

# 加熱方法がカスタードプディングの品質におよぼす影響

## —物性および感覚評価との関連—

食生活研究室 長尾慶子 杉山佳世子

### 1 はじめに

卵は加熱によって凝固し、ある程度希釈しても凝固する調理特性を持つ。この卵液の熱凝固性を利用した蒸し物には、和風のだしで薄めた茶碗蒸しや卵豆腐、洋風のだしで薄めたコンソメロワイヤル、牛乳で薄め砂糖を加えたカスタードプディングなどが代表的であり、卵蛋白の熱凝固性に関する研究は多くなされている<sup>1)~6)</sup>。

これらの調理に共通していることは、いずれも滑らかに蒸し上げることであり、それには加熱温度、加熱時間および温度上昇速度などの加熱条件が一番の決め手となっている。その他、熱凝固性に影響を与える条件として以下のものがあげられる。①希釈液の種類（出し汁、牛乳）とその割合、②添加物（塩、砂糖、酢その他）、③pHの変化などである<sup>7)</sup>。

また受熱器具にも影響される。オープン加熱して作った製品と蒸器内加熱の製品ではテクスチャーが異なることはよく知られたことであるが、機器測定および官能検査の両面から比較した報文は見当たらない。

そこで、本研究では加熱方法を変えた場合の凝固卵液の物性と品質を、機器測定および官能検査の両面から検討することを目的とし、代表的調理であるカスタードプディングを取り上げた。

### 2 実験方法

#### 1) 試料および試料配合

鶏卵は市販卵（M玉、白色レグホン、産卵7日

以内の新鮮卵）、牛乳は市乳（雪印北海道3.6牛乳）砂糖は市販上白糖（三井精糖㈱）を購入し、鶏卵：牛乳：破糖の配合割合は1：2：0.4とした。つまり卵液30%、牛乳58%、砂糖12%であり、これは学生実習用として一般的な配合割合である。

卵は卵黄と卵白を泡立たないようにときほぐし、万能こし器を通した均質な卵液150gに牛乳300g、砂糖60gを加え50~60℃まで加熱した。油を薄く塗ったパイレックスビーカーに50gずつ分注し、一回の実験には5個ずつ加熱した。

#### 2) 受熱器具

ガスオープン（コンベック、東京ガスRN006CZ）中華せいろ（直径32cm×高さ5.2cm）、中華鍋（直径42cm×容量8ℓ）

#### 3) 加熱方法

カスタードプディングの加熱法として、学校調理では蒸し器の庫内温度を85~90℃に保って蒸しあげる弱火加熱が一般的である。また100℃加熱で余熱を利用する高温短時間加熱も、加熱時間さえ正確に守れば失敗なく出来上がるという利点がある。またオープン加熱した製品は濃厚な味とテクスチャーが若い人に好まれている。そこで加熱方法として、蒸し器内加熱（緩慢加熱および急速加熱）とオープン加熱をとりあげた。すなわち中華せいろ内で蒸し加熱した急速加熱法（A、B）と緩慢加熱法C、オープン内で天火加熱させたDおよびEの5種類とした。庫内温度および加熱時間は以下のようにした。

庫内温度(℃)	加熱時間(分)	余熱利用時間(分)
A : 100	2	10
B : 100	4	4
C : 85~90	15	
D : 200→180	10→20	
E : 200→180	20→20	

なおオープン内での加熱は、ピーカーのまわりに85℃以上の熱湯を1.5cm高さ迄加え湯煎加熱とした。

#### 4) 測定項目

##### ①加熱中の内部温度測定

複合モード温度プリンタ(PRINT MULT D613 宝工業)を用いて、各試料の加熱中の内部温度を10秒毎に測定記録させた。熱電対(サミスタセンサS XK 67)はピーカーの底から1cm上がった試料の中心部にくるように固定した。蒸し器内の温度測定はせいの蓋の部分に穴を開け熱電対を通した。

