

卵の食品物性と酵素を用いたその改変技術

京都女子大学 家政学部 八田 一

【略歴】

1979年3月 大阪市立大学 理学部 生物学科 卒業

1979年4月 太陽化学(株) 入社 総合研究所 研究員

1983年4月～1984年8月 京都大学食糧科学研究所 研究生

1984年9月～1985年12月 ブリッティッシュ・コロンビア大学 研究生

1998年4月 京都女子大学 家政学部 食物栄養学科 助教授

2005年4月 京都女子大学 家政学部 食物栄養学科 教授

学位：1993年9月 大阪市立大学より学位(理学博士)取得

「抗ヒトロタウイルス鶏卵抗体に関する研究」

受賞：1994年4月 日本農芸化学会技術賞を受賞「鶏卵抗体の大量生産および産業利用技術の開発」

卵(鶏卵)は古くから食品および食品素材として利用されている。人類は数多くの卵料理や卵加工食品を開発し豊かな食生活に役立ててきた。特に日本人の卵好きと卵料理の多さは世界的にも有名である。その消費量は国民一人あたり年間329個、現在、メキシコ352個、マレーシア343個に次いで世界第3位である。一方、卵料理の多さは圧倒的に世界一で、平成26年1月現在、世界最大のレシピ検索サイト「クックパッド」では、なんと全227万レシピの22.5%を占める約51万種類の卵料理が紹介されている。そのレシピの多さは、日本人の卵好きをよく表している。

これらの事実は、卵が優れた栄養性を有すること、卵が調理や食品の加工に適する物性機能特性を有することと関係する。食品分野で利用される卵の主要な物性としては、卵白の加熱ゲル化性と起泡性、および卵黄の乳化性があげられる。液卵に加熱、起泡、乳化などの物理的操作を加えると、その卵白蛋白質あるいは卵黄リポ蛋白に構造変化が起こり、それぞれの食品物性が発現する。そしてこれら食品物性は卵の水を保持する特性、空気を保持する特性、および油を保持する特性として現される。現在、食品分野においては、卵白の加熱ゲル化性が主にかまぼこ、ハム・ソーセージ、麺に、卵白の起泡性がケーキやメレンゲに、卵黄の乳化性はマヨネーズやドレッシングに利用されている(図1)。

本講演では、卵の食品物性の中でも特に卵タンパク質の加熱ゲル化性に着目し、その酵素を用いた改変と加工食品への応用について紹介する。

	ゲル化性 (水を保持)	起泡性 (空気を保持)	乳化性 (油を保持)
機能特性	水 水 水	空気 空気 空気	油 油 油
	水 水 水	空気 空気 空気	油 油 油
	水 水 水	空気 空気 空気	油 油 油
用途	ハム・ソーセージ カマボコ 中華麺	ケーキ メレンゲ	マヨネーズ カスタードクリーム

1) おでんのゆで卵の物性改変

コンビニのおでんの中でもゆで卵は人気の具材であるが、醤油出汁中で長時間加熱されることにより、その食感が硬くなるのが問題であった。本研究ではこの問題解決を目的として、まず過加熱によるゆで卵の食感(テクスチャー)変化を詳細に調べた。次に、たまり醤油で煮たしぐれ蛤は軟らかく、醤油で煮たあさりの佃煮は硬くなることに着目し、各種醤油を分析してゆで卵の物性制御への応用を検討した。

市販および試作ゆで卵の物性比較を行った結果、過加熱により卵白ゲル強度が1.5~3倍に上昇することを確認した。醤油中での卵白ゲル浸漬実験より、ゲル強度を軟らかくする醤油(淡口)と硬くする醤油(濃口)があることを見出した。両者の違いを分析した結果、醤油中の残存プロテアーゼ活性が影響していることが判明した。この現象を利用し、食品用プロテアーゼを用いてゆで卵を前処理した結果、オートクレーブ処理等の過加熱によっても卵白の硬化現象が起こらなかった。本研究により、初めて消費者が好む軟らかい食感のレトルトゆで卵の調製が可能となった。

2) 高乳化性卵白の調製とその応用

卵白は優れた加熱ゲル化性と起泡性を有するが、乳化性はほとんどない。従来、分子内に親水基と疎水基を有する両親媒性物質が優れた乳化性を示すことが知られている。本研究では、卵白タンパク質をプロテアーゼで加水分解し、それを加熱変性させて分子内の親水性と疎水性アミノ酸の局在性を崩し、両親媒性構造として乳化性の付与を検討した。プロテアーゼは苦味の産生がほとんどないサモアーゼ PC-10 (アマノエンザイム) を2段階反応 (55℃、10分および65℃、30分) で用い、酵素:基質(卵白液)比、酵素失活変性条件(80℃および90℃で8分間)の最適化を卵白加水分解物の乳化活性および乳化安定性を指標に行った。

E/S比が0.2%では80℃、0.4%では90℃の失活変性条件で最大の乳化性が得られた。E/S比が0.2%より低いと加熱ゲル化が起こり、0.4%より高くなると乳化安定性が低下した。すなわち高乳化性卵白を得るための加水分解度は、加熱ゲル化性を消失する最小限の分解度が最適で、分解物のSDS-PAGEでオボアルブミンの顕著な残存が確認された。また、この分解度を上げると乳化安定性がなくなることが示された。得られた高乳化性卵白は卵黄に匹敵する乳化力と乳化安定性を獲得し、卵白マヨネーズや卵白アイスクリームの調製にも成功した。

3) 高耐熱性卵黄液の調製とその応用

卵黄は65℃から固まり始め、75℃で完全に凝固するため、高温加熱殺菌ができない。本研究では卵黄タンパク質のプロテアーゼ(サモアーゼ PC-10)処理と糖類添加で100℃での加熱殺菌を可能にし、その保存性を格段に高めた高耐熱性卵黄液の調製に成功した。

高耐熱性卵黄液をカスタードベースとして用いれば、加熱ゲル化性を消失しているため、カスタードクリームの調製が加熱温度を気にすることなく、100℃加熱で誰でも簡単になめらかな食感の本格的なカスタードに仕上がる。また、このようにして得られたカスタードは、当然日持ち性が良好で、冷蔵保存で8週間の保存でも一般細菌数はゼロで腐敗することはなかった。

また、加熱ゲル化性のない高耐熱性卵黄液を卵飲料ベースとして用いれば、完全栄養卵飲料の調製が可能である。すなわち、卵に足りない栄養素は食物繊維とビタミンCだけであるが、高耐熱性卵黄液の調製時に糖類として水溶性食物繊維を用い、それとビタミンC高含有の果実飲料等と混合すると、最高の栄養組成を有する完全栄養卵飲料が得られる。

本講演では、高耐熱性卵黄液の応用として、ロングライフ(LL)カスタードクリームや女子大生がレシピを考案した完全栄養卵飲料などを紹介したい。