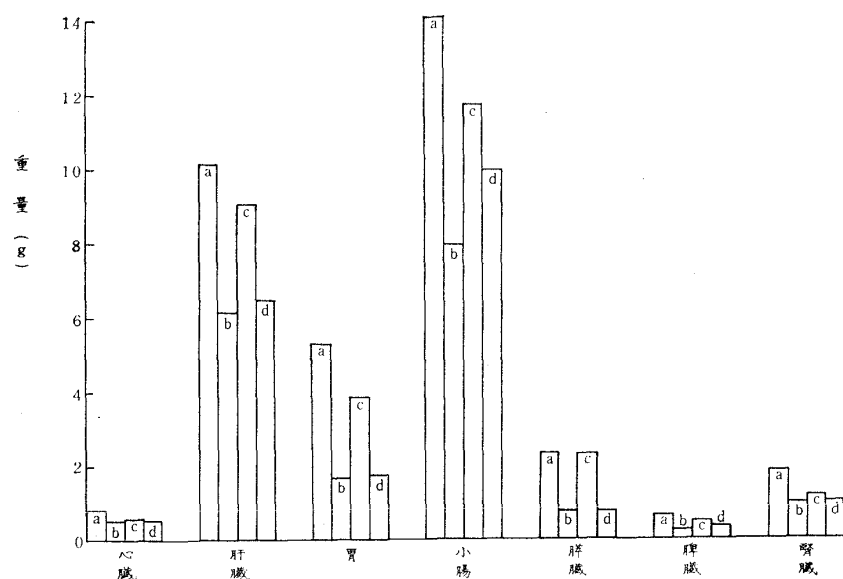
(2) 消化率

発育試験期間中連続7日間糞便を採取しそれらにつき夫々窒素量を求め、別に求めた飼料中の窒素量より差し引いて体内消化率とした。その結果a群78.1%、b群81.2%、c群83.1%、d群81.5%で大差はみられなかったが僅少ではあるが半熟卵白、全熟卵白、生卵白の傾向はうかがわれる。なお窒素排泄量の変化をしらべたところ第3図にみるごとくいずれも3日目にpeakがあり後徐々に減少の傾向にあった。

