

報告・資料

## 保温鍋を用いた希釈卵液のゲル化について (第2報)

— プディングの場合 —

### Gelation of Diluted Eggs in a Heat Insulation Pot

和田 治子・人見 哲子・馬谷 淳子

#### 緒 言

希釈卵液を加熱して凝固させる茶碗蒸し、卵豆腐、プディング等は、蒸し器内の温度を85~90℃に保って加熱するのが良いとされる<sup>1) 2)</sup>。85~90℃に保つためには、火力の調節のほか、ふたをずらすなどの工夫をして温度管理をする必要があるが、蒸し器内の湯の保温力を利用して余熱で加熱する方法が検討されて、報告されている<sup>3)~5)</sup>。

筆者は、断熱調理鍋とか保温調理鍋と称して市販されている調理器具の保温性が優れていることに注目し、これを使って、希釈卵液を加熱して凝固させる調理法のひとつである茶碗蒸しを調製する方法について検討して報告した<sup>6)</sup>。

プディングは、茶碗蒸しと同様に、希釈卵液を加熱凝固させる調理であるが、卵液の材料、濃度が異なることは勿論であるが、器のまま食する茶碗蒸しと違って型から出して供するため、それに適するゲルのかたさを必要とする。そこで、前報に続いて今回は真空断熱調理鍋を用いてプディングを調理する条件を検討した。

#### 実験方法

##### 1. 試料卵液

卵はMサイズの鶏卵、牛乳は3.5牛乳(乳脂肪分3.5%以上、無脂乳固形分8.3%以上)、砂糖は上白糖とし、いずれも市販品を使用した。

14種の調理実習書から卵液の配合割合を調べた結果、卵と牛乳の割合は、1:1.7~3.0(重量比)であったが、半数は1:2であった。また、卵と牛乳を合わせたものに対する砂糖の割合は10~20%であった。そこで簡単な官能検査を行い、卵と牛乳の重量比を1:2とし、砂糖は卵と牛乳を合わせたものの15%とした。なお、この割合は、明槻ら<sup>5)</sup>の報告と同じ割合である。卵をはして泡立てないように攪拌し、牛乳と砂糖を加え、メッシュ(1.18mm)を通したものを試料卵液(以下卵液と記す。)とした。

プリン型(上底内径6.0cm、下底内径4.5cm、高さ4.6cm、内容量100ml、アルミ製)に入れる卵液量は80gとし、プリン型に入れた深さは、3.6cmであった。また、本実験ではカラメルソースは無しとした。

##### 2. 実験方法

**調理器具** 保温鍋は前報<sup>6)</sup>と同様日本酸素株式会社製真空断熱調理鍋(シャトルシェフ)PKA-3000を使用した。

**熱源** 電磁調理器(東芝製MR101消費電力1.2KW)を使用した。

**加熱方法** 真空断熱調理鍋の内鍋(ステンレス製、直径18cm、内容量3.0ℓ、以下内鍋と記す。)に入れる水(以下蒸し煮水と記す。)の量は、予備実験の結果500mlとした。この水量は、前報<sup>6)</sup>と同様にプリン型を入れた状態で型の高さの約半分である。なお、これ以上になると加熱中に蒸し煮水がプリン型に入る場合があるからである。

水から加熱する方法は、内鍋に試料3個と水500mlを入れてふたをして加熱、蒸し煮水が95℃になったら加熱を終了し、直ちに内鍋のまま真空断熱調理鍋の外鍋（以下外鍋と記す。）に移し、所定の時間保温した。

なお、予備実験の結果、内鍋の蒸し煮水が沸騰するまで加熱すれば表面に“す”を生じ、90℃までの加熱では、保温後凝固しない場合や凝固してもプディングとして柔らかすぎて好ましいものが得られなかった。そこで95℃までの加熱とした。

これに対して、沸騰水中に入れて加熱する方法（以下沸騰水加熱と記す。）として、内鍋に500mlの水を入れて加熱、沸騰したら電磁調理器の調節つまみを“弱”にして試料3個をいれてふたをし、再び電磁調理器のつまみを“強”にして30秒間加熱した。加熱終了後直ちに内鍋のまま外鍋に移し、所定の時間保温した。この方法は、真空断熱調理鍋の使用マニュアルを参考にしたものであり、前者は最初からプリン型を鍋に入れて加熱することにより調理操作を簡略化できないかと考えたからである。

いずれの方法においても、鍋にプリン型を入れてふたをした時点を加熱開始時とし、温度測定を開始した。保温時間は6から12分間とし、1分ごとの保温時間で作製した7種のプディングを物性測定の試料とした。

