

卵の調理性を学習するための実験教材の作成

—— 家庭科教科書における卵の調理性の学習方法に関する考察と
カスタードプディングを題材にした調理科学実験の教材作成 ——

岸田恵津*・酒井佐知子**・高木直美***・生野世方子****・金谷昭子*****

(平成10年9月8日受理)

1. 緒言

鶏卵（以下「卵」とする）は、良質のタンパク質やカルシウムなどを含み栄養的にもすぐれた食品である。価格面でも、物価全体の上昇から見ると安定しており、生鮮食品の中では比較的貯蔵性も高いため、多くの家庭で常備されている。国民1人当たりの消費量は世界の中でも多く、1人1日当たり約42gを摂取しており¹⁾、卵は単独で、あるいは他の食品に加えて利用するなど用途も広い。また供給状況についても、変動がほとんどなく入手しやすいことから、季節を問わず、調理実習・実験に利用できる。

卵の内容物は、卵白と卵黄に大別され、相互に化学成分が異なる²⁾。卵白については、約90%が水分、残りの固形物の主要成分はタンパク質であり(約10%)、そのタンパク質は、オボアルブミンなどがコロイド粒子として水に分散している。一方、卵黄の約50%は固形物であり、タンパク質が約15%、脂質が約31%含まれ、脂質のほとんどはタンパク質と結合して存在している。このように、卵白と卵黄は成分組成が異なるにもかかわらず、流動性のある物質が混合せずに卵殻内に共存している点で、卵は特異的な調理素材である。卵黄と卵白を混合し、調理操作により時間とエネルギーを与えると、さまざまな程度の構造変化が起こり、異なる物性をもつ製品を得ることができるが、調理操作の条件によっては外観や軟らかさ、口あたりなどのおいしさを左右するテクスチャー評価を下げることもある。そのため卵の調理における性質(調理性)を理解して調理することが必要である。

調理操作は日常的でありながら、複雑であり、コツや勘による会得、すなわち経験が重視され、その習得は容易ではなく、また全体像の客観的把握が困難である。さらに食品の成分構成が単一ではなく、しかも種類が豊富で性質も異なり、材料の組み合わせによる配合も多様であるために、操作条件の因子が多く存在し、これらの微妙な差ができあがりの料理に影響を及ぼす。それゆえに適切な調理条件の把握は容易ではない。一方、経験の集積による調理技術の会得の意義は大きいですが、それだけで充足することはむずかしいので、系統的に調理を学習する調理科学の理解も必要であると考えられる。そこで、実験を通して食品の調理性を理解し、調理技術を合理的に学習できる調理科学の実験教材³⁾を作成することを試み

た。

教材については、まず材料及び操作(原因)と製品(結果)との関係から、調理現象を左右する因子を推測し、その因子に対する適・不適の条件を設定して実験を実施し、実験の結果から適当な調理条件の把握、すなわち最終的にコツを把握する組み立てとした。教材には、必ず適当な製品が得られる標準条件を設定し、因子を変える場合も、標準条件に従って実験した結果と比較することとした。また、操作の要点はフローチャートで示した簡潔な表現とした。

本論文では、まず、小・中・高校の家庭科教科書で比較的多く取り上げられている卵を利用した実習題材を卵の調理性に基づいて分類し、学習方法を校種間で比較し、特徴を考察した。そして家庭科を履修した後、食物学や調理学を履修する大学生または短期大学生のためのカスタードプディングを題材にした、3時間程度の内容の実験教材の作成を試みた。カスタードプディングは、牛乳で卵液を希釈し、砂糖を加えて加熱し、容器から取り出せる硬さに仕上げる加熱ゲルの調理である。口あたりよく、なめらかに仕上げることはなかなかむずかしく、鬆が入ったり、固まらなかったりする場合がある。そこで、できあがりに影響を及ぼす要素をいくつか取り上げて実験し、卵の調理性を科学的に学習しながら、調理のコツを把握する教材を作成したので報告する。

2. 方法

2-1. 卵の調理性による家庭科教科書の調理実習題材の分類

平成元年発行の指導書に基づいて編集され、平成8年度に使用された家庭科教科書のうち、小学校用2種(2社)、中学校用2種(2社)、高等学校用2種(2社)を対象に、食物領域の中で卵を用いた題材と内容について分析した。卵の調理性の分類については、文献²⁾⁻⁷⁾を参考にして、熱凝固性、起泡性、乳化性、粘着性、その他と大別し、さらに熱凝固性と起泡性には、卵の形態や内容物の分離操作及び希釈の有無を加えて表1に示すように細分した。

2-2. 調理操作手順について

田名部による分類⁷⁾を参考にして改変し、卵を中心とした調理段階を、割卵、卵白卵黄分離、均質化・卵液

* 兵庫教育大学第5部(生活・健康系教育講座)

** 兵庫教育大学(平成9年度 学校教育学部 生活・健康系専修コース)

*** 兵庫県立農業高等学校

**** 姫路工業大学 環境人間学部

***** 神戸女子大学 家政学部

攪拌、他原料混合、熱処理、供卓の6段階として操作手順を表す図を作成した。

2-3. カスタードプディングを題材にした実験教材の作成方法及び実験方法

文献⁷⁾⁻¹⁴⁾を参考にして、カスタードプディングの性状に影響を及ぼす因子を抽出し、各因子の条件を設定して実験を実施した。そして結果の差が検出しやすく、因子の意義が理解しやすいこと、また操作に要する時間が適当か否かなどを考慮して、その因子を取り上げることの妥当性を検討した。