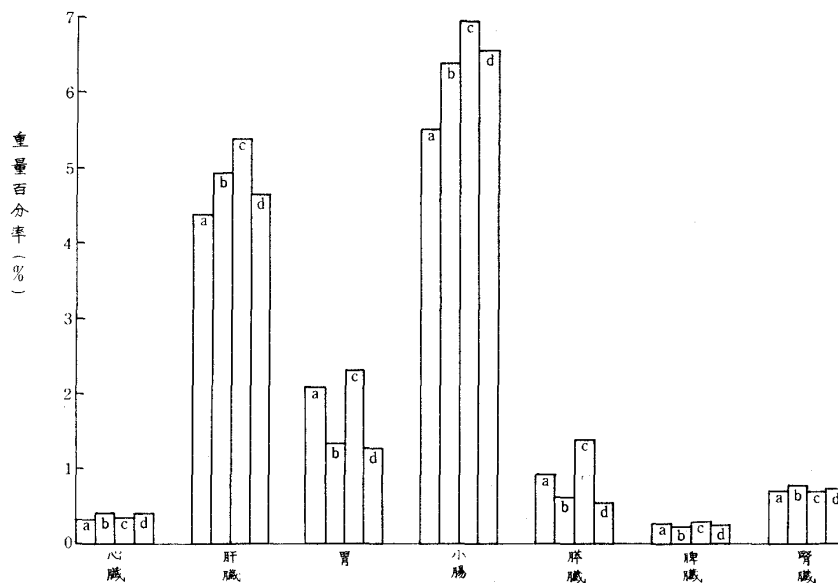
第3表 発育試験後におけるラットの主要臓器重量

| 群別 | 平均体重 (g) | 心臓 | | 肝臓 | | 胃 | | 小腸 | | 脾臓 | | 脾臓 | | 腎臓 | | |
|----|-------------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 重量 | 体百分比 | 重量 | 体百分比 | 重量 | 体百分比 | 重量 | 体百分比 | 重量 | 体百分比 | 重量 | 体百分比 | 重量 | 体百分比 | |
| | | g | % | g | % | g | % | g | % | g | % | g | % | g | % | |
| a | 基本飼料投与群 | 255.3 | 0.8 | 0.31 | 11.2 | 4.38 | 5.3 | 2.1 | 14.06 | 5.5 | 2.33 | 0.91 | 0.66 | 0.26 | 1.83 | 0.71 |
| b | 生卵白投与群 | 125.0 | 0.5 | 0.4 | 6.16 | 4.93 | 1.66 | 1.33 | 7.99 | 6.39 | 0.76 | 0.61 | 0.26 | 0.21 | 0.98 | 0.78 |
| c | 半熟卵白投与群 | 168.6 | 0.57 | 0.34 | 9.07 | 5.38 | 3.87 | 2.30 | 11.71 | 6.95 | 2.32 | 1.38 | 0.49 | 0.29 | 1.17 | 0.70 |
| d | 全熟卵白投与群 | 139.7 | 0.525 | 0.38 | 6.49 | 4.64 | 1.76 | 1.26 | 9.95 | 6.55 | 0.75 | 0.54 | 0.35 | 0.25 | 1.01 | 0.73 |

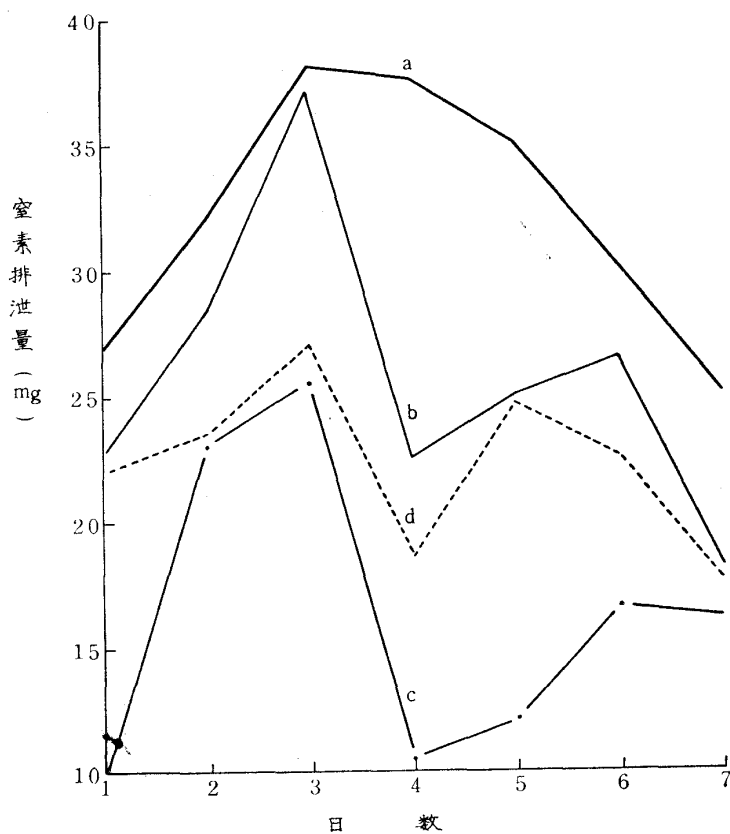
第2図 (A) 主要臓器重量



第2図 一 (B) 主要臓器重量体重百分比



第3図 窒素排泄量変化



また人工消化率を pepsin, pancreatin につき夫々前記の方法に従って求めた。その結果を体内消化の成績と併せて示せば第4表のごとくである。これより pepsin においては消化率は全般的に低くその中でもやはり半熟卵白が高く64.7%、全熟卵白49.1%、生卵白38.8%の順で低い値を示した。pancreatin においては全体の消化率は上昇し半熟卵白 95.8%、全熟卵白

第4表 加熱卵白の消化率

| 加熱卵白状態 | 体内消化 | | 人工消化 | | | |
|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|
| | | | pepsin | | pancreatin | |
| | 窒素量 (mg/g) | 消化率(%) | 窒素量 (mg/g) | 消化率(%) | 窒素量 (mg/g) | 消化率(%) |
| 生卵白 | 14.2 | 81.2 | 6.4 | 38.8 | 11.9 | 72.1 |
| 半熟卵白 | 13.5 | 83.1 | 12.3 | 64.7 | 18.2 | 95.8 |
| 全熟卵白 | 14.0 | 81.5 | 8.6 | 49.1 | 13.4 | 76.6 |