蒸し器内には約1500mlの湯を沸騰させておき、蒸し器の中に100℃の蒸気が充満したときに試料5個をいれ、ただちに蓋をして時間を測定した。急速加熱は強火にして常に蒸気が外に出ている状態を保ち、緩慢加熱の場合は蓋との間に竹串をはさみ、火力を弱めて庫内温度を85℃から90℃を保つようにして加熱した。

天火加熱の場合はあらかじめ庫内を180℃に予備加熱しておき、ピーカーの高さ1.5cmまで熱湯をいれた容器ごと天板に移し加熱を開始した。天火加熱の場合の熱電対は開閉ドアのパッキングを通して試料中心部にくるように位置を設定した。

##### ②物性値測定(機器測定)

機器による物性の評価を試みた。尚、今回用いる機械的特性<sup>8)</sup>および機器測定条件を以下に記した。

**硬さ**：食品の形態を変形させるのに必要な力を表す。

**凝集性**：食品の形態を形成している内部結合力の大きさを表す。

**付着性**：食品の表面と他の物体(舌、歯、口腔な

ど)の表面が付着している状態を引き離すのに必要な力を表す。

**弾力性**：外力によって生じた変形が力を取り去った時に変形以前の状態に戻る程度を指す。

**ガム性**：半固形の食品を飲み込める状態にまで碎くのに必要なエネルギーで硬さと凝集性の特性が関係している。ガム性=硬さ×凝集性

**咀嚼性**：固形の食品を飲み込めるまで咀嚼するのに必要なエネルギーで硬さ、凝集性および弾力性の特性が関係している。咀嚼性=硬さ×凝集性×弾力性

**粘稠度**：固体と液体の間にある物体の硬さを表す。つまり変形に対する抵抗を表し、粘っこさ、滑らかさなどが判断される。

i) レオダイナコダー(物性解析IPCシステム; IPC-134A, 飯尾電気)による硬さ、凝集性、付着性、弾力性、ガム性および咀嚼性値の測定

サンプルはピーカーより取り出して測定した。測定条件はサンプル量50g, サンプル高さ20mm, サンプル温度18℃, プランジャー径40mm, クリアランス3mm, 運動スパン15mm, デジタル設定32mm, 運動スピード150mm/min, 運動回数2回, ロードレンジ2kg, チャートスピード60cm/minとした。

ii) カードメーターマックス(ME-303, 飯尾電気)による硬さと粘稠度の測定

i) 同様サンプルはピーカーから取り出して測定した。測定条件はサンプル量50g, サンプル高さ20mm, スピード7sec/inch, 感圧軸径8mm, ウェイト(荷重)100g, サンプル温度18℃とした。

##### ③官能検査による評価

試料表面を除き、一辺約2cmの立方体に切り、硬さ、粘り、滑らかさ、総合的好ましさについて、5種の試料を順位法で評価させた。結果をkramerの有意差検定法により検討した。パネルは学生時代に調理を履修した短期大学部職員(20~40代)の10名である。また、プディングの品質評価として外観、テクスチャー(口触り)および、総合的好ましさの項目について緩慢加熱法Cを基準とし

て評点法で評価させ、結果を一元配置法による分散分析を行った。各群の品質差の検定にはLSD係数により有意差を検定した。質問用紙は表1に示したものをを用いた。

表1 官能検査用紙

	No.
月 日 名前	
1) 次の項目毎に順位をつけてください。	
	A B C D E
硬い順	
粘りの強い順	
滑らかさの強い順	
総合的好ましさ	
2) プディングの品質評価をしてください。 (Cを0として数字で記入してください。)	
-2      -1      0      1      2	
悪い    やや悪い    同じ    やや良い    良い	
	A B C D E
外 観 (表面の状態)	
テクスチャー (口ざわり)	
総合的評価	

### 3 実験結果および考察

#### 1) 内部温度測定結果

性状のよいプディングは加熱中における試料温度の上昇条件によって殆ど決定される<sup>1)</sup>。それは試料が90℃に達するまでは毎分2℃以下の温度で10~15分間加熱され、25分後には91℃付近より高温にならないような加熱法を用いることである<sup>1)</sup>といわれる。

