

飯にかけて鶏卵の温度

並びに消化に関する研究

安 藤 昭 代
鳥 居 よ し 子
神 戸 鉦 子

緒 論

和風朝食には、飯、みそ汁、のり、卵、漬物というパターンがある。そのうちの鶏卵については卵焼き、茹で卵など加熱調理する場合もあるが、生卵を割りほぐし醤油をさし熱い飯にかけて食する方法も多くおこなわれる。朝食の仕度はあわただしいものであるから、このような方法が手頃なのであろう。生卵を飯にかけて混合した後の卵の状態は、流動性を失わない生卵に近い状態と思われる場合もあるが、半熟状態に近いと思われる場合もある。卵が飯より受熱しているわけである。調理操作の一つとしての加熱（茹でる、焼く）でなく、調理食品（熱い飯）により加熱されるわけである。その場合の卵の熱による変化はどの程度であろうか。消化吸収に影響を与えるであろうか。

鶏卵の消化吸収に関する研究はかなり以前から行われている。湯川¹⁾は生卵、半熟卵、全熟卵、巻焼卵を摂取した場合の人体胃内停滞時間を比較した結果、半熟卵はもっとも早く胃から消失し、全熟卵は胃中にもっとも長く停滞すると報告している。A. F. Morgan²⁾は乾燥 egg albumen 40%含有飼料を犬に与えた結果、消化率は50%前後できわめて悪く、150°C、18 hr 加熱してはじめて anti tryptic activity が破壊されて消化が良好になると述べている。W. G. Bateman³⁾は50°C以下の温度で乾燥した卵白粉末を用いて白ネズミ、犬、人体における消化試験を行った結果、加熱卵白の消化率は生卵白の消化率より高いと報告している。一方、H. H. Scudamore⁴⁾等は人体について実験した結果、生および加熱卵白の消化率に著しい差がないと報告している。

卵白の人工消化については、H. Lineweaver, C. W. Murray⁵⁾等は卵白中の Ovomuroid が Trypsin の消化作用を阻害し、PH 9, 80°Cの加熱で速やかにその作用は失われることを明らかにした。Cohn⁶⁾は鶏卵白真空乾燥粉末の水溶液を加熱し、Trypsin を酵素として消化試験を行った結果、加熱時間が長くなるにつれて消化速度が大きくなることを報告している。また近藤⁷⁾は生および60°C加熱の鶏卵白より、98°Cに加熱したものの方が消化が良好であると報告しており、前記の報告に合致する。パンクレアチンを用いた場合も、近藤は加熱温度が高くなる

につれて消化率が上昇すると述べており、江川等¹⁰⁾も卵白、卵黄ともゆで時間の増大と共に消化速度が大きくなると報告している。Pepsin の場合は、近藤⁸⁾も口羽¹¹⁾もともに、全熟卵は生卵、半熟卵に比較して消化率は劣るようであるが、全熟卵を磨碎すれば生卵、半熟卵との差がない。即ち、加熱の影響はみられないとしている。

以上、鶏卵の消化、吸収に関する研究報告が種々みられるが、我々の日常によく行なわれている生卵を飯にかけると云う食形態の場合の報告はほとんど見当たらない。この場合、鶏卵がどの程度の熱を受け、またその消化にどのような影響を与えるであろうか、疑問に思われる。なおこの場合、室温に置かれた卵と、電気冷蔵庫に貯蔵された卵との相違はみられるであろうか。本研究においては、飯にかけ混合した生鶏卵の蛋白質の消化性をとりあげ、飯の温度、卵の温度の消化に及ぼす影響を明らかにする目的をもって試みた。以下その結果を報告する。

実 験 方 法

飯に生卵をかけ混合したものを試料とし、Trypsin を作用させる。酵素分解により遊離してきたアミノ酸について Folin 試薬¹²⁾による呈色度を測定し、蛋白質の消化速度を知る。対照として生卵、半熟卵、全熟卵の消化速度を測定し、比較試料とした。

1. 試 料

米 水稻粳精白米、品種：日本海、昭和43年度新潟県産

鶏卵 品種：白色レグホン、無精卵 昭和44年11月11日、名古屋市農業センター産

2. 炊飯方法

米500gを水洗し、水720gを加え、30min 浸水し、直接式電気自動炊飯器（1.8ℓ炊き）にて炊飯する。通電時間は平均21minであった。蒸らし時間は10minとする。