2-3-1. 実験材料

市販の卵、上白糖、牛乳(乳脂肪3.5%含有)を用いた。蒸し器はアルマイト製角型二段式(1段の大きさ:24cm×24cm×12cm)、下段容量約7Lの製品を用いた。プリン型は、アルミニウム製(外のみ上部直径73mm、下部直径48mm、深さ36mm、容量100ml)を、またガラス製容器として、強化ガラス製(外のみ上部直径83mm、下部直径54mm、深さ53mm、容量150ml)を、陶器製容器として湯のみ茶碗(外のみ上部直径95mm、深さ55mm、容量170ml)を用いた。

2-3-2. 卵液試料の調製方法

全卵をできるだけ泡立てないように箸で充分ときほぐした後、布巾でこして卵液とした。予め砂糖を牛乳に溶解しておき、これを卵液に添加、混合して希釈卵液を調製した。プリン型1個につき希釈卵液を60gずつ分注して実験試料とした。

2-3-3. 加熱方法

蒸し器の下段に水3Lを入れ、蒸し板上にさらしの布巾を敷き、蒸し板直上2cm付近の温度が、所定の温度に

達してから試料を入れ、加熱した。

蒸らしを利用したプディングの調製方法は、文献¹⁴⁾に従い、蒸し器内の水を強火で沸騰させて火を止め、プリン型を入れ、再び強火にし、器内温度が95℃に達したら消火して、余熱時間を9±1分とした。

オープン加熱の方法として、オーブンを設定温度(150~160℃)で予備加熱しておく。そして天板に、熱湯をプリン型の深さの1/3~1/2まで入れ、20~25分加熱した。

2-3-4. 破断力及び硬さの測定

飯尾電気株式会社製のカードメーター(M-301AK)を用いた。製品を型に入れたまま氷水中で30分間冷却後、型から製品を取り出し、測定用試料とした。試料の高さは21.9±3.9mmであり、直径5mmの平面型プランジャーと100gの重りを用い、可動台機の上昇速度0.36cm/秒で測定した。

2-3-5. ゆがみ率の算出方法

型に入れたままの製品に竹串をさして測定した高さ(a mm)と、型から取り出して1分後の製品の高さ(b mm)から、次式によりゆがみ率¹⁵⁾を算出した。

$$\text{ゆがみ率}(\%) = 100 \times (a - b) / a$$

3. 結果及び考察

3-1. 家庭科調理実習における卵の調理性の学習について

卵を用いた調理実習は小学校第5学年のゆで卵に始まり、その後も数多く取り上げられている。卵の調理性の分類を表1に示すように規定し、各校種で取り上げられている卵を使った調理実習題材を示した。また教材の一

表1. 卵の調理性による家庭科教科書中の調理実習題材の分類

調理性		校 種		
		小 学 校	中 学 校	高 等 学 校
熱凝固性	全卵 (そのまま)	・ゆで卵 ・サンドイッチ(ゆで卵) ・目玉焼き		・タルタルソース(ゆで卵) ・梅花卵(ゆで卵)・清湯鶏蛋(ゆで卵) ・オードブル(ゆで卵)
	卵液	・いり卵 ・卵焼き	・冷やし中華そば(錦糸卵) ・五目ずし(錦糸卵)	・三色ご飯(いり卵)・炒合菜(いり卵) ・涼拌海蛋(錦糸卵)・涼拌青菜(錦糸卵) ・涼拌青菜(錦糸卵) ・ほうれん草の卵巻き(薄焼き卵) ・親子どんぶり・粟米湯
	希釈卵液			・茶碗蒸し・空也蒸し ・カスタードプディング
起 泡 性	卵白			・ロールスポンジケーキ
	全卵		・カップケーキ ・蒸しケーキ	・アップルケーキ ・ナッツケーキ・マドレーヌ
乳化性				・ポテトサラダ(マヨネーズソース)
粘着性		・お好み焼き ・ピカタ	・ハンバーグステーキ ・クレープ	・天ぷら ・松風焼き ・豚肉のピカタ ・いわしのつみれ汁 ・ロックケーキ
その他				・黄身酢あえ

