

卵の食品機能特性と調理利用学について

田名部 尚子*

1. 卵の調理学の今日的価値に関連して

現在ヒトの一生を通じて健康を支えるために卵を含む食の重要性が一般に広く認識されるに至った。このヒトの食に関連する学問研究分野のうち、調理学は調理操作を介して、ヒトの食嗜好と直接的な接点を持つ学問分野である。食嗜好は、ヒトの食において体内の生理現象の調節を含む食品機能²⁻⁸⁾を発揮させ、食行動を支配する重要な研究課題である。ヒトは50万年前に火の利用を発明して以来、多種多様な料理を発明し、新たな食嗜好を満足させてきた。この意味で料理は、ヒトの食嗜好を具体的に表現したものであり、料理の記録は、たとえCGS単位で数量的に記載されていなくても、自然科学の法則に正確に従った食品素材の調理学的変化の重要な歴史的記録であり、この意味からも調理学の果す役割は重大である¹⁾。

現在までに、卵を食品学の立場から取扱った優れた総説はかなり多い¹⁰⁻¹⁷⁾。このうち、野並 (1960)¹⁰⁾の総説は、鶏卵の食品価値を栄養構成、貯蔵変化、酵素活性、微量栄養素から検討し、栄養価値を生および調理後の消化率を含む変化から、鶏卵の生理作用も含めて食品機能的に評価した世界で先駆的なものである。1963年には、Romanoff & Romanoff¹¹⁾の大著が出版されている。1980年には、食品素材としての鶏卵成分の化学と品質、加工特性、一次加工、二次加工についての当時の最新の研究成果を含めて纏められた佐藤らの総説¹²⁾が出版された。岩本¹³⁾、Stadelman & Cotterill¹⁴⁾は、生産と加工技術に重点をおいて記述した。今井¹⁵⁾は、卵と微生物について特に優れた内容を持つ文献を出版した。渡辺¹⁶⁾は、乳肉卵の科学の中で、化学的知見に重点をおいて卵タンパク質の化学反応についても触れている。

また食品機能の観点から最新研究成果が纏められた土井³⁾、松本⁴⁾、菅野⁶⁾、内藤⁷⁾らの総説は、卵タンパク質

の調理学の研究分野に重要な知見を与えるものである。調理学の優れた総説^{18,19)}も卵については記述が充分でなく、押田²⁰⁾の総説以外に卵専門の調理学書はなかった。そこで田名部²¹⁾は、多くの貴重な料理書に散在する卵の料理を、調理学の観点から整理統合し、さらにいささかの検討を試みた。以下その概略を含めて記述する。なお参考文献は、原則として総説のみをとりあげた。また各調理の具体的な方法については、別の記述²¹⁾等を参照されたい。

2. 卵の調理とその機能特性の活用

(1) なま卵のコロイド系と調理変化²¹⁾

卵の調理は、卵白や卵黄のコロイド系の性質や状態に変化を与える操作であり、この複雑なレオロジカルな挙動は、卵を加えて作る種々の調理に多様な効果をもたらす。生の卵白(水分約90%)および卵黄(水分約50%)のいずれも水を分散媒とし、タンパク質分子の集合体やミセルがコロイド粒子を形成し、コロイド粒子そのものが大きく、その相互作用によって不安定な二次構造を形成した非ニュートン流動を示すコロイド分散系である(なま卵)。

卵液コロイド溶液は、せん断応力を加えると構造が破壊されて形や広がりが増え、コロイド粒子間の相互作用が弱まって粘度が下がるチキソトロピーや、逆にせん断応力の増加に伴いコロイド粒子内に水分子が侵入して親水性のかたまりが大きくなって固くなり、二次構造が形成されて粘度が増大するダイラタンシーなど異常な粘性現象を起こす^{9b,22,23)}。チキソトロピー^{9b,17)}を示す軟らかい卵ゲルは、口中で舌の表面に広がり、しかも時間的に長く保持される為に、滑らかさの快感とともに、卵および加えた種々の副材料の味が混合して味覚神経を持続的に刺激する効果がある。また、卵白や卵黄を空気を含ませながら攪拌すると、疎水性基のコロイド粒子の表