76.6%、生卵白72.1%と順位は全く同じであった。

考 察

以上のごとく発育試験および消化試験の成績から半熟卵白において栄養効果が大なることがわかった。そして従来唱えられてきた半熟卵白の消化の良否がこれらの結果より秀れていることが判明した。

先に A. F. Morgan³⁾らは egg albumin を40%含んだ飼料で消化試験を行なった結果、その消化率は50%前後できわめてわるいと述べているが著者らの実験においては全熟卵白、半熟卵白、生卵白のうち最もわるい成績を示した生卵白でさえ81.2%とかなり高い消化率であった。このことは実験動物の相違による影響も考えられるが、一方供試飼料が研究室において調製されたものであるため卵白を用いた場合におこるビオチン欠乏症並びにそれに附随して起こると思われる消化不良等の発現が防止された為と考えられる。なお基本飼料投与群を窒素量に換算して比較してみると、蛋白質を卵白で代替した方が casein のそれより高い発育曲線を示していることから卵白が栄養的に優秀なることが認められた。

また、M. S. Rose, G. Macleod⁴⁾らは生および攪拌した卵白の消化率は80%内外で差のないことを認め、H. H. Scudamore, G. R. Morey⁵⁾らは人体についての実験結果より生および加熱卵白の間に著しい差のないことを報告しているが、本実験においては体内消化において大差が認められなかったが人工消化においては明らかに差が認められ半熟卵白が最も秀れ生卵白と加熱卵白の栄養効果が明らかにされた。このことは H. Line weaver, C. W. Murray⁶⁾が述べているごとく、80°C以上の加熱では ovomucoid がその作用を失い消化作用がすみやかに行なわれ、消化良好の成績を示したものといえよう。

結 論

加熱による卵白の栄養効果をラッテによる発育試験と試験管内消化試験の2面より考察して次のような結果が得られた。

- (1) 発育試験においては半熟卵白が最も秀れ、次いで全熟卵白、生卵白の順に発育良好であった。
- (2) 発育試験後のラッテを撲殺し、夫々の主要臓器重量を比較したところ、発育試験の効果

の高いものに臓器重量も多いことが認められた。

(3) pepsin, pancreatin を用いて消化率を調べたところ、pepsin のそれは約50%、pancreatin の場合は90%前後で消化の順位は半熟卵白、全熟卵白、生卵白の順であった。

なお発育並びに消化の良否を左右すると思われる蛋白質並びにビタミン等の性状変化について更に検討を加える予定である。

謝 辞

本研究に御指導と御校閲を賜った本学教授山田民雄先生に感謝の意を表すると共に、材料供与の便をいただいた名古屋大学農学部家畜飼養学教室員の方々に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 津野貞子：家政学雑誌 1, 22(1950)
- 2) W. G. Bateman : J. Biol. Chem., **26**, 263(1916)
- 3) A. F. Morgan, C. N. Hunt, L. Arurich, E. Lewis : J. Nutrition, **43**, 63(1951)
- 4) M. S. Rose, G. Macleod : J. Biol. chem., **50**, 83(1922)
- 5) H. H. Scudamore, G. R. Morey, C. F. Consolazio, G. H. Berryman, L. E. Gordon, H. D. Lightbody and H. L. Fevold : J. Nutrition, **39**, 555(1949)
- 6) H. Lineweaver, C. W. Murray : J. Biol. Chem., **171**, 565(1947)
- 7) 近藤美千代：家政学雑誌5(1), 33(1954)
- 8) B. R. Forker, A. F. Morgan : J. Biol. Chem., **209**, 703(1954)
- 9) A. F. Harper : J. Nutrition, **68**, 405(1959)
- 10) 八木国夫、奥田潤：蛋白質、核酸、酵素 **4** (2), 57
- 11) 富山哲夫、石川栄：日本農芸化学会誌**14**, 989(1938)
- 12) F. Hawrowitz, M. Tunea, P. Schwerin and V. Göhsu : J. Biol. Chem., **157**, 621(1945)