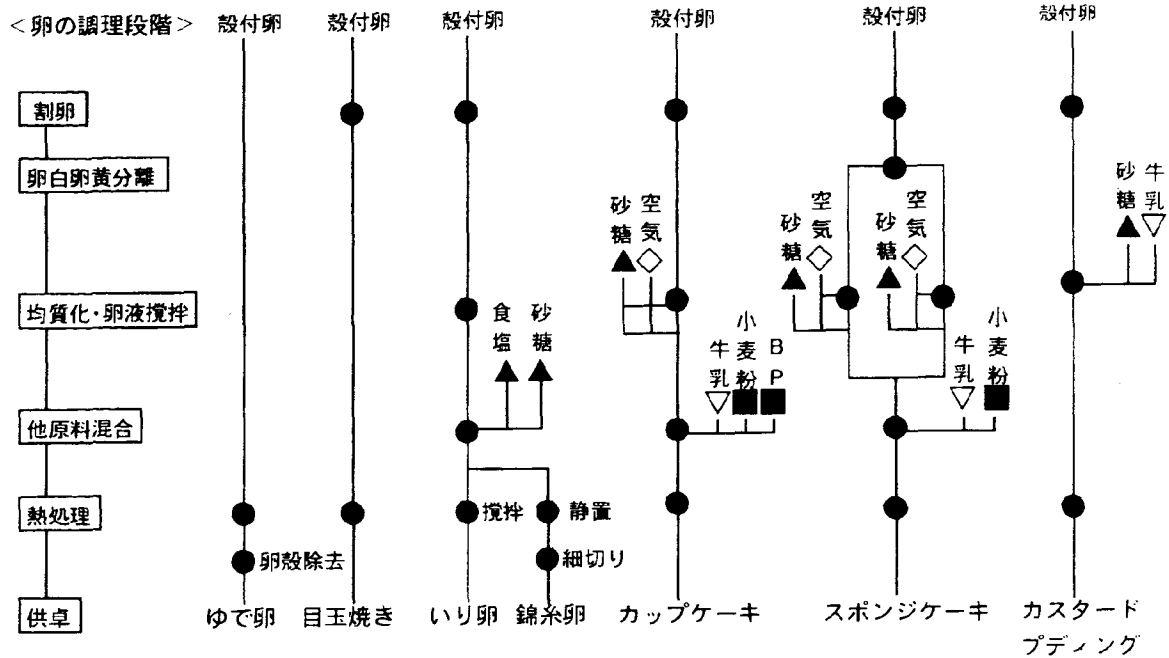


図1 卵を中心にした調理操作手順 (文献7をもとに作成)
 ●：行われる操作, ▲：食塩, 砂糖類, ▽：水, 牛乳等, ◇：空気, ■：他食品材料, BP：ベーキングパウダー

部を、卵を中心にした調理操作手順の流れ図で表し、操作数や混合操作との関係を視覚化した(図1)。表1から明らかなように、題材の大部分は熱凝固性を利用した調理に分類されるが、調理操作数や難易度は校種間で違いが見られる。

小学校では、「卵をゆでたり焼いたりできること」という第5学年の目標⁶⁾に従い、操作数が少なく簡単な殻付卵のまま加熱するゆで卵を最初に扱い、その後、割卵して焼く目玉焼きを実習する。そして卵白と卵黄を攪拌して調製した卵液に調味料を添加して加熱凝固させた卵焼きやいり卵の実習を通して、「ゆでる」、「焼く」という異なる伝熱様式の加熱操作により、違った性状の料理ができることを学習する。またお好み焼きやピカタの材料に、つなぎとして卵を使い、粘着性があることも学習するように進行している。

中学校で学習する卵焼きは、静置加熱であるが、膜状に凝固した卵を裏返すやや難しい操作を含む薄焼き卵が取り上げられており、さらに薄焼き卵を細く切る錦糸卵を作り、飾り付けに用いる。また起泡性、粘着性を利用した題材も含まれているが、小麦粉や肉を使った調理の題材の中で、卵は副材料として扱われ、卵の調理性にはほとんどふれられていない。中学校で学習するカップケーキや蒸しケーキには、卵白と卵黄の分離処理がなく、全卵を泡立てる。この操作では、卵白だけで泡立てた場合に比べて起泡性は低いですが、ベーキングパウダーを併用して小麦粉を膨化させるので、全体的な操作は比較的容易である。

高校では、「食品の特質」の項目の中で卵の化学的成

分や構造と関連づけて調理性を学ぶ。熱凝固性では、卵液がだし汁や牛乳で希釈できる性質(希釈可能性)を新たに学び、希釈卵液を静置加熱により凝固させる茶碗蒸しやカスタードプディングを実習する。図1に示すように、茶碗蒸し及びカスタードプディングについては、操作数はともに比較的少ないが、加熱温度や希釈割合の条件により製品が固まらなかったり、鬆が入り、外観上好ましくないものになる、いわゆるコツと呼ばれる技術が必要な調理である。起泡性については、卵白と卵黄の分離処理を行い、砂糖を加えて卵白を泡立てて小麦粉を膨化させるスポンジケーキが取り上げられている。これは中学校のカップケーキと比較すると、図1からも明らかなように、操作が多く、ケーキに適する卵白の泡立て技術を要する調理である。また卵黄の乳化性を利用したマヨネーズソースを作る題材も含まれており、多様な卵の調理性を段階的に学習する構成となっている。しかし最近では家庭でマヨネーズソースを作る機会が少ないためか、マヨネーズソースを実習題材に取り上げている教科書が減少している(8社中1社)。マヨネーズソースは、卵黄中のリポプロテインにより分離することなく乳化しているために、水(酢)の中に油を約75~80%含んでも脂質含量が多いことに気づきにくい調味材料である。マヨネーズソースの作製を取り上げることは、調理技術の習得に加えて、マヨネーズソースの栄養特性を知ることができるので、栄養教育の観点からも意義があると考えられる。

以上のように学年進行とともに段階的に調理操作も複雑になり、多様な卵の調理性を発展的に学習しているこ

とが明らかになった。

3-2. カスタードプディングを題材にした実験教材の作成

カスタードプディングは、卵液を牛乳で希釈し、砂糖を添加して蒸し加熱したゲル化調理である。卵の蒸し物に対しては、味だけではなく、口あたりのよいテクスチャーや、表面には小孔（鬆）がない、つややかな外観がおいしさの評価に大きく寄与する^{11), 12)}。カスタードプディングは調理中の温度管理がむずかしい蒸し物の一つであり、調理過程の条件によりできあがりの製品のテクスチャーや外観が大きく異なる。そこでカスタードプディングを作る最適な条件や注意すべきことが理解できる実験教材を作成するために、まず文献⁸⁾⁻¹³⁾を参考にして、製品の性状に及ぼす因子・要因を抽出し、適当な製品が得られる標準条件の設定を行った。