3. 区分決定

区分決定は第1表に示す通りである。

第1表 実 験 区 分

区 分	卵の状態	飯の温度 (°C)	卵の温度 (°C)	備 考
①	(対照)生	22	22	対照試料
②	(対照)半熟	22	22	
③	(対照)全熟	22	22	
④	生	80	22	実験試料
⑤	生	80	7	
⑥	生	50	22	
⑦	生	50	7	

前記の如く炊飯し10分間蒸らした後、直ちに飯茶碗に盛る。飯の温度は80°C前後である。

しばらく放置し、蒸気があがらなくなった頃の飯の温度は50°C前後である。従って、飯の温度については80°Cと50°Cの二者の場合について検討することとした。卵の温度については、予備測定の結果、室内貯蔵卵として22°C、冷蔵庫貯蔵卵として7°Cの二者の場合を検討することとした。飯にかけた卵の状態が生卵に近いのか、半熟状態・全熟状態に近いのかを知るため、別に半熟卵・全熟卵を作り、生卵と共に対照試料とした。

生卵・半熟卵・全熟卵については、次の操作を経たものを用いた。

生 卵：全卵を割りほぐしうらごしに通す。

半熟卵：全卵を割りほぐしうらごしに通したものを200ml容ビーカーに入れ、80°Cの湯にて8 min 湯煎加熱する。（この場合の卵の内部温度68°C）直ちに氷水で22°Cまで冷却する。

全熟卵：全卵を割りほぐしうらごしに通したものを200ml容ビーカーに入れ、沸騰水中にて4 min 湯煎加熱する。（この場合の卵の内部温度77°C）直ちに氷水で22°Cまで冷却する。

4. 消化実験用試料調整

飯茶碗に飯100gを採取し、温度調整をする。一方、卵25gを採取し*温度調整をし、飯にかけ、直ちにはしで混合し、混合後の温度を測定する。室温に達してから飯と卵の均一に混合したものを2.5g採取し、消化実験用試料**とする。但し、対照試料の全熟卵の場合は均一に混合することが不可能であるため、飯2.0gと、全熟卵を加熱後うらごしたものを0.5gを合わせて2.5gとし、消化実験用試料とした。

* 飯100gに対し卵25gをかけたのは、飯軽く1杯分に卵半コをかけた場合を想定したものである。

** この試料については予備実験としてマイクロケルダール法により窒素量を測定した結果、バラツキが少なかったので均一な試料であると認めた。

5. 消化実験¹²⁾

試 薬

酵素液：Trypsin (1 : 250, DIFCO) 1gを水に溶解し100mlとする。

緩衝液：0.2Mリン酸カリウムーリン酸ナトリウム緩衝液 (PH7.6)