* 岐阜女子大学

面への露出と分子間の接触から新たな疎水結合が起こる。同時に空気が混合して生じた泡の空気と接する水の表面(界面)に膜状にタンパク質が配向し、空気を分散相とし水を分散媒とするコロイド系に変化する²⁵⁾(カクテル)。さらに攪拌で空気が1-100m μ コロイドの大きさに分散し、さらに卵液コロイド粒子に水分が侵入して大きくなり粘性が増すと(ダイラタンシー現象)、泡は安定し組織が滑らかになる²³⁾(ソフトメレンゲ)。

卵白不可逆加熱ゲル化では、部分変性によりオボアルブミンコロイド粒子表面に新たに露出した疎水性基部分で結合して線状の高分子を形成し、次にそれらがからみあって部分的な分子間疎水結合の形成がおこり、多くの分子間結晶構造をもつ網目構造が形成される^{3,22,29)}。60°Cくらいの弱い加熱をした卵液でも、水分子の運動が活発となり、タンパク質の立体構造の部分変性が促進され、分子間の部分的に結晶構造をとった加熱ゲル化がおこり、粘弾性が増加する³⁾(なま卵、卵酒)。卵タンパク質の部分変性と相互の疎水結合の進行は、温度と時間によって異なり、ゲルの粘弾性流動の状態を大きく左右する¹⁹⁾。また薄膜状にして水分を減少させると、二次構造が固定化され硬化膜となる(うすやき卵、ツヤ液)。卵液は、115°Cでは、粒子状の蛋白質巨大分子の構造がほぐれ、薄膜状に大きく膨張し⁷⁾(てんぶらの衣、中華風いり卵)、150°C以上では固く凝固する⁷⁾。そのため、あげ卵(落とし卵のようにして油中で揚げる)は、130°Cに保って調理する。

調理中に加えられるナトリウムなどのイオン化している物質は、コロイド粒子の荷電や水和の状態に強い変化を与え¹⁷⁾、相互の凝集結合を助ける(落とし卵の調理)。10%程度の食塩水は、卵黄の顆粒のミセル構造を溶解する効果がある(べっこう卵)。赤味噌の塩分は、12%である。卵黄膜は選択透過性があり(半透膜)、タンパク質の様な大きな分子は通さない。ナトリウムイオンは、それ自体はあまり大きくないが、水分子を16個も水素結合し全体として大きな状態になっているので半透膜は通りにくい²⁴⁾。しかし卵黄膜の半透膜性は完全ではなく、また食塩で次第に変性するので、二昼夜くらいかかってゆっくり食塩が浸透する。全体としてチーズ状の滑らかな透明感のあるべっ甲色の卵黄となる。

酸の添加は素材をタンパク質の等電点に近いpHにすることによってコロイド粒子間に疎水結合を促進する²⁶⁾(カクテルなど)。アルコールは水和層に対し脱水作用があり、卵液コロイド粒子間の直接の接触による凝集を起こす^{7,26)}。蔗糖分子は水と結合して運動性を抑え、コロイド分子結合の安定化に役立つ(カクテル、卵酒)²⁷⁾。