官能的に好まれる材料の配合割合は、「卵液20%、牛乳65%、砂糖15%」とされている⁸⁾。一方、家庭科の教科書や調理実習書では、卵液と牛乳の割合が1:2~2.5（卵液濃度が約30%）の凝固しやすい、やや高い卵液濃度である。卵液と牛乳の割合を1:2と1:3のどちらかに固定することを考えたが、因子を変えて実験した時に、結果に差が検出されやすく、得られる結果に再現性があるほうに決定しようとして、まず卵液と牛乳の割合1:2と1:3ともに標準条件に組み込んで実験した。また作り方には、「希釈卵液を湯せんで60℃前後に予備加熱し、85℃で蒸す」と記述されていることが多く、湯せんによる予備加熱の必要性が指摘されているが⁸⁾⁻¹¹⁾、学部学生が授業で行う実験であり、操作が煩雑になることを避けるために、標準条件では予備加熱なしとした。しかし、予備加熱温度についても影響を調べることにした。以上の理由から、標準条件を「卵液と牛乳の割合は1:2または1:3、予備加熱をせずに85℃で12~15分間蒸す、アルミニウム製の容器」とした。因子として、(1) 卵液と牛乳の割合、(2) 砂糖濃度、(3) 蒸す温度、(4) 予備加熱の温度、(5) 容器の材質、(6) 加熱方法を取り上げた。そして因子の条件を変えて実験を行った時に、実験結果の差を検出しやすく、製品の性状に影響を及ぼす調理過程の重要な因子が理解でき、さらに制限時間内に実験と考察が終了できることを考慮した教材とするために、実験を行い、各因子を教材の中に取り上げることの妥当性を検討した。

3-2-1. 卵液の希釈割合について

生卵は、煮だし汁や牛乳で任意の濃度に希釈でき、希釈剤の種類や希釈割合により多様な調理が可能である。ここでは、卵液と牛乳の割合を1:1、1:2、1:3、1:4の4種類設定してプディングを作り、製品を比較した。その結果、卵液濃度の低下とともに形を保ちにくくなっており、観察評価により硬さの違いが明らかであ

表2. 製品の破断力に及ぼす卵液と牛乳の配合割合の影響

配合割合 (卵:牛乳)	破断力* ($\times 10^3$ Pa)
1:1	14.57 \pm 1.98
1:2	7.51 \pm 0.11
1:3	4.56 \pm 0.13
1:4	2.97 \pm 0.32

希釈卵液に対して砂糖を15%添加し、アルミニウム製プリン型を用い、85℃で13分間蒸した。* 平均値 \pm 標準誤差 (n=3)

た。カードメーターで測定した破断力も減少する傾向を示した(表2)。また牛乳の代わりに水で卵液を希釈するとゲルが軟らかく、離水も多く認められたので、カードメーターによる破断力測定ができなかった。このように希釈卵液の熱凝固には、卵液濃度が影響し、プディングに適する濃度があることを理解するために、卵液の希釈割合を因子として取り上げることにした。さらに、牛乳中のカルシウムイオンなどの無機イオンにより、卵タンパク質の凝固が促進されること⁶⁾を学習するために、卵液の希釈を牛乳と水で比較することも因子として取り上げることにした。

3-2-2. 砂糖濃度について

卵液:牛乳の割合が1:2と1:3の希釈卵液に対して、添加砂糖濃度を0、5、15、25%として製品の性状への影響を調べた(図2-A)。いずれの希釈卵液においても、砂糖濃度の増加とともにゲルは軟らかくなり、表面の小孔の数が減少すること^{11), 12)}が確認できた。また加熱直後の製品の内部温度は、砂糖濃度に関係なくほぼ85℃であり、有意差がなかったことから、砂糖の添加により卵液の凝固温度が高くなることがわかった。以上の結果より、砂糖の添加は甘味の付与だけでなく、ゲルを軟らかくすること、そして砂糖濃度の増加に伴い凝固温度が上昇することを学習するために因子として取り上げることにした。

3-2-3. 蒸す温度について

75、85、95℃で13~15分間、蒸した場合の製品を比較すると、凝固状態だけでなく、小孔の数及び大きさなどの外観にも顕著な差が認められ、蒸す温度がカスタードプディングの性状に大きな影響を与えることが明らかであった。75℃では、牛乳と砂糖を含む希釈卵液の凝固は不完全であり、卵液と牛乳の割合が1:3の製品では、形を保てないほどの軟らかさであった。95℃で蒸した場合は、製品を型から出すと離水し、小孔が数多く生じて