**温度測定** 前報<sup>6)</sup>と同様熱電対温度計（安立計器データコレクタ A M7002）を用い、センサは直径0.5mmのシース形とした。

卵液の温度測定については、卵液の表面から1.5cm下の中央部の温度を測定した。

蒸し煮水の温度についても、水深の中央部にセンサの先端がいくようにセットして測定した。

測定の間隔は、5秒毎とした。測定時室温は28～31℃であった。

#### 歪み率の測定

型に入れたままのゲルと、型から出して1分後のゲルの中央部の高さを測定し、その差の型に入れたままの高さに対する割合を歪み率とした。

#### ゲルのテクスチャーの測定

卵液ゲル（プディング）を放置して常温になってか

ら型から出し、高さの中央部をカッターナイフ（刃の厚さ0.4mm）で2つに切り分け、下側の部分を試料とし、切断面を上にして測定した。測定にはクリープメーター（山電、R E3305）を用い、硬さと付着性を測定した。測定条件は、ロードセルは2kg、プランジャーは直径1.6cm円筒状、測定スピードは0.5mm/秒、測定歪率は試料の高さの70%とした。

#### 測色

テクスチャー測定の場合と同様にゲルの高さの中央部を切断し、切断面の色調を色差計（日本電色工業株式会社製 Z300A）を用いて測定した。

歪み率、テクスチャー、色調の測定は各試料について12回行い、平均値±標準偏差で示した。

### 3. 官能検査

水から加熱する方法と沸騰水中に入れて加熱する方法それぞれについて、6、8、10、12分間保温した4種の試料について順位法により官能検査を行った。官能検査の項目は、外観・硬さ・舌ざわり・総合評価の4項目とした。結果はクレマーの検定により解析し、有意に好まれたものを選んだ。

次に2種の加熱方法から選ばれた3種の試料について順位法の場合と同じ4項目を、良い(2)、やや良い(1)、ふつう(0)、やや悪い(-1)、悪い(-2)の5段階評点法で官能検査を行った。結果は二元配置分散分析法で解析した。

パネルは、美作女子大学食物系教員および学生の15～21名とした。

### 結果と考察

#### 1. 卵液及び蒸し煮水の温度の経時的变化

卵液及び鍋内温度を蒸し煮水で測定した結果を、図1に示した。結果は測定した8回の値の平均値で示したものである。

水から加熱した場合、蒸し煮水は190.6±11.6秒で95℃に達していた。その後は保温鍋の外鍋に移して保温しているのが徐々に下降し、保温12分で80.8±0.6℃

となった。卵液は保温開始時に $68.7 \pm 2.4^\circ\text{C}$ となり、保温4分40秒で $81.1 \pm 1.1^\circ\text{C}$ に達した後保温6分からやや下がり、保温12分では $80.8 \pm 0.5^\circ\text{C}$ となった。

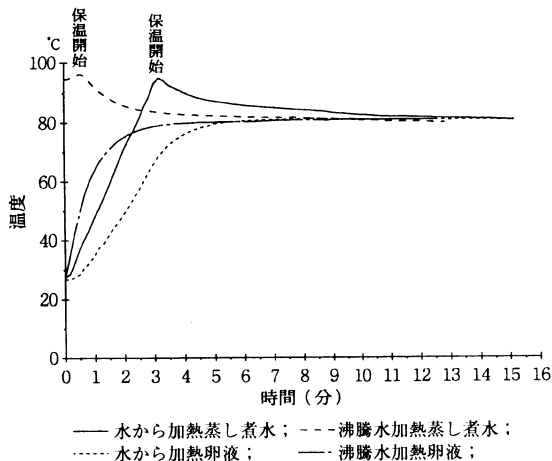


図1. 卵液および蒸し煮水の温度

沸騰水加熱では、蒸し煮水の温度は試料が入ることによりやや下がり測定開始時は $94.4 \pm 1.6^\circ\text{C}$ となったが、30秒加熱中に上昇し、 $96.2 \pm 1.7^\circ\text{C}$ となった。保温中は徐々に下降し、保温2分30秒で $83.7 \pm 1.3^\circ\text{C}$ になった。その後は温度降下は少なくなり、12分後で $80.2 \pm 0.7^\circ\text{C}$ となった。卵液は保温開始時は $49.3 \pm 2.0^\circ\text{C}$ になり、保温3分で $79.5 \pm 1.3^\circ\text{C}$ となった後は変化は少なくなり、保温9分30秒で $80.9 \pm 0.3^\circ\text{C}$ となってからは保温12分まで変化はなかった。