このように、卵液のコロイド系は、種々の調理操作に

よって種々変化し、それによって、料理に滑らかさ、粘さ、歯切れ、こし、ふわふわ感、つややかさなど特色あるテクスチャーを与え、幅広い嗜好性を作り出す効果をもたらす。

(2) 混合しない卵白と卵黄の同時加熱調理²¹⁾

殻付きのまま、あるいは殻は除去しても内部の形態をできるだけ破壊せずに行なう調理では、卵白と卵黄加熱ゲル化状態に、貯蔵変化を含む生卵液の二次構造が直接調理結果に反映する。加熱中卵白と卵黄は対流を起こさず、熱は伝導によって伝わる。卵殻は形態を保つ効果があるが、一方調理中に内部変化を確認できないので、調理効果に再現性をもたせるには、鮮度、時間、温度など正確な調理条件を設定しなければならない。卵黄が均一ゲル化したゆで卵には98~100°Cで12~13分の加熱、半熟卵は、弱い沸騰状態で、3~6分加熱が一般的な方法とされている¹⁹⁾。殻つき卵を60~70°Cで30分保つと、卵白はゲル化せず、タンパク質の可溶性凝集体が形成され³⁾、卵黄は、凝集物となる²⁸⁾(温泉卵)。新鮮卵白のpHは約7.4で卵蛋白質の等電点に近く、ゲル中では規則的な小さな加熱凝集物が生成し、そのため白濁し、組織は脆い²¹⁾。貯蔵により卵白のpHが9~9.4に上がると、ゲル化に要する時間が長くなり、加熱ゲルの透明度と硬さは増す²¹⁾。最も熱変性しやすいのはオボトランスフェリンで³⁰⁾、pH7.0~9.0では3.5分で金属複合体として凝集する^{16,31)}。加熱中に卵白蛋白質の2次構造形成に関与していたジスルフィド結合が還元されて硫化水素発生し、これが卵黄面の緑黒色化の原因となる。硫化物は、卵の主要な香り成分でもある^{32,33)}。

新鮮卵では、卵殻膜に強く付着している卵白量が多く、このため、ゆで卵の卵殻の剝離性が悪い。この卵殻の剝離性がよくなるのは、卵白のpH8.6~8.9以上で、10~13°Cで2日後、27°Cで19時間後である²¹⁾。卵タンパク質の部分変性と相互の疎水結合の進行は、温度と時間によって異なるので、調理中の火力の調節もゲル化状態を大きく左右する¹⁹⁾。新鮮卵白には、オボムシンとリゾチームによる濃厚卵白のゲル状構造が存在し^{17,21,21b)}、卵殻を除去してもある程度形状を保つ効果がある。しかし卵殻を除去した加熱調理では、卵白は重力で横に広がるので、浅く、しかもゆるやかに沸騰した1%の食塩水の直上で割卵し、すぐ熱凝固を開始させる(落とし卵)。湯中に添加したナトリウムイオンは、卵白蛋白質粒子の水和層に作用し、凝集結合を助けることにより卵白の拡散をおさえる作用がある(落とし卵)。揚げ卵は、130°Cに保った油に割った卵をそっと入れ、広がる卵白をまめながら手早く揚げる。目玉焼きのように加熱すると、下部が強く熱せられて水分が除去され焦げやすい。

(3) たまご豆腐・カスタード類の調理²¹⁾

加熱調理を行なう前に、卵黄と卵白を混合して卵液とし、これを加熱ゲル化させる調理の例である。加熱卵液ゲルのテクスチャーの調節は、卵液の希釈度、混合する調味料等、加熱温度、加熱時間、加熱方法および加熱後放置状態によって種々調節される。無希釈の卵液を静かに沸騰したすまし汁中に流し入れ、軟らかくゲル化し浮き上がったところで 80°C 以下にして供するのが「むら雲汁」である。このすまし汁に糊化でんぷんコロイドで粘性を与えておくと、卵ゲルは接触が阻害されて、細かく分散し「かき玉汁」となる。スープの清澄に卵白の凝固性を利用しようとする場合、冷たいスープに卵白を加え激しく沸騰させると、卵白蛋白質が細かく分散して脂肪と水の界面に結合し、水中油滴型の乳濁液となり白濁する。オボアルブミンは、脂肪酸 7~8 分子と安定な結合物をつくる性質がある²⁵⁾。