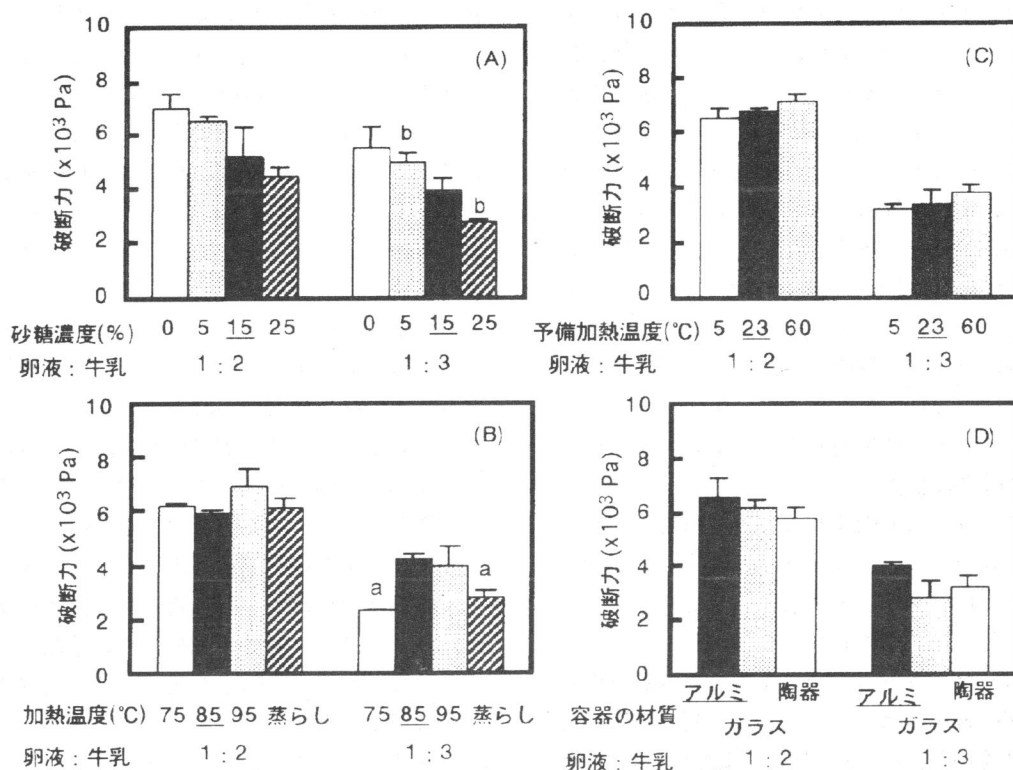


図2. 製品の破断力に及ぼす種々の因子の影響

希釈割合の異なる2種(卵液:牛乳, 1:2及び1:3)の卵液について, 卵液に対する砂糖濃度(A), 加熱温度(B), 予備加熱の温度(C), 容器の材質(D)を変えて作製した製品の破断力を測定した(測定方法は, 本文2-3-4.を参照)。図中の黒塗りのバー(■)は標準条件による結果を表す。 a: $p < 0.01$ (vs. 85°C), b: $p < 0.05$ (vs. 15%)

おり、外観が好ましくなかった。これらに対して、85°Cで蒸した製品の凝固状態は良好であり、小孔も少なかった。しかし外観に大きな違いが見られたにもかかわらず、図2-Bに示すように、破断力には有意差が認められなかったことから、蒸す温度の影響を調べる場合には、外観や小孔の観察などの官能的評価のほうが製品の良否を評価するのに適している。卵白の凝固は58°Cから、卵黄の凝固は65~70°Cから始まるが、卵白と卵黄を混合して加熱すると凝固温度は約66°Cとなり、卵以外の食材料を加えると全体の凝固温度は変わる。85°Cぐらいで加熱すると、卵液の中心部と周辺部はほぼ一様に加熱されるが、蒸す温度が高すぎると、周辺部に鬆が入り、食味や外観が悪くなる。鬆の形成は、卵液に溶存していた気体の集合と熱膨張に起因すると考えられており、タンパク質が熱凝固する際に、急激に膨張した気泡を取り囲むことにより生じる現象であることが明らかにされている^{18), 19)}。以上より、希釈卵液を加熱する温度は、凝固状態や食味に大きな影響を及ぼすことから、蒸す温度を重要な因子として取り上げることにした。

蒸す温度が製品の性状の良否にかかわる重要な因子であるが、火力の調節で器内の温度管理をすることは難しく、実際には、ふたをずらして温度の調節を行うように指導している。しかし、この操作は経験を要するので、

温度計を用いない場合には失敗する生徒・学生が多い。そこで難しい温度管理を必要としない、蒸らしを利用した方法が報告されているので¹⁴⁾、これを取り入れるか否かを検討するための実験を行った。95°Cになると消火し、9分間蒸らして調製した製品は、卵液と牛乳の割合が1:2と1:3のいずれの場合でも小孔が最も少なく、口あたりもなめらかであり、官能的にも好まれた²⁰⁾。破断力は、卵液と牛乳の割合が1:3では、標準条件(85°C)よりも有意にやわらかい製品であった。この方法に関わる因子には、温度だけではなく、蒸し器の熱容量や熱伝達速度なども含まれ、蒸す温度の条件と併記することができないが、簡便にできる方法として紹介する目的で、蒸らしを利用した方法を()内に記載することにした。

3-2-4. 希釈卵液の予備加熱温度の影響

前項でも述べたように、製品に生じる小孔は、蒸す温度が高すぎることだけでなく、急激な温度上昇により生じる⁹⁾ので、60°C前後の湯せんによる予備加熱がよい性状の製品を得るための有効な方法とされており⁹⁾、調理実習でもこれを指導する。しかし予備加熱をしても製品に大差が見られないことをしばしば経験する。そこで、予備加熱温度が製品の性状に及ぼす影響を調べるために、希釈卵液を冷蔵庫で5°C、室温に放置して23°C、湯せんで60°Cとした後、85°Cで15分間蒸して得られ

