

# クリームの種類および配合がカスタードプディングの構造に及ぼす影響

峯木真知子, 棚橋伸子, 渡邊康一\*

(東京医療保健大学医療栄養学科, \*東北大学大学院農学研究科)

原稿受付平成 18 年 3 月 3 日; 原稿受理平成 18 年 7 月 14 日

## Effects on the Microstructure of Custard Pudding from the Components of Cream and Different Types of Cream

Machiko MINEKI, Nobuko TANAHASHI and Kouichi WATANABE\*

*Division of Medical Nutrition, Tokyo Health Care University, Setagaya-ku, Tokyo 154-8568*

*\*Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University, Sendai 981-8555*

The consumer preference for custard pudding has changed to a soft type using cream and yolk. This study investigates the microstructure of pudding samples prepared with different proportions of milk, milk cream, vegetable cream, whole egg, and egg yolk. The respective diameters of fat particles of the milk, milk cream, and vegetable cream were  $0.63 \pm 0.12 \mu\text{m}$ ,  $2.64 \pm 0.18 \mu\text{m}$ , and  $2.02 \pm 0.18 \mu\text{m}$ . The samples made with cream were harder than those made with milk. The distribution pattern of protein and fat in the pudding samples was clearly identified by using the protein-fat double-staining method. Protein in the pudding formed a reticular structure, while the fat particles were distributed throughout the protein mesh. The samples made with milk had very small evenly distributed fat globules ( $0.9 \mu\text{m}^2$  in cross-sectional area). The samples made with milk and vegetable cream contained many fat particles which were large, partly fused, and unevenly distributed. The fat droplets of vegetable cream were highly aggregated and less dispersed in the pudding samples than the fat globules of milk cream. These results will be useful in formulating the composition of commercial custard pudding.

(Received March 3, 2006; Accepted in revised form July 14, 2006)

**Keywords:** custard pudding プディング, hen's egg 鶏卵, milk cream 乳脂肪クリーム, microstructure 組織構造, protein-fat double-staining method タンパク質・脂肪二重染色, rupture stress 破断応力.

### 1. 緒言

市販のカスタードプディング (以下プディング) は, ミルクプリンタイプ<sup>1)</sup> から蒸しプリンタイプに移行し, 1993 年頃からは, 本格的な焼きプディングが一般化して販売されるようになった. 近年では, 卵黄とクリームで作るやわらかなテクスチャーのプディングなど