凝固状態は、沸騰水加熱、保温時間6分（卵液の温度 $80.4 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ）のものは、やや柔らかく、型から出したとき形を保つのがやつの状態であった。保温7分では凝固していると感じられた。このときの卵液は $80.7 \pm 0.8^\circ\text{C}$ となっており、プディングの凝固には最低これ以上の温度になることが必要と考えられる。他の試料はいずれも十分凝固していた。

両者を比較すると、12分間保温した卵液の温度の平均は $80.8^\circ\text{C}$ 、 $80.9^\circ\text{C}$ と差はみられなかった。

前報での茶碗蒸しの場合は、卵液の凝固温度は $77.5 \sim 78.2^\circ\text{C}$ の間であった。さとうは凝固を遅らせる働きがあるとされ<sup>7)</sup>、プディングでは茶碗蒸しよりやや高

い温度で凝固するといえる。

明槻ら<sup>9)</sup>による蒸し器の湯の保温力を利用して卵液を凝固させる方法では、消火時器内温度 $95^\circ\text{C}$ では卵液の温度は $76^\circ\text{C}$ であったものが、 $85.9^\circ\text{C}$ まで上昇し、消火後3分付近からた下降したとしている。本実験では、鍋自体が保温力を有しており、卵液の温度は保温中も水から加熱では4分40秒、沸騰水加熱では8分30秒まで上昇し、保温時間12分まではそれを保っていた。このことは吸熱反応である卵液凝固には好ましい条件であると考えられる。

## 2. 歪み率

表1は保温時間の経過にともなう歪み率の変化を表したものである。いずれの加熱方法でも保温時間が長くなると小さくなっており、ゲル化が進み、形を保ち易くなっていることが分かる。

また、同じ保温時間のもを比較すると、水から加熱した方が小さい値となっていた。加熱速度は卵液の凝固温度及びゲル強度に影響し、温度上昇速度が大きいと卵液の凝固温度は高くなり、ゲル強度は大きくなるとされる<sup>8)</sup>。今回の卵液の加熱初期の温度上昇速度は沸騰水加熱の方が大きい。しかし、卵液がほぼ凝固するであろう $80^\circ\text{C}$ に至る点は水から加熱では保温開始後2分10秒付近であり、沸騰水加熱では3分50秒付近であって、その後保温終了までの時間は水から加熱の方が長い。初期の加熱速度の違いより、その後の高温を保つ時間の影響の方が大きいと、水から加熱したものの方が歪み率が小さくなったと思われる。

表1. プディングの歪み率 (%) (M $\pm$ S D)

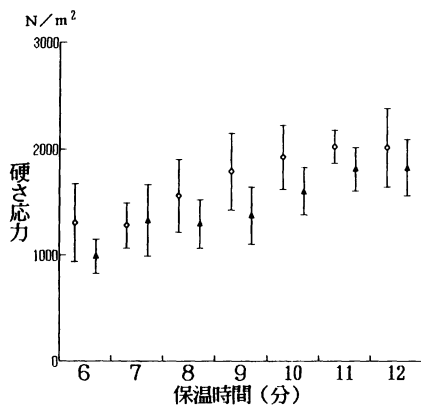
保温時間(分)	水から加熱	沸騰水加熱
6	23.5 $\pm$ 9.7	29.5 $\pm$ 5.8
7	19.0 $\pm$ 4.4	20.9 $\pm$ 2.8
8	18.9 $\pm$ 5.9	19.5 $\pm$ 3.9
9	14.4 $\pm$ 7.3	19.1 $\pm$ 3.0
10	13.7 $\pm$ 2.3	16.2 $\pm$ 2.8
11	14.2 $\pm$ 2.2	17.5 $\pm$ 3.1
12	13.9 $\pm$ 3.1	17.4 $\pm$ 3.5

### 3. テクスチャー

テクスチャーについては、硬さ応力を図2、附着性を図3に示した。

硬さの測定値は保温11分までは保温時間の経過にともなって大きくなり、ゲル化が進み硬くなっていることがわかる。保温時間11分のもものと12分のもの进行比较すると、水から加熱の場合も沸騰水加熱の場合も硬さの測定値に差はなく、ゲル化は完了していることが伺える。