た製品の破断力を測定した。その結果、有意差は認められず(図2-C)、外観や口あたりなどの官能的評価はやや良好であるが、ほとんど差がなく、学生実験・実習のレベルでは、必ずしも湯せんが必要ではないことが示唆された。以上の結果より、しばしば教科書に記載されている湯せんを、製品の性状を大きく左右する因子として取り上げる必要はないと考え、予備加熱温度を実験の因子からも、また標準条件からも削除した。しかし、湯せんによる予備加熱を行うとやや良好な製品が得られるので、実際の調理では、牛乳を50~60℃に温めたところに砂糖を溶かせば、砂糖も溶けやすく、かつ希釈卵液の予備加熱にもなることを補足説明すればよいであろう。

3-2-5. カップの材質の影響

熱伝導度が低いガラスや陶器製の容器で作製した製品は、熱伝導度が高いアルミニウム製の容器を用いた製品よりも、性状が良好であることが示唆されている¹⁰⁾。そこでカップの材質の違いを本教材の因子として取り入れるか否かを検討した。ガラス製及び陶器製の容器で作製したプディングの破断力は、アルミニウム製で作製した製品よりもやや低値を示したが、有意差は認められなかった(図2-D)。小孔の有無などの外観についても、ガラス製と陶器製でやや良好であったが、ほとんど差がなく、製品の性状に大きく影響する因子として取り上げる必要はないと考え、カップの材質を因子から削除した。しかし学生には、必ずしもアルミニウム製のプリン型を用いなくても、陶器製などの容器で代用することができ、熱伝導度が低い材質では加熱時間を延長すれば、良好な性状のプディングができることを補足説明するとよいであろう。

3-2-6. 加熱方法の影響

オープン加熱により作製した製品は、官能評価ではやや強く甘味を感じたが、口あたりがなめらかであった。小孔もほとんどなく、外観は良好であった。蒸し器で作製した製品とカードメーターによる破断力の比較を試みたが、試料がやや粘稠であったため、破断力として表すことができず、硬さとして結果を算出した(結果の詳細は省略)。口あたりに対しては、やや違いが感じられたが、カードメーターで測定した硬さには有意差が認められなかった。オープン加熱と蒸し器での加熱は、加熱温度・時間が異なるだけでなく、熱伝導様式も異なるので、加熱方法の違いと製品の性状との関係を調理科学的に考察するのは複雑で難解であるが、食べ比べつつ、食べる楽しみも味わうことも意義深いと考え、因子として取り上げた。

3-2-7. 硬さ測定の指標としてのゆがみ率の有効性

できあがった製品をカードメーターやレオメーターなどの機器で硬さを測定し、結果を客観的に数値で表すことが科学実験では重要である。しかし授業で行う学生実

験では、測定機器がない場合や、多人数のために利用が困難な場合もある。測定機器を使わずに硬さを数値で表す指標として「ゆがみ率」¹⁹⁾があるが、ゆがみ率と機器で測定した破断力または硬さとの相関については報告されていない。そこで両者の測定値の相関を調べると、負の相関($R=0.60$)が認められ、学生実験のレベルでは、ゆがみ率で硬さを比較することも可能であることが示唆された。

3-2-8. カスタードプディングを題材にした実験教材

以上の実験結果及び先行研究をもとに教材を作成し、付表に示した。教材の構成内容は、フローチャートで示した実験操作、目的、実験条件の設定、試料、器具・装置、操作の説明、解説、及び実験結果記入表である(紙面の都合により本論文では解説を省略)²⁰⁾。フローチャートで示した実験操作には、因子をフローチャートの問題となる箇所位置づけ、変化させる因子の条件も隣接して記載し、全体の流れが把握しやすい教材となるよう配慮した。そして「1因子を変化させて実験するとき、他因子は必ず標準条件で固定しておく。」という実験上の注意を明確に示すために、枠囲みでフローチャートの下に記載した。結果記入表も因子と結果との関係が理解しやすい構成となるように作成した。

標準条件のうち、卵液と牛乳の割合については、卵液：牛乳が1：3では、1：2の製品よりもやや軟らかくできあがったが、どの因子を変化させても得られる結果は同様の傾向を示し(図2)、いずれの割合で希釈しても因子間の比較が可能である。1：2では、標準蒸し時間が12~13分であるのに対して、1：3では14~15分間要するが、若干長くすることにより、ほとんど失敗なく再現性のある結果が得られる。したがって、標準条件の希釈割合の扱いについては、比較的短時間でできる1：2を基本としたが、官能的には1：3のほうが好まれる場合が多いことを考慮して、いずれで実験してもよいと考えた。変化させる因子の中には、必ずしも調理科学的に1つの因子だけで説明できない実験条件も含まれているので、授業時間や設備、学生のレベルを考慮して、4因子すべてを取り上げる必要はなく、いくつかを選択することも可能である。

なお卵の蒸し物の性状に影響を及ぼす因子として、だし汁や食塩濃度も含まれるが、これらについては「茶碗蒸し」を題材にした教材の中で学習することとした。

食物学を学び、将来、食教育の指導的立場に立つであろう教員養成系または家政系の学生が、調理科学実験を通して、食べ物の成り立ちや食べることの意義を考え、調理は必ずしも難しいことではないこと、調理して食べることは楽しいことであるということも体験できるような教材を目指した。今後、授業実践を行ない教材の有効性を検討すること、また他の調理題材の教材を作成する