そこで、本試料における卵液加熱中の温度推移をみたのが図1である。蒸し加熱AおよびBは100℃急速加熱後余熱を利用したものであり、蒸し加熱Cは緩慢加熱(85~90℃)の場合である。DおよびEはオープン加熱の場合である。

オープン加熱では70℃付近までは毎分5℃ずつ温度が上昇、70~80℃までは2.5℃、80~90℃までは1℃の温度上昇であり70℃以上では毎分平均1.4℃の温度上昇で15分間加熱されていた。

蒸し加熱Aは急速加熱であるために80℃までは毎分20℃、80~87℃までは毎分1.6℃の温度上昇速度であり、Bでは80℃までは毎分16℃、80~87℃までは0.9℃ずつの上昇速度であった。緩慢加熱Cは70℃までは毎分13℃、70~80℃までは3.3℃、80℃以上は0.1℃ずつの緩やかな温度上昇であり、70℃以上を平均すると毎分約1.6℃であっ

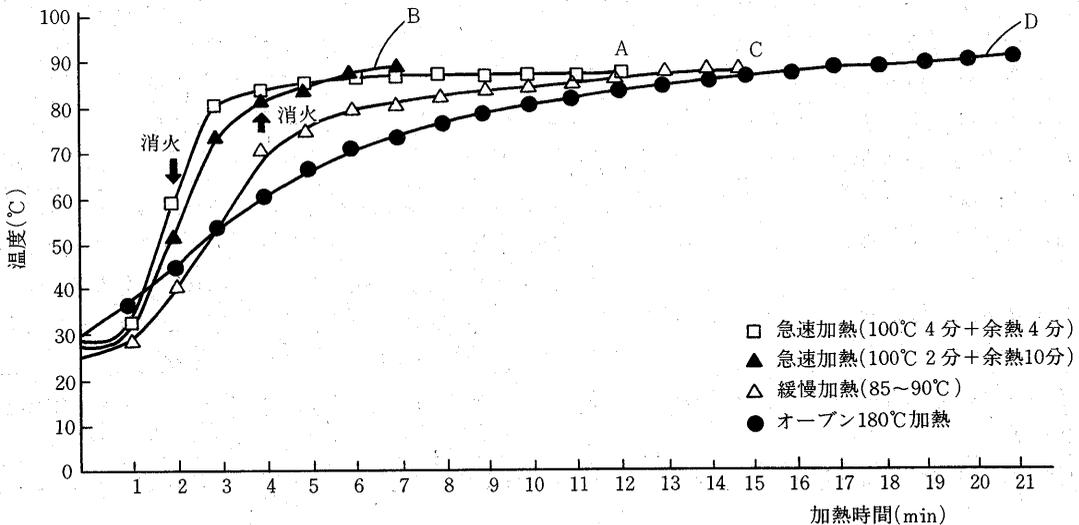


図1 卵液加熱中の内部温度推移

た。いずれの加熱方法も凝固開始温度付近80℃から90℃までは2℃以下の上昇条件にあり、良好なブディングのできる加熱条件<sup>1)</sup>にあった。

## 2) 物性値測定結果

①レオダイナコーダーによる測定結果を表2に示した。

5種の加熱条件による試料の測定値10~13個の平均値と標準偏差で表し、バラツキの程度を変動係数で示した。またこれらの測定値を一元配置の分散分析を行い(表3)、F分布表から自由度(D.F.)  $\phi_A, \phi_E$ の5%点の値よりもそれぞれの分散比F. の値が大であったので、各試料間に差があるとみなして有意差検定を行った(表4)。

硬さでみると、B、C、Eが同程度の値であり、AがB、C、Eと有意な差をもって一番柔らかいと識別された。

凝集性ではBがA、C、D、よりも5%の有意差で弱いとされた。付着性では各群中Bが一番強い値となりDが特に付着性が弱かった。しかし、付着性の測定値の変動係数が大きいことは試料間にバラツキが大きいことを表し、いちがいに評価できない。