また、両者を比較すると、水から加熱の方が早く硬く



○, 水から加熱; ▲, 沸騰水加熱

図2. プディングの硬さ

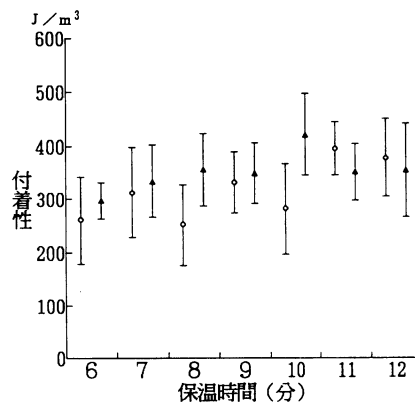
なっており、歪み率測定の結果と同様の傾向を示した。

附着性については、明槻ら<sup>5)</sup>は余熱時間が長くなると、小さくなる傾向にあると報告しているが、一定の傾向をみることができなかった。

### 4. 色調

プディングの色調の変化を表2に示した。色調は材料の卵の色を反映するので単純に他のデータと比較することは難しい。明槻ら<sup>5)</sup>は余熱時間が長くなるに従ってL値(明度)は若干高くなる傾向を示し、黄色度が増す傾向があったと報告している。

本実験でもL値は保温時間が長くなるとやや高い値となっていた。b値(黄色度)は、沸騰水加熱、保温時間6分のもものがやや小さい値を示して黄色度が小さいといえる。他の試料のb値は変わらなかった。



○, 水から加熱; ▲, 沸騰水加熱

図3. プディングの附着性

表2. プディングの色調

加熱法	保温時間 (分)	測 色				(M ± S D)	
		L	a	b	$\sqrt{a^2 + b^2}$	ΔE	
						直前値と 比較	保温時間6分と 比較
水から 加熱	6	76.65 ± 0.59	-0.31 ± 0.12	24.14 ± 0.25	24.15 ± 0.25		
	7	77.17 ± 0.56	-0.24 ± 0.13	23.39 ± 0.39	24.39 ± 0.39	0.92	0.92
	8	77.18 ± 0.21	-0.22 ± 0.08	24.18 ± 0.89	24.18 ± 0.89	0.79	0.54
	9	77.46 ± 0.53	-0.09 ± 0.13	23.60 ± 0.49	23.60 ± 0.49	0.66	1.01
	10	77.51 ± 0.21	-0.20 ± 0.12	23.50 ± 0.59	23.50 ± 0.59	0.16	1.09
	11	77.83 ± 0.21	-0.35 ± 0.05	23.10 ± 0.29	23.10 ± 0.28	0.53	1.58
12	77.68 ± 0.30	-0.33 ± 0.09	23.05 ± 0.22	23.06 ± 0.21	0.16	1.51	
沸騰水中 加熱	6	76.81 ± 0.13	-0.51 ± 0.19	22.31 ± 0.16	23.30 ± 0.20		
	7	75.97 ± 0.69	-0.08 ± 0.22	24.01 ± 0.63	24.01 ± 0.63	1.95	1.95
	8	76.31 ± 0.47	-0.08 ± 0.24	23.99 ± 0.60	23.99 ± 0.60	0.34	1.80
	9	76.13 ± 0.36	0.02 ± 0.35	24.10 ± 0.60	24.10 ± 0.61	0.23	1.98
	10	76.26 ± 0.17	-0.10 ± 0.16	23.87 ± 0.52	23.87 ± 0.52	0.29	1.70
	11	77.06 ± 0.41	-0.10 ± 0.21	23.31 ± 0.51	23.31 ± 0.51	0.98	1.11
12	77.14 ± 0.22	-0.04 ± 0.13	23.36 ± 0.44	23.36 ± 0.44	0.11	1.19	

色差 ( $\Delta E$ ) は保温時間6分のもとの7分のもの間  
が比較的大きく、NBS単位と感覚との関係からは、  
「わずかに」( $\Delta E: 0.5 \sim 1.5$ )、「感知せられるほどに」  
( $\Delta E: 1.5 \sim 3.0$ )にあった。他は $\Delta E 1.0$ 以下であり  
保温時間7分以降はプディングの色の変化はほとんど  
ないと考えられる。

## 5. 官能検査

表3に第一段階に行った順位法による官能検査の結  
果を示した。この結果より、水から加熱したものでは  
舌ざわりおよび総合評価で有意に好まれていた10分間  
保温したもの、沸騰水で加熱したものでは全ての項目  
で有意に好まれていた12分間保温したもの及び硬さで

表3. 順位法による官能検査 (順位和)

加熱方法	項目	保温時間 (分)			
		6	8	10	12
水から加熱 (n=20)	外観	55	60	40	45
	硬さ	55	46	44	55
	舌ざわり	51	49	39 *	61 *
	総合評価	52	51	39 *	58
沸騰水加熱 (n=19)	外観	75 **	39	48	28 **
	硬さ	72 **	47	36 *	35 *
	舌ざわり	68 **	45	40	37 *
	総合評価	72 **	46	39	33 **