ことが次の課題である。

要 約

食品の調理性を理解し、調理技術を合理的に学習できる調理科学実験の教材作成を試みた。今回は卵の調理性の学習を取り上げた。

まず、家庭科教科書における卵を用いた実習教材を「熱凝固性」、「起泡性」、「乳化性」、「粘着性」、「その他」に分類して、卵の調理性に関する学習方法の特徴を考察した。その結果、学年進行とともに調理操作が複雑になり、多様な卵の調理性を段階的に学習していることが明らかとなった。

次に、カスタードプディングを題材にして、方法をフローチャートで示した大学生用の調理科学実験の教材作成を試みた。希釈卵液の熱凝固性を利用したカスタードプディングの性状に及ぼす重要な因子として、「卵液と牛乳の割合」、「砂糖濃度」、「蒸す温度」、「加熱方法」を取り入れた教材を考案した。

文 献

1. 厚生省保健医療局「平成9年版 国民栄養の現状」第一出版、41-43、79-87 (1997)
2. 中村良 編「卵の科学」朝倉書店、10-29 (1998)
3. 金谷昭子 編「フローチャートによる調理科学実験・実習」医歯薬出版 (1984)
4. 山崎清子、島田キミエ「調理と理論」同文書院、268-279 (1983)
5. 川端晶子、畑明美「調理学」建帛社、156-164 (1995)
6. 金谷昭子 編「調理学」医歯薬出版、162-169 (1990)
7. 田名部尚子 他「卵の調理と健康の科学」弘学出版、96-160 (1989)
8. 山崎清子、島田キミエ「調理と理論」同文書院、290-295 (1983)
9. 山脇芙美子、松元文子、家政誌、14、155-160 (1963)
10. 山脇芙美子、松元文子、家政誌、15、248-251 (1964)
11. 山脇芙美子、調理科学、4、81-89 (1971)
12. 斉田由美子、村田安代、松元文子、家政誌、27、403-411 (1976)
13. 布施静子、富山アイ子、松元文子、家政誌、28、264-272 (1977)
14. 明槻とし子、遠藤千鶴、宇山裕子、家政誌、46、69-73 (1995)
15. 松元文子、吉松藤子「四訂 調理実験」柴田書店、91-94 (1997)
16. 文部省「小学校指導書 家庭編」26-30 (1989)
17. 松本伸子、松元文子、調理科学、10、97-101 (1977)
18. 富江ハス子、大久保一良、家政誌、33、419-424 (1982)
19. 富江ハス子、大久保一良、家政誌、35、760-764 (1984)
20. 兵庫教育大学の学生及び教員のうち、男子10人、女子12人を対象に、標準条件で調製した製品と簡易作製法で調製した製品について官能検査(外観、硬さ、甘味、口あたり、総合評価の5項目)を行った。その結果、外観、口あたり、及び総合評価に対して、簡易作製法で調製した製品が有意に好まれていた。
21. 金谷昭子 編「改訂フローチャートによる調理科学実験・実習」医歯薬出版 (1999年刊行予定)