弾力性では蒸し加熱法(A、B、C)とオープン加熱法(D、E)に明らかな違いが見られた。

つまり蒸す法がより弾力のある製品が得られたことになる。

ガム性ではAが一番小さく他の4群と比べて5%の有意差で明らかに区別された。

咀嚼性はAとDが他に比べて明らかに小さい値となった。

以上の結果より判定すると、Aは5群中最も柔らかくとろけるようなテクスチャーであるといえる。Bは口に入れたとき溶け易く、しかもねっとりした口触りであるといえよう。Cは粘りの少ないツルンとしたややしっかりした口触りである。Dも柔らかい粘りの少ないテクスチャーであり、Eは5群中最も硬くしっかりしたテクスチャーを有していた。

②カードメーターによる硬さと粘稠度測定結果

測定値10個の平均と標準偏差を表5に、2群試料間の差についてT検定を行ったものが表6である。

硬さの測定値では先のレオダイナコーダー測定値結果とよく対応した値となった。つまり、Aが最も柔らかく、Eが最も硬い結果となった。

粘稠度測定結果でみるかぎり、Eが5種類中1番硬くて粘りがあり、Aが1番滑らかで柔らかい製品であるといえる。

表2 実験計画と物性値(レオダイナコーダー)\*

(T.U.)

加熱法	加熱温度(℃)	加熱時間(min)	硬さ	凝集性	付着性	弾力性	ガム性	ソシヤク性
蒸し加熱	A	100℃ 2min 余熱10min n=10	0.81±0.22 (27.2)	0.40±0.11 (27.5)	0.07±0.08 (114.3)	0.77±0.20 (26.0)	0.32±0.11 (34.4)	0.25±0.13 (52.0)
	B	100℃ 4min 余熱4min n=13	1.31±0.66 (50.4)	0.33±0.11 (33.3)	0.13±0.11 (84.6)	0.80±0.27 (33.8)	0.40±0.12 (30.0)	0.32±0.16 (50.0)
	C	85~90℃ 15min n=11	1.28 (21.1)	0.38±0.09 (23.7)	0.07±0.09 (128.6)	0.87±0.15 (17.2)	0.49±0.19 (38.8)	0.43±0.23 (53.5)
オープン加熱	D	200℃ →180℃ 10min 20min n=10	1.00±0.21 (21.0)	0.44±0.02 (4.5)	0.04±0.06 (150.0)	0.64±0.16 (25.0)	0.44±0.16 (36.4)	0.28±0.14 (50.0)
	E	200℃ →180℃ 20min 20min n=11	1.30±0.49 (37.7)	0.38±0.10 (26.3)	0.09±0.10 (111.1)	0.65±0.15 (23.1)	0.50±0.29 (58.0)	0.34±0.25 (73.5)

\*物性値は計測平均値±標準偏差である。尚( )内の数値は変動係数(%)である。

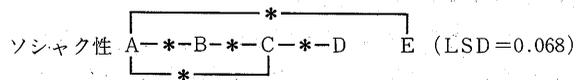
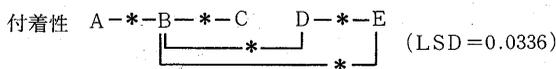
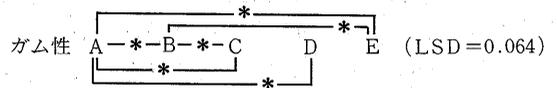
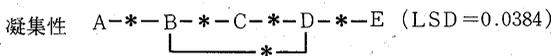
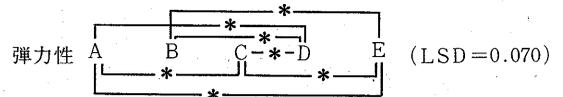
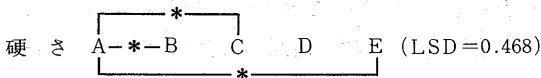
表3 分散分析表