「煮よせ(卵とじ)」は、汁を少なくし具を多くし、卵が他材料とともに大きな塊のゲルを形成した料理である。加熱ゲルのテクスチャーには、保持される水分量も影響があり、卵液の希釈度によっても仕上りの調節ができる。茶碗蒸しは、3~4 倍のだし汁、卵豆腐は 1~1.5 倍のだし汁、ソフトカスタードは 4 倍の牛乳、カスタードは、2~3 倍の牛乳で卵液を希釈し、希釈卵液を 85~90°C に保ちゲル化させる²¹⁾。加熱時間は、容器の大きさや加熱機器によって違い、90°C に調節した蒸し器で、約 15 分、160~170°C に調節したオーブンで 80~90 ml 容器を使用した場合(水をいれた天板を用いる)で 18~20 分である^{19,21)}。内部で沸騰が起ると周囲のタンパク質に強い凝集をおこさせ、加熱卵ゲルにおけるすだちの原因となる³⁴⁾。アングレーズクリーム²⁶⁾は卵黄を牛乳で希釈し砂糖を加えて作るが、卵黄の使用量でゲルの粘弾性を調節する。この場合、脂質を分離させないため、はじめに卵黄に粉さとうを混合して顆粒を溶解させてゲルの水和性を高め、90°C 以下で加熱する。分離を防ぐために、予め澱粉ゲルを加えることがある^{17,21,29)}。カスタードアイスクリームはこれを凍結した例である。希釈卵液の加熱ゲルからの離水(離漿、シネレシス)は、ゲル組織の毛細管状部分から自由水が絞りだされる現象であるが、分散相に保水性の高い砂糖やゼラチン、かんてんなどの糊料をいれると減少する。ナトリウムなどイオンは水和層やコロイド分子鎖の極性基を中和し、長鎖分子間の疎水結合による多くの結晶構造を作らせうることにより、ゼリー強度を増させる。カルシウムなど 2 価のイオンはこの現象をより促進する³⁰⁾。

(4) 卵焼き、オムレツ類の調理²¹⁾

鉄板上あるいは高温の油で卵液加熱ゲル調理化するも

のである。加熱中に短時間に水分が蒸発しやすいので、ゲル化は半熟状態とし、蒸発量を考慮して、水分の添加量を調節し、保水性とゲルのテクスチャーの変化に注意する。油の被膜は、水分の蒸発を防ぐ効果がある。味覚上可能な場合には糖を添加し、保水性を維持する(だし巻き卵、厚焼き卵、オムレツ)。うすやき卵では、表面積がひろく、そのため加熱中に水分が蒸発し、丈夫な薄皮状になる。いり卵は、調味した卵液の加熱凝集物を細かく分散させながら水分を蒸発させたもので、やわらかいものから、そばろ状のもの(菜種卵)まで加減できる。スクランブルドエッグでは、卵液の温度上昇とともに添加しておいたバターが溶けてゲルの表面に広がって水分の蒸発を防ぎ、柔らかく仕上がる。また加熱中にアマドリ転移を経る反応でアミノ酸糖混合系の香気が生成し、褐変もおこる。蛋白質側鎖のスルフヒドリル基の反応性が高まり卵特有の香気が生成する^{32,33)}。

(5) 卵黄の乳化力を利用した調理²¹⁾

マヨネーズ、ソースオランダーズ、黄身酢等を例に上げた。卵黄の HLB(hydrophile-lipophile balance, HLB = 分子中の親水性部分の重量% ÷ 5) は 12.4 で、水中油滴型(O/W 型)エマルションを作りやすい乳化性界面活性剤である^{17,26)}。卵黄成分のうち、低密度リポタンパク質(LDL)が強い乳化性界面活性剤として働き²⁵⁾、単独のレシチンやタンパク質は乳化性が弱い³⁷⁾。LDL は、薄い食塩水に溶けるので、マヨネーズ作成には、食塩を入れた食酢の一部を卵黄に混ぜた後、攪拌しながら油を分散させて O/W 型のゲル状の乳化物とし(ゲル乳化)、硬さはさらに添加する食酢で調節する²⁰⁾。スペインのメノルカ島の家庭で古くから作られているマヨネーズソースは、卵黄使用量が 20% であるが、ゲル乳化法による卵黄使用量の最低は 3% である²⁰⁾。上記のほかに、辛子、胡椒、卵白、柑橘類果汁、砂糖なども併用される場合が多い。