0.3Mトリクロル酢酸液

試薬A：20gの炭酸ナトリウムを0.1N水酸化ナトリウムに溶解し1 lとする。

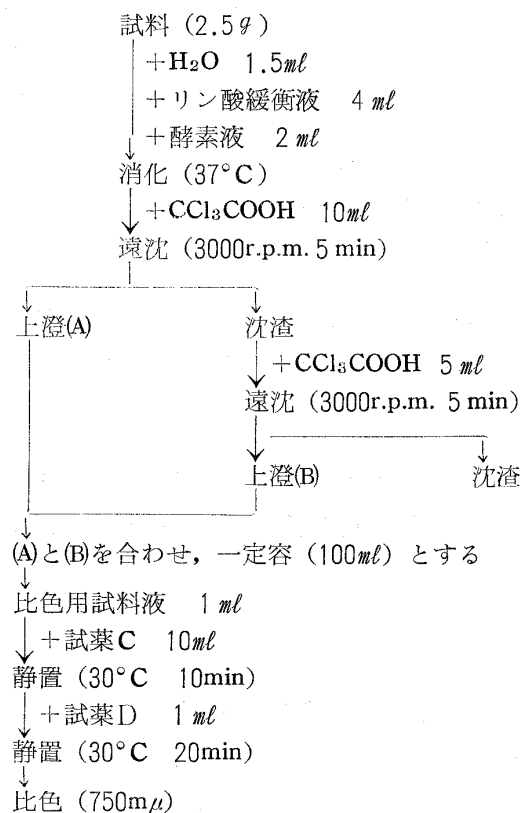
試薬B：0.5gの硫酸銅と1gの酒石酸カリウムを100mlの水に溶解する。

試薬C：試薬A50mlと試薬B 1 mlとを混合する。

試薬D：Folin 試薬を1 Nになるように水にて希釈する。

操作 実験操作は第2表に示すように行った。

第2表 実験操作



1) 消化

25ml容遠沈管内に試料2.5g, H₂O 1.5ml, 緩衝液4.0ml, 酵素液2.0mlを入れる。

反応温度は37°Cであり, 電気定温恒温槽を使用した。

反応時間は30min・1・2・3・4・5・6・7・8 hrである。

消化反応時間の設定は, 人間において食物摂取後, 胃中停滞時間 4 hr, 腸内通過時間 8 hr¹³⁾ から定めた。定時間後, トリクロル酢酸液を加えて未消化蛋白質を凝固させ, 遠沈後, 上澄液をとり, 水にて100mlとした液を比色用試料液とする。

2) 比色測定

試料液 1 ml に試薬 C 10 ml を加え 30°C にて 10 min 放置後, 試薬 D 1 ml を加え 30°C にて 20 min 放置し, 光電比色計を用いて 750 m μ における吸光度を測定した。

実験結果及び考察

1) 混合後の温度

飯に卵をかけ混合直後に測定した温度を第3表に示した。

熱い飯に冷蔵庫貯蔵卵をかけた場合 (Ⓒ区分) は, やや冷めた飯に室内貯蔵卵をかけた場合 (Ⓓ区分) よりも 10°C 以上も高温になる。卵の量 (25g) に比べ, 飯の量 (100g) が多いので, 飯の温度に左右されるのは当然といえる。また Ⓓ区分と Ⓔ区分の差よりも, Ⓓ区分と Ⓒ区

分の差の方が大きい。

第3表 飯，卵混合後の温度

区 分	①	②	③	④	
飯の温度(°C)	80	80	50	50	生 卵 22°C
卵の温度(°C)	22	7	22	7	半熟卵 68°C
混合後の温度(°C) (平均値)	58.7	52.3	41.5	38.0	全熟卵 77°C

すなわち、飯と卵との混合後の温度は、飯の温度に大きく左右される結果が得られた。全区分中、最高温度を示した①区分は58.7°Cで、著者らの行った対照半熟卵の温度68°Cに達していない。しかし①区分の肉眼でみた外観は半熟状態であり、後記する消化実験結果からも半熟状態に達しているといえる。対照半熟卵の調理法は、卵をビーカー内に入れ80°Cの湯浴中で加熱する方法である。この場合の受熱はビーカーを通して行われ、卵の接するビーカー内壁が80°Cというわけではない。しかしながら①区分の卵は80°Cの飯に混合され、直接接触する。また、対照半熟卵の受熱面積はビーカーに接する卵の面積であるのに対して、①区分の卵の受熱面積は飯との接触面全体である。したがって①区分の受熱面積の方がはるかに大きい。また半熟卵は湯煎後、直ちに氷水にて冷却されるが、①区分は混合後室温に放置される。それ故、①区分の混合後の温度が半熟卵の68°Cに達しなかったことのみとりあげて、直ちに半熟状態ではないとの結論は出せない。卵蛋白質の熱変性のあらわれる温度は加熱速度に影響され、加熱速度が遅ければ低温度で変化がおこると¹⁴⁾いうことは既に知られている。本実験における混合後の温度という一時点の温度測定のみでなく、経時的温度変化を測定することも意義があるであろう。

2) 消 化

消化実験の結果は第4表に示す通りであり、それを図示したものが第1図並びに第2図である。

消化実験用試料は飯と卵の混合物であるが、飯については全区分とも同一の消化率であるものと想定し、区分間の差は卵の消化率の差によるものと考え、以下の考察を行った。

経時的に考察すると、全区分とも同様の傾向を示している。すなわち消化時間3時間までは急激に消化が進み、消化時間に比例して消化率は向上する。3時間以後はやや衰えるが、7時間まで消化は徐々に進行する。7～8時間以後は消化率の増加はみられない。(予備実験において、消化時間9, 10, 24hrの消化率を測定したが7hrの消化率と大差はなかった。)