要因	平方根S	自由度DF	不偏分散VAR	分散比F0	検定
硬さ (A)	2.268690	4	0.5671730	36.9877	**
	誤差(E)	0.843375	55	0.0153341	
	計	3.112065			
凝集性 (A)	0.0661602	4	0.0165401	14.4251	**
	誤差(E)	0.0573308	50	$1.14662 \times 10^{-3}$	
	計	0.1234910			
付着性 (A)	0.0483365	4	0.0120841	14.5810	**
	誤差(E)	0.0414380	50	$8.28761 \times 10^{-4}$	
	計	0.0897745			
弾力性 (A)	0.352194	4	0.880485	24.3965	**
	誤差(E)	0.180453	50	$3.60906 \times 10^{-3}$	
	計	0.533393			
ガム性 (A)	0.221044	4	0.0552609	16.0978	**
	誤差(E)	0.71641	50	$3.43282 \times 10^{-3}$	
	計	0.392685			
ソシヤク性 (A)	0.201788	4	0.0504471	14.0870	**
	誤差(E)	0.179055	50	$3.58111 \times 10^{-3}$	
	計	0.380843			

$F_{0.01}^{2,55} = 3.695 \leq F_0$  …… 試料間に差がある

$F_{0.01}^{2,50} = 3.74 \leq F_0$  …… 試料間に差がある \*\*  $p < 0.01$

表4 物性値における試料間の差の検定(F検定(LSD))



2 試料間の測定値の差 > LSD; 有意差あり, 差 ≤ LSD; 有意差なし \*  $p < 0.05$

表5 加熱法がテクスチャーに及ぼす影響

		A	B	C	D	E
官能検査 順位法 N=20	硬 さ	70	54	64	78**	34*
	粘 り	74	57	51	51	66
	滑 ら か さ	68	57	48	40**	87**
	総合的好ましさ	68	45*	40**	63	84**
物性値 (カードメーター) N=10	硬 さ (N/cm <sup>2</sup> )	0.126±0.013	0.169±0.010	0.211±0.029	0.143±0.062	0.368±0.027
	粘 稠 度 (N sec/cm <sup>2</sup> )	1.030±0.169	1.944±0.186	1.949±0.168	1.163±0.765	2.621±0.327

\*p<0.05 \*\*p<0.01

表6 T検定(両側検定)

硬 さ

	A	B	C	D	E
A	—	-6.9091***	-9.0985***	-2.4059	-20.9525***
B		—	-3.7308**	-0.9506	-16.9038***
C			—	1.8697	-6.4275***
D				—	-3.3329*
E					—

粘稠度

	A	B	C	D	E
A	—	-7.2109***	-9.7444***	0.0250	-17.1800***
B		—	-0.0510	3.0207*	-3.8678**
C			—	2.4195	-5.4554**
D				—	-2.8711*
E					—

\*p<0.05 \*\*p<0.01 \*\*\*p<0.001

3) 官能検査による感覚評価

硬さ, 粘り, 滑らかさ, 総合的好ましさについてパネル20名(10名×2回くりかえし)による評価を順位法で行った(表5)。

これによるとやはりEが1番硬く, 滑らかさでは劣り, 総合評価では5群中1番好まれなかった。官能検査結果ではBとCが総合的评价に於いて良いと判断された。以下各測定値相互の関係から考察してみた。

①物性値と感覚評価との相関

カードメーター測定による硬さと官能検査によ

る硬さの評価との相関の程度をみた。図2は表5の結果をもとに両者の間の相関を示したものである。x軸に感覚評価順位の合計点, y軸に測定値をとった。測定値と官能検査値の間の相関係数を求めると $r=-0.8927$ が得られ両者の間に高い相関関係を示していることが分かる。このことにより機器測定による硬さの結果は, 官能検査結果とよく対応していることが分る。