付表

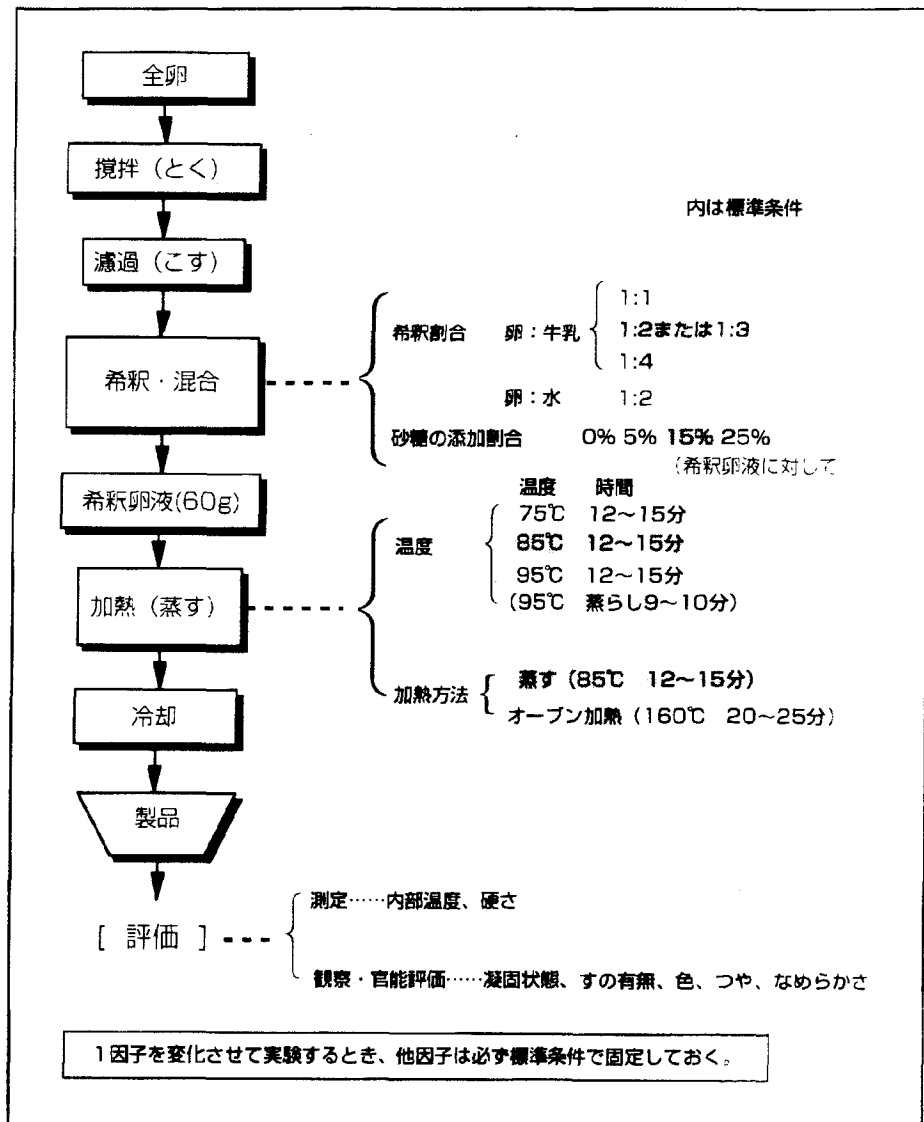
教材例

カスタードプディング

目的

カスタードプディングは、卵液を牛乳で希釈し、砂糖を加えて容器から取り出せる硬さにする加熱ゲルの調理である。調理過程の条件によって「す」が入ったり、固まらなかったりする場合がある。そこで口あたりよく、なめらかなカスタードプディングに仕上げる要素のいくつかを取り上げて実験してみる。

方法



実験条件 の設定

卵液の希釈割合（卵：牛乳）—1：1、1：2（または1:3）、1：4、（卵：水）1：2
（標準条件は好みで、卵：牛乳を1：3としてもよい）

砂糖の添加割合—0%、5%、15%、20%（希釈卵液に対して）

蒸す温度と時間—75℃、85℃、95℃で各12～15分、（95℃ 蒸らし 9～10分）

加熱方法—蒸す（85℃、12～15分）、オープン加熱（160℃、20～25分）

試料

卵、水、牛乳、砂糖

器具・ 装置

- ・ 蒸し器、こし網、布巾、その他一般調理器具
- ・ 温度計、レオメーターまたはカードメーター

操作

- ① 卵は泡立てないように十分に割りほぐし、布巾または目の細かい網でこす。
- ② 希釈割合にしたがって牛乳または水の分量を計り、その中に砂糖を割合にしたがって添加する。その際、砂糖は十分に牛乳と混合して溶かしておく。
- ③ ①の卵液を②の混合液で希釈する。
- ④ 各試料を60gずつ容器に入れる。
- ⑤ 蒸し器内の温度を測定しながら、加熱する。加熱方法を変える実験については蒸し器を用いる場合とオープン加熱の場合を比較する。
 - ・ 蒸し器には、蒸し板上にぬれ布巾を敷いておくと温度変化が小さく温度調節がしやすい。また試料を入れたら、上部にもぬれ布巾をかける。
 - ・ 蒸す条件のうち「95℃蒸らし 9～10分」については、蒸し器を強火にかけ蒸気が出たらいったん消火して試料を入れ、ふたをする。再度火をつけ、蒸し器内の温度が95℃に達したら消火して9～10分間蒸らす。
 - ・ 「オープン加熱」の場合は、天板に熱湯を試料の高さの1/3～1/2くらいまで入れる。庫内の温度が150～160℃を保つようにして20～25分間加熱する。
- ⑥ 蒸し終わったら、ただちに内部温度を測定する。
- ⑦ 冷却後、型から取り出してカードメーターなどで硬さを測定する。測定機器が使用できない場合には、下記のゆがみ率によりゲルの性状を比較する。
 - ・ ゆがみ率：型に入った試料の中心部に竹串を刺して高さ(a mm)をはかる。試料を皿に出して1分後に中心部の高さ(b mm)をはかり、次式により算出する
$$\text{ゆがみ率(\%)} = (a-b)/a \times 100$$

実験結果

	実験条件				実験結果				
	卵液の 希釈割合 (卵：牛乳)	砂糖 (%)	蒸す条件		観察、官能評価			測定	
			温度 (℃)	時間 (分)	凝固状態	すの有無 色、つや	なめらかさ	内部温度	硬さ
標準 条件	1:2 (または1:3)	15	85	15					
1	1:1	15	85	15					
	1:2								
	1:4								
	1:2 (水)								
2	1:2	0	85	15					
		5							
		15							
		25							
3	1:2	15	75	15					
			85						
			95						
4	1:2	15	85	15					
			160 (オープン)		25				

Development of experimental teaching materials for studying cookery science regarding eggs

— Description regarding cooking properties of eggs in home economics textbooks
and the development of an experimental teaching material concerning custard pudding —

**Etsu KISHIDA, Sachiko SAKAI, Naomi TAKAGI,
Yohoko SHONO, Akiko KANATANI**

The main purpose of this study was to develop experimental teaching materials to understand cooking properties of foods and learn cooking based on the science. The subject of this paper was focused on cookery science of eggs.

Eggs are versatile. This means that they can be used many ways and serve a variety of purposes. First of all, we attempted to classify recipes using eggs in home economics textbooks, under cooking properties such as heat-induced coagulation, foamability, emulsification, adhesiveness, and others. The results showed that the cooking processes are more complicated according to schooling levels and a various of cooking eggs are sequentially included.

The experimental teaching material concerning custard pudding for university students was successfully developed. The experimental methods were shown in a flow chart including four important factors for preparing custard pudding as follows: dilution ratios of beaten eggs to milk, concentrations of sugar to diluted egg suspension, steaming temperatures, and heating ways.