なお、乳化性界面活性剤や安定剤として鶏卵以外の成分を含まないものをマヨネーズソースといい、澱粉や食用ガム類も用いるものはサラダドレッシングという。卵黄など乳化性界面活性剤や安定剤は、油滴表面に吸着され、澱粉や食用ガム類は水層に存在して分散媒の粘度を高める。

オランダーズソースは、油脂としてバターを用いるため、加熱が必須であるが、これによりタンパク質の熱変性も起るので、卵黄の乳化性は低下する。そのため予め液相に澱粉を加えて粘性を高めておけば、転相を防止することができる。O/W 型エマルションが不安定になると、油のコロイド粒子が浮上集合し、数時間~数日で離水が発生するクリーミング現象をおこす^{20,22,29)}。卵白は、

卵黄の80%の乳化力がある。エマルション型が、O/W型からW/O型に転換する点を転層点という。卵白によるエマルション粒子の直径は 30μ と大きく、卵黄によってつくられたエマルション粒子の10倍である。また卵白を乳化剤としたエマルションは、油の分離は少ないが、水層の保持が弱く、離水が多い欠点がある²⁰⁾。かたやで卵黄に生卵黄とオリーブ油を混合し、ケッパー、ピクルスを混ぜ合わせたタルタルソース、生卵黄に酢、みりんを混合してつくる黄身酢などがある²¹⁾。

(6) 卵白の起泡性を利用した調理²¹⁾

卵白蛋白質は、比較的短いアルキル鎖の疎水性基と大きな親水性部分を持つ優れた起泡性界面活性剤なので²⁵⁾ 空気の泡と水の境界面(表面)に膜状に配向し、安定した泡組織を作る。オボムシンは泡形成にもっとも大きく関与するので²²⁾、濃厚卵白のゲル構造の多少弛んだものの方が泡立てやすい。卵白の泡立て操作には、攪拌、送気、振盪などの方法があるが、調理では通常は攪拌を用いる。泡立ては、空気を $1\sim 100\text{m}\mu$ の細かい泡に分散させ、卵白タンパク質に変性を起こさせて、泡の界面に個体状の膜として吸着させる操作である。卵白に気泡が細かく分散し、タンパク質コロイド粒子の内に水分が侵入すると粘性が高まり、硬くなる²³⁾(ソフトメレンゲ)。

泡立て卵白の分離は、過度の泡立操作でタンパク質粒子が凝集するために起こる。泡立て後、時間の経過とともに比重の軽い泡は浮き上がり、水和層およびその外側の自由水層が重力で下っていくため、組織が不安定になる。泡の安定化には、水分子を吸着し、水層の粘度を上げて泡の浮上運動を阻害する砂糖や澱粉などの添加は有効である^{17, 21, 29)}(メレンゲ)。砂糖を充分に加えて泡立て、 125°C のオーブンで $1\sim 1.5$ 時間または 163°C で $40\sim 60$ 分焼くと、連続相より水分が除去され、変性し被膜状になったタンパク質が個体化し泡が安定する(ハードメレンゲ)。マシマロも泡を安定化させたものであるが、ふわふわのテクスチャー形成保持は、ゼラチンと卵白の泡と糖分比率で調節する³⁶⁾。