次に測定値による粘稠度と感覚評価の粘りおよび滑らかさの項目間の相関をみた(図3)。

粘稠度とは固体と液体の間にある物体の硬さを表す意味に用いられ, 粘っこさ, 滑らかさなどの程度が表されるが, 本試料の場合, 感覚評価での粘りおよび滑らかさとの間にはっきりした相関が見られなかった。これは感覚でとらえる粘っこさや滑らかさの程度は機器測定の粘稠度だけの評

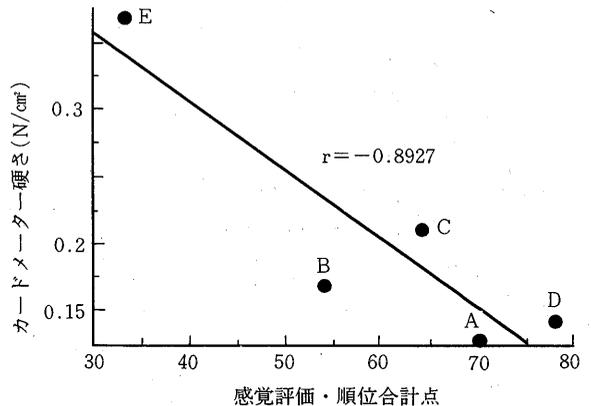


図2 測定値と感覚評価との相関(硬さ)

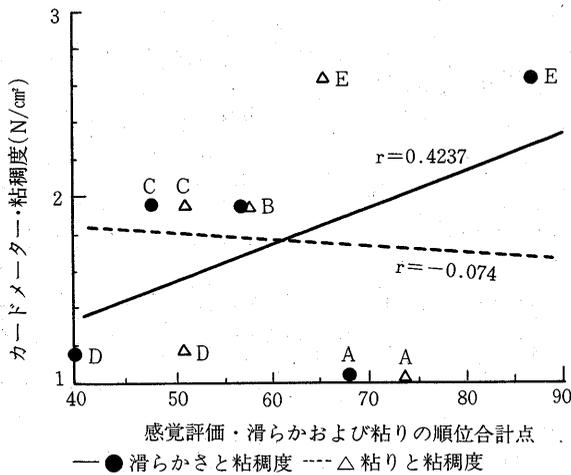


図3 測定値と感覚評価との相関

価では対応しきれないことを示している。

次に、感覚評価どうしがどのように関連し合いブディングの評価に寄与しているかを検討した。

②感覚評価間における相関

粘りと滑らかさについてみると、両者間には正の相関がみられ、滑らかさと硬さについては負の相関が見られた(図4)。粘りが少ないほど滑らかさに対する評価は悪くなる傾向があり、逆に滑らかさが強いほど柔らかいと評価されるようである。

以上よりブディングとして好ましいテクスチャーには硬さと滑らかさが大きな比重を占めると思われたので、両者間の相関をみた(図5および図6)。今回の官能検査にみるかぎりでは硬さと総合的好ましさの評価には明瞭な相関はみられなかった。滑らかさと総合的な好ましさの評価の間には相関係数 $r=0.7155$ でやや強い相関が見られた。つまり、滑らかでない判断されたものは好ましさの程度も悪くなる傾向にあった。

③官能検査による品質評価

試料ブディングの外観、テスチャーおよび総合評価の項目について試料Cを対象として、パネル18名(9名×2回くりかえし)に評点をつけてもらった結果および一元配置法による分散分析結果を表7に示した。これより分散比( $F_0$ )が $F_{85}^4(0.05) \div 2.49$ より大であり、明らかに差があった