\*  $p < 0.05$  で有意に好まれる    \*\*  $p < 0.01$  で有意に好まれる  
 †  $p < 0.05$  で有意に好まれない    \*\*  $p < 0.01$  で有意に好まれない

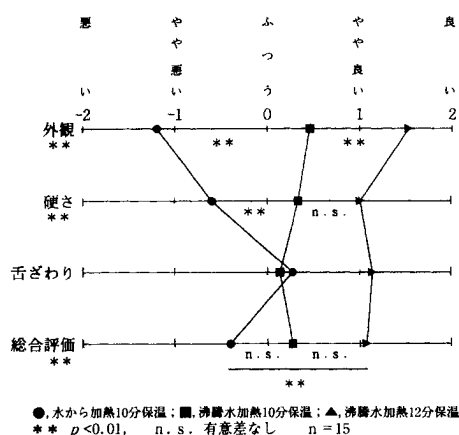


図4. 評点法による官能検査

有意に好まれた10分間保温の3種の試料を第二段階の  
評点法による官能検査の試料とした。

図4に評点法による官能検査の結果を示した。舌ざ  
わりを除く3項目で有意差が認められた。有意差の認  
められた項目については、スチューデント化された範  
囲により試料間の有意差を検定した。

水から加熱10分保温したものは、舌ざわりを除いた  
3項目で評価が低く、外観及び硬さでは沸騰水加熱10  
分保温、沸騰水加熱12分保温に、総合評価では沸騰水  
加熱12分保温のものに有意に劣っていた。

沸騰水加熱12分保温したものは全体的に高い評価を  
得ており、外観では沸騰水加熱10分保温のものとの間  
に有意差 ( $p < 0.01$ ) が認められた。

以上の結果から沸騰水加熱12分保温のプディン  
グが最も良いといえる。

なお、パネリスト間の評価の差について検定した  
結果、いずれの項目についても有意差は認められな  
かった。

水から加熱する方法は、前述のように100℃まで  
の加熱では表面に“す”を生じる場合があるので  
95℃まで加熱して保温するのがよい。沸騰水加熱  
と比較して調理操作が簡便と思われた水から加熱す  
る方法は、温度の測定が必要で、実際に調理する場  
合かえって手間がかかり、沸騰水中で時間を計って  
加熱する方が行いやすい。沸騰水加熱の方が水温の  
影響が少ないことが予測され、さらに官能検査の結  
果を合わせると、沸騰水加熱がよいと考えられる。

なお、以上の実験は室温28~31℃で行った。室  
温20℃の場合も検討した結果、好ましいプディン  
グができることを確認した。

## 要 約

前報<sup>6)</sup>に続いて保温鍋として真空断熱調理鍋を使  
用して希釈卵液を凝固させる方法をプディングにつ  
いて検討し、次の結果を得た。

(1) プディング型を水から入れて95℃まで加熱し、  
保温鍋に移したものは、6分保温で卵液は凝固して

いた。沸騰水中に入れて30秒加熱し、保温鍋に移したものは7分保温で凝固していた。

(2)保温中の鍋内蒸し煮水の温度は、水から加熱、沸騰水加熱とも12分保温で80℃以上を保っていた。

(3)ゲルの硬さ測定の結果、水から加熱、沸騰水加熱とも保温11分までは硬くなっていた。

(4)ゲルの色調については、水から加熱、沸騰水加熱とも保温時間7分以降ほとんど差はみられなかった。

(5)官能検査の結果からは、沸騰水中30秒加熱、12分保温のプディングが好まれていた。

保温鍋を使用してプディングを作製すれば、簡単な調理操作で好ましい製品を得ることが可能である。

#### 引用文献

- 1) 山脇美美子, 松元文子: 家政誌, 15, 248~251 (1964)
- 2) 山脇美美子, 松元文子: 家政誌, 14, 155~160 (1963)
- 3) 布施静子, 富山アイ子, 松元文子: 家政誌, 28, 264~272 (1977)
- 4) 横田貞子: 美作女子大学紀要, 15, 48~56 (1982)
- 5) 明槻とし子, 遠藤千鶴, 宇山裕子: 家政誌, 46, 69~73 (1995)
- 6) 和田治子, 人見哲子: 美作女子大学紀要, 29, 74~79 (1996)
- 7) 村田安代, 斉田由美子, 松元文子: 家政誌, 27, 412~417 (1976)
- 8) 長谷川千鶴, 梶田武俊, 橋本慶子: 調理学, 朝倉書店, 東京, p86 (1989)

(1996年12月2日 受理)