卵白に混入した少量の卵黄は、オボムシンと複合体を作り、卵白の泡立ちを阻害する。このとき 54°C で15分加熱すると、起泡力が著しく改善される³⁾。加熱処理は、卵白の起泡性を上げるが、泡の安定性を低くする。泡立ち性は、泡の高さ、泡の硬さ、泡の安定性(分離液量)、エンゼルケーキ容積などで判定される¹⁸⁾。

(7) 卵白卵黄を用いるケーキバターの調理²¹⁾

ケーキバターの調理では、混入した泡立て卵液の空気の加熱膨張性、卵タンパク質の凝固性、卵液のタンパク質や脂質の組織上の被膜形成性などが調理効果を示す。これらの効果の発現は、卵液と小麦粉など他の配合素材

および調理操作との相互作用により多様である。

ケーキの焼成には、 100°C 以下での初期膨張の調節が重要であるが、ケーキバター中の卵液の泡は、温度変化なしでも泡の浮上、合一、消滅が始まる。泡の収縮の速度は、泡の中の空気の少なすぎの影響が大きい³⁸⁾。 100°C 以下での泡の成長の速度は、温度の上昇による気体の膨張効果は比較的少なく、泡の中の空気の過飽和の影響が大きいので、卵液の起泡中に十分に空気を含ませ、泡の被膜を伸展性の高い状態にし、必要に応じてベーキングパウダー(BP)などを併用して、泡に対する気体の補給をする。卵液に砂糖を加えて充分起泡すると、ダイラタンシー現象を充分利用でき²³⁾、きめの細かい組織ができる。

卵液の起泡の方法には、泡立てて砂糖を加えてメレンゲとし、別に泡立てて砂糖を加えた卵黄を混合する別立て法と、卵黄と卵白を攪拌して卵液とし、これに砂糖を加えたものについて泡立て操作を行なう共立て法がある。卵黄による泡は、卵白に比べて不安定であるが、プラズマ中のLDLの泡立ち性は、卵白のオボアルブミンとほぼ等しい。卵黄の起泡力は、水で希釈すると高くなり、泡立て卵黄の容積は、 $3\sim 5$ 倍希釈で約4倍となる¹⁵⁾。

ケーキバターの調理過程においては、グルテンの形成性状が加熱後のケーキの仕上りに重要な意味を持つが、これに対する卵液の効果は、調理過程中の混入時期によってかなり異なる。泡立卵液に粉のままの小麦粉を加えると、小麦粉は卵液の泡の薄い被膜間に分散しながら吸水して、粘弾性の比較的低いバターができる(スポンジケーキ)。この場合混捏を最低限にし、すぐ焼成処理をする。このバターに少量の油を添加すると(バタースポンジケーキ)、グルテンのマトリックスにも広がって、焼成後にショートネス効果を与える¹⁸⁾。充分吸水しグルテンが形成された状態で添加した泡立て卵液は、澱粉微粒子とグルテンのマトリックスの間隙に分散する。バターが流動状態で、しかもグルテンの伸展性の高い場合には、泡による膨化も期待できるが(フリッター)、ベーキングパウダーを加えて、泡に対する気体の供給が必要である³⁹⁾。

流動性の少ない塊状のドウでは、起泡によって変性した卵タンパク質は、分散してドウ組織に吸着され、加熱しても大きな凝集物が生成されないので、ケーキ組織を硬くする効果は低い(パウンドケーキ)。加熱後のバターにおいては、小麦粉の蛋白質は加熱変性し、澱粉も糊化し組織全体が糊状になっていても、流動性が高い場合には、空気泡を潰さずに泡立て卵液を混入はできる。しかし混合とそれに続く加熱中に、泡は合一して組織が荒くなる(スフレ)。硬い糊状になった小麦粉ドウでは、

卵液は練り込み操作で硬い組織上に空気を含みながら広がって吸着される(シューペースト)。この生地を高め温度で焼成すると、表面は早く硬く凝固し、中に残った空気と水蒸気は、分圧の低い中心部に向かって移動して集って熱膨張し、卵液によって付加された生地の層状組織の伸展性に支えられて、大きな空洞をつくる。