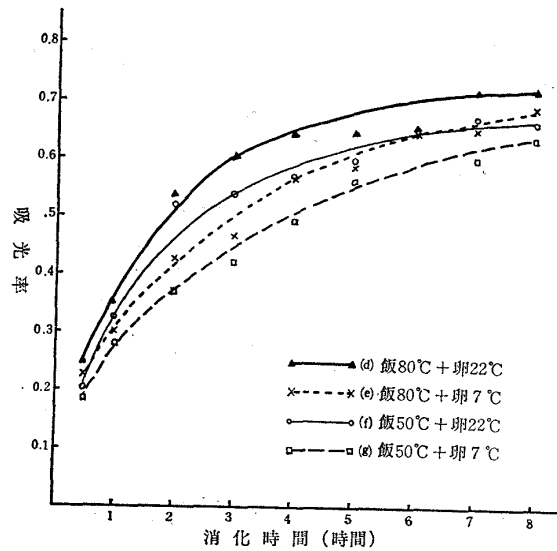
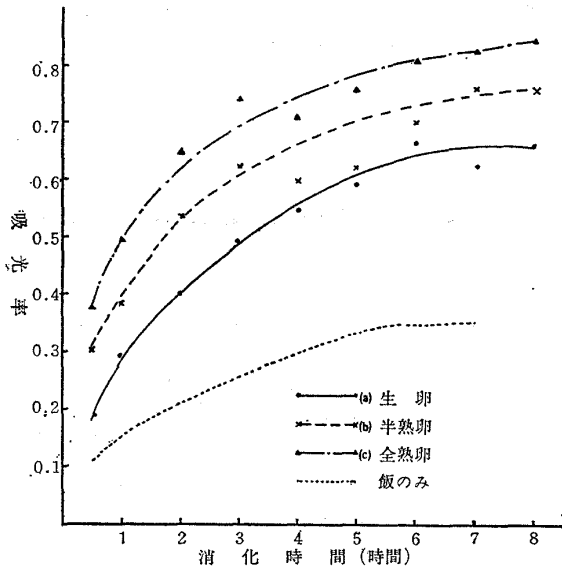
①, ②, ③区分、すなわち、対照用生卵、半熟卵、全熟卵について比較すると、加熱するに従って消化速度が増大するという結果が得られた。本報緒論で引用した文献⁶⁷⁾では卵白について実験しており、同様に Trypsin を用いた場合、卵白は加熱するに従い消化が良好になると報告している。本研究においては全卵について実験を行ったが、全卵の蛋白質についても同様で

あることがわかる。なお酵素としてZパンクを用いた場合、卵黄蛋白質も加熱するに從い同様に消化が良好になったという報告もある。¹⁰⁾

第4表 蛋白質の消化 (750 μ lにおける吸光度(平均))

区分 消化時間	㉑	㉒	㉓	㉔	㉕	㉖	㉗	飯22°Cのみ
	飯22°C 生卵22°C	飯22°C 半熟卵 22°C	飯22°C 全熟卵 22°C	飯80°C 卵22°C	飯80°C 卵7°C	飯50°C 卵22°C	飯50°C 卵7°C	
30min	0.179	0.304	0.376	0.243	0.224	0.204	0.183	0.110
1 hr	0.291	0.385	0.495	0.349	0.300	0.325	0.280	0.166
2	0.400	0.538	0.648	0.538	0.425	0.520	0.369	0.190
3	0.494	0.625	0.740	0.618	0.465	0.538	0.420	0.258
4	0.548	0.600	0.710	0.640	0.568	0.571	0.495	0.299
5	0.593	0.623	0.760	0.639	0.585	0.598	0.555	0.335
6	0.665	0.700	0.810	0.655	0.650	0.600	0.598	0.348
7	0.625	0.760	0.825	0.720	0.648	0.670	0.600	0.353
8	0.660	0.760	0.845	0.715	0.690	0.660	0.638	—

第1図 対照卵における吸光度(750 μ l) 第2図 試料卵における吸光度(750 μ l)



これは、卵蛋白質が熱変性することにより消化酵素に対する親和性が增大すること、¹⁵⁾ 卵白中の Ovomuroid の Trypsin に対する阻害作用が加熱により消失することなどの理由によるものと思われる。