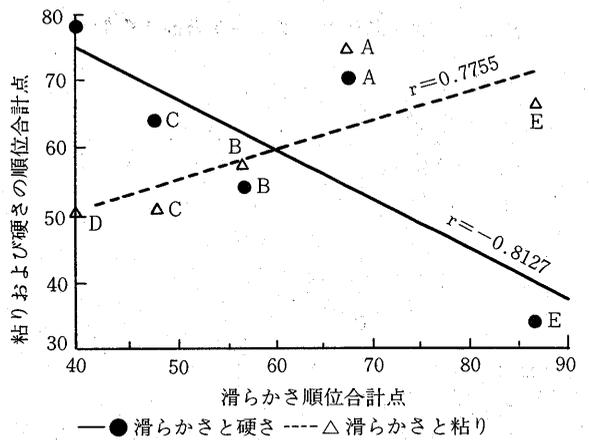


図4 感覚評価における滑らかさと粘りおよび硬さの相関

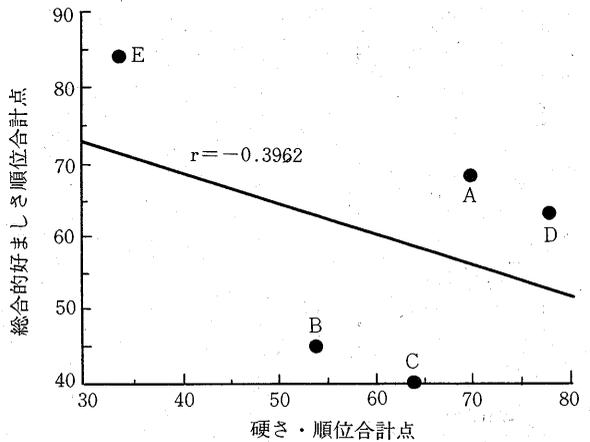


図5 感覚評価における硬さと総合的好ましさとの相関

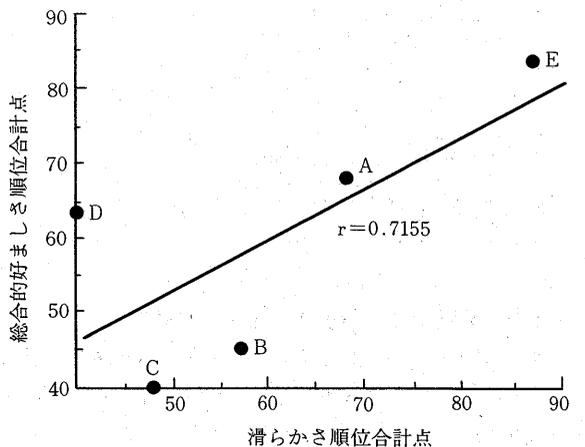


図6 感覚評価における滑らかさと総合的好ましさとの相関

表7 官能検査：評点法による品質特性評価

(検査員18名 試料数5)

外 観

	A	B	C	D	E
+2をつけた人数	1	3	0	0	0
+1 "	6	4	0	3	1
0 "	4	8	0	4	2
-1 "	5	3	0	6	9
-2 "	2	0	0	5	6
合計点(A <sub>t</sub> )	-1	7	0	-13	-20
平均点( $\bar{A}_t$ )	-0.06	0.39	0	-0.72	-1.11

テクスチャー

	A	B	C	D	E
+2をつけた人数	2	3	0	1	0
+1 "	5	9	0	6	1
0 "	4	4	0	2	1
-1 "	7	2	0	6	9
-2 "	0	0	0	3	7
合計点(A <sub>t</sub> )	2	13	0	-4	-22
平均点( $\bar{A}_t$ )	0.11	0.72	0	-0.22	-1.22

総合評価

	A	B	C	D	E
+2をつけた人数	2	4	0	1	0
+1 "	5	8	0	5	2
0 "	3	4	0	3	1
-1 "	7	2	0	4	6
-2 "	1	0	0	5	8
合計点(A <sub>t</sub> )	0	14	0	-7	-20
平均点( $\bar{A}_t$ )	0	0.78	0	-0.39	-1.11

検定 (分散分析表)

要 因	平方和 S	自由度 DF	不偏分散 VAR	分散比 FO	検定
試料間	26.2889	4	6.5722	7.9115	**
誤 差	70.6111	85	0.8307		
合 計	96.9				