(8) 卵液のドウの加熱調理後の伸展性、弾力性、硬さにおよぼす効果²¹⁾

製パンの場合、小麦粉によるドウのグルテン組織の十分な形成が行なわれ、イーストの発酵による炭酸ガスを保持して膨化させる。パン生地に卵を用いると、焼成したパンは、柔らかくふわふわした仕上りになる。これは、卵黄プラズマ中の LDL が、パン生地のグルテンの構造やでんぷん粒の周囲に膜状構造を形成して焼成中のドウの膨張停止を遅らせ、パン酵母の発酵により発生したガスを保持するためである。

一方、卵白は、ドウの混捏中に、でんぷん粒やグルテンの構造中に分散し、パン焼成中に伸展性に乏しい凝集体となり、ドウの膨張性とガスの保持を低くし、焼成後のパンの容積を小さくする効果がある³⁹⁾。麵では、卵白蛋白質の加熱凝集体が加熱後の組織を確くする効果が利用される⁴⁰⁾。

(9) 卵液の結着性、被膜形成性の利用効果²¹⁾

卵液は、ひき肉状またはすり身状にした蛋白性食品素材の調理に於けるゲル化の補助食品素材として、組織を結着させて歯ごたえをもたせる(練り物、ハンバーグステーキ)。近年開発された加熱凝固しないオポアルブミンポリマーは、組織を硬くせず、しかもゲル化や保水性強化の補助素材として有効である^{17,22)}。また、すり身状肉に、卵液を混合すると、ゲル乳化した流動性のある乳化物ができる。また、卵液は食品の表面に対する塗布により被膜を形成し、材料の旨味を保持したり(肉類の中華料理の下調理)、光沢感覚すなわち「つや」を出す(黄身焼き等)。また生卵液を被膜状に塗布した素材部分を張合わせて加熱すると、熱凝固により結着する効果が利用される。

参考文献

- 1) 田名部尚子：比較食物学の提唱 1-5, “五話” 朝日新聞連載, 4月26日, 5月10日, 5月17日, 5月24日, 5月31日 (1986)
- 2) 藤巻正生：序, “食品機能”, 機能性食品の創製の基盤, 藤巻正生監修, 学会出版センター (1988)
- 3) 土井悦四郎：卵白アルブミンのゲル物性と分子構造の関係, pp.138-143, 同上 (1988)
- 4) 松本幸雄：W/O/W 型エマルジョンの形成とその食品への応用, 同上, pp.410-415 (1988)
- 5) 本間清一：食品中に生成する褐色色素の特徴, 同上, pp.144-151 (1988)
- 6) 菅野道廣：タンパク質の消化によって発現する栄養機能, 同上, pp.30-35 (1988)
- 7) 内藤 博：タンパク質の消化によって発現する栄養機能, 同上, pp.21-29 (1988)
- 8) 河村洋一郎：大脳皮質ニューロンの特性, 同上, pp.83-88 (1988)
- 9) 宇井理生：牛乳および卵アレルギーの構造とアレルギーの制御, 同上, pp.167-172 (1988)
- 9b) 川端晶子：食品物性学, 建帛社 (1989)
- 9c) 渡辺乾二：卵製品の活用, 卵の栄養と健康, “卵の調理と健康の科学”, 佐藤泰, 田名部尚子, 中村良, 渡辺乾二共著, 弘学出版, pp.183-273 (1989)
- 10) 野並慶宣：鶏卵の化学と利用法, 地球出版 (1960)
- 11) Romanoff, A. L. and Romanoff, A. J.: The avian egg”, John Wiley & Sons, pp.769-807 (1963)
- 12) 佐藤泰編著：食卵の科学と利用, 地球社 (1980)
- 13) 岩本之晴：タマゴの科学, ワグナー出版, 東京 (1973)
- 14) Stadelman, W. J. and Cotterill, O. J. ed.: Egg science and technology, 2nd ed. AVI Publ. Co. Inc. (1977)
- 15) 今井忠平：鶏卵の知識, 食品化学新聞社 (1983)
- 16) 渡辺乾二：タンパク質の化学反応, “乳・肉・卵の科学”, 中江利孝編著, 弘学出版, pp.188-201 (1986)
- 17) 浅野悠輔, 石原良三編著：卵—その化学と加工技術, 光琳 (1985)
- 18) Lowe, B.: 卵, ベル・ロウの調理実験, 木原芳次郎・松元文子他訳, pp.395-468. 柴田書店, (1964): 原著, Lowe, B.: Experimental Cookery (4th ed). John Wiley and Sons, New York, (1964)
- 19) 山崎清子, 島田キミエ：調理と理論, 同文書院 (1967),
- 20) 押田一夫：ドレッシング博士の本, 地球社 (1984)
- 21) 田名部尚子：卵の調理と機能, 卵の料理の活用, 卵の貯蔵法と鮮度, “卵の調理と健康の科学”, 佐藤泰, 田名部尚子, 中村良, 渡辺乾二共著, 弘学出版, pp.82-95, pp.96-157, pp.161-182, (1989)
- 22) 中村良：卵の食品物性, 同上, pp.35-63 (1989)
- 23) 村上謙吉：やさしいレオロジー基礎から先端まで,