㉔、㉕、㉖、㉗区分においては、㉔区分 (80°Cの飯+22°Cの卵) の消化が最も良好であ

る。次に㉔区分(80°Cの飯+7°Cの卵)と㉕区分(50°Cの飯+22°Cの卵)が同程度であり、㉖区分(50°Cの飯+7°Cの卵)は㉔、㉕区分よりやや劣る。以上の結果は、前述対照試料並びに文献の加熱するに従い卵蛋白の消化が良好になるという結果に合致する。㉑、㉒、㉓、㉖区分と㉗(生卵)、㉘(半熟卵)、㉙(全熟卵)区分とを比較すると、㉑区分は半熟卵に近く㉒、㉓、㉖区分は生卵に近いものと認められる。

以上の結果から、炊きたての蒸気が盛んに出てきているような熱い飯に室温の卵をかけた場合は、半熟状態になり生卵よりも消化は良好となる。しかし、飯を飯茶碗に盛りしばらく放置した場合並びに卵を冷蔵庫から取り出した直後の冷たいものである場合には、半熟状態にはならず生卵と同様である。

なお、本研究では飯、卵の量は一定であり、飯100gに対し卵25g(すなわち1膳の飯に卵半個分をかけた程度)の場合について実験を行ったものである。飯に対して卵の量を多くすれば(飯1膳に卵1個分をかけた場合*)、たとえ飯が熱く卵も室温と同程度であっても、卵の消化速度の増大は望めないであろう。量的考察については今後の課題としたい。

* 本学学生に対してアンケートを行った結果、学生63名中、飯1膳につき卵1個をかける者45名、半個かける者17名、卵黄のみをかける者1名であった。

要 約

熱い飯にかけて食べる生卵は当然飯より受熱しているわけであるが、蛋白質の熱変性を起しているか否か、消化にどの程度の影響を与えるであろうかを明らかにする目的で本実験を行った。すなわち80°Cあるいは50°Cの飯に、22°Cあるいは7°Cの生卵をかけたもの4区分について、*in vitro*によって消化実験を行い、生卵、半熟卵、全熟卵の対照3区分とも比較した。消化酵素としてTrypsinを用い、30min~8hr消化させ、この間経時的に反応液をFolin試薬にて呈色させ、吸光度の測定により蛋白質の消化速度を測定した。

その結果は次のように得られた。

1. 全区分において、消化時間3時間までは急速に消化が進行し、以後やや消化速度は低下するが7時間まで消化率は向上する。7hr以後は消化率の上昇は認められない。
2. 加熱するに従い蛋白質の消化速度は上昇する。すなわち、生卵より半熟卵が、半熟卵より全熟卵が、より消化速度は高い。
3. 飯に22°Cの卵をかけた場合の消化速度は最も高く、生卵より消化が良好である。80°Cの飯に7°Cの卵、並びに50°Cの飯に22°Cの卵の場合の消化速度は次に高いが、生卵のそれと略と同程度である。50°Cの飯に7°Cの卵の場合の消化速度は最も低く、生卵のそれよりも低下した。

本研究に当り終始協力を得ました本学研修生、奥村美貴子氏に深く感謝します。

参 考 文 献

- 1) 湯川玄洋：日本消化器病学会雑誌，**6**，397 (1907)
- 2) A. F. Morgan, C. N. Hunt, L. Aruich：J. Nutrition, **43**，63 (1911)
- 3) W. G. Bateman：J. Biol. Chem. **26**，263 (1916)
- 4) H. H. Scudamore, et al：J. Nutrition, **39**，555 (1949)
- 5) H. Linewerver, C. W. Murray：J. Biol. Chem., **171**，565 (1947)
- 6) E. W. Cohn et al：J. Biol. Chem., **109**，169 (1935)
- 7) 近藤美千代：栄養と食糧，**8**，187 (1955)
- 8) 近藤美千代：家政学雑誌，**5**，344 (1954)
- 9) 近藤美千代：栄養と食糧，**8**，40 (1955)
- 10) 江川元偉，米川五郎，飯田真，榊原住枝：安城学園大学紀要，**2**，97 (1968)
- 11) 口羽章子：食物学会誌，**12**，24 (1962)
- 12) 小池五郎，福場博保：栄養学実験，(1968)
- 13) 柳金太郎：三訂栄養生理概説，88 (1959)
- 14) 山崎清子，島田キミエ：調理と理論，253 (1968)
- 15) 野並慶宣：鶏卵の化学と利用法，(1960)