$F_{85}^{\%}(0.05) \approx 2.49$   $F_{85}^{\%}(0.01) \approx 3.5$

検定 (分散分析表)

要 因	平方和 S	自由度 DF	不偏分散 VAR	分散比 FO	検定
試料間	36.0444	4	9.0111	10.695	**
誤 差	71.6111	85	0.8425		
合 計	107.6555				

$F_{85}^{\%}(0.05) \approx 2.49$   $F_{85}^{\%}(0.01) \approx 3.5$

検定 (分散分析表)

要 因	平方和 S	自由度 DF	不偏分散 VAR	分散比 FO	検定
試料間	33.9556	4	8.4889	8.2779	**
誤 差	87.1667	85	1.0255		
合 計	121.1223				

$F_{85}^{\%}(0.05) \approx 2.49$   $F_{85}^{\%}(0.01) \approx 3.5$

ので、各試料間の差の検定をした(表8)。

その結果、蒸し加熱法はオープン加熱法と比べて明らかに外観の評価が良かった。特にオープン加熱法のEは加熱時間が長い為、表面の滑らかさおよび食したときの硬さと滑らかさに劣ってい

たようである。ブディングとしてのテクスチャーに於いても蒸し加熱法の評価の方が良かった。外観とテクスチャーの評価の傾向が同じであり、総合評価に於いても蒸す方の評価点が有意に高かったが、特に急速加熱法C(100℃4分+余熱4分)

表 8 品質評価における試料間の差の検定

項目	A	B	C	D	E
外 観	(0.06)	(0.39)	(0)	(-0.72)	(-1.11)
テクスチャー	(0.17)	(0.72)	(0)	(-0.22)	(-1.22)
総合評価	(0)	(0.78)	(0)	(-0.39)	(-1.11)

LSD=0.755  
( ) 評点平均値

が良い結果であった。

以上より、蒸し助熱における急速加熱法は温度管理の必要がなく、加熱時間を正確に測ることで失敗なく良質の製品が得られることが今回の機器測定および官能検査からも裏付けられた。

#### 4 まとめ

希釈卵液の熱凝固性を利用した代表的調理であるカスタードプディングについて、加熱条件を変え、物性値および感覚評価の両面から検討した。蒸し加熱法としては急速加熱法2種と緩慢加熱法1種、オープン加熱法2種の計5種類について、レオロダイナレコーダーおよびカードメーターによる機器測定および官能検査を行った結果以下の結論を得た。

1) 卵液加熱中の内部温度は、5種類の方法とも90℃以下であり、良好なプディングが得られる条件にあった。

2) 機器測定ではA、Dが特に柔らかく、粘稠度も少なかった。Cは弾力性、咀嚼性が大きく、Eが最も硬かった。

3) 官能検査では、B、Cが5種のプディングの中で有意に好まれ、Eが好まれなかった。

4) 外見、テクスチャー両面から判断した総合評価では蒸し加熱法の評価が良く、特に急速加熱(加熱時間4分、余熱4分)が有意に良いと評価された。

#### 引用文献

- 1) 山脇芙美子：お茶の水女子大学付属高校紀要, 7, 76 (1961)
- 2) 内島幸江, 赤池節代：名古屋女子大学紀要, 12, 135 (1981)
- 3) 布施静子, 富山アイ子, 松元文子：家政誌, 28, 264 (1977)
- 4) 山崎小万, 白鳥玲子, 岩崎節子：文化女子大学研究紀要, 11, 229 (1980)
- 5) 山崎小万, 岩崎節子, 尾上千加世, 畠山紀子：文化女子大学研究紀要, 12, 123 (1981)
- 6) 管千代子, 小岩千晶：神戸女子大学紀要, 12, 135 (1981)
- 7) 山崎清子, 島田キミエ：調理と理論, 294, 同文書院 (1983)
- 8) 川端晶子他：最新調理学実験, 107, 学建書院 (1986)