卵の食品機能特性と調理利用学について

- 産業図書 (1986)
- 24) D. E. Metzler, “メツラー生化学”, 今堀和友他訳, 東京化学同人 (1979)
- 25) 渡辺道子・荒井綜一, “食品・栄養・薬学のための蛋白質の修飾”, R. E. Feenney and J. R. Whitaker, eds., 荒井綜一監訳, 学会出版センター, (1984)
- 26) 北原文雄, “コロイドの話”, 培風館, (1984)
- 27) 前野昌弘, “コロイド科学レクチャーノート”, 日刊工業新聞社 (1984)
- 28) Woodward, S. A. and Cotterill, O. J.: J. Food Sci. 50, 1624-1628 (1985)
- 29) 中村 良: 卵および卵製品の加工特性の科学, “食卵の科学と利用”, 佐藤 泰編著, pp. 205-212, 地球社 (1980)
- 30) Ogawa, N. and Tanabe, H.: Jpn. Poult. Sci., 27, 16-20 (1990)
- 31) 佐藤 泰: 殻付き卵の構造と化学成分, “卵の調理と健康の科学”, 佐藤 泰, 田名部尚子, 中村 良, 渡辺乾二共著, 弘学出版, pp. 10-19 (1989)
- 32) 小林彰夫, “香料の事典”, 荒井綜一・林 和夫・服部達彦・藤巻正生編, 朝倉書店, p. 30 (1980)
- 33) Beuving, G., Sheele, C. W. and Simons, P. C. M. ed.: Quality of eggs. Spelderholt, Netherlands (1981)
- 34) 宮沢ハス子・大久保一良: 家政誌, 8, 419 (1982)
- 35) E. Saint-Ange, “サンタンジュフランス料理 II”, 辻静雄監修, 柴田書店 (1974)
- 36) 田辺洋子・飯島真喜子・島田淳子・吉松藤子: 家政誌, 38, 491 (1987)
- 37) Mizutani, R. and Nakamura, R.: Agric. Biol. Chem. 51, 1115 (1987)
- 38) Shimada, Y. and Yano, T.: Agr. Biol. Chem., 51, 1935 (1987)
- 39) 野並慶宣・斉藤 信・鹿野泰司・茂出木文雄・鈴木敦士: 日食工誌, 31, 570 (1984)
- 40) Mizukoshi, M.: Cereal Chem. 62, 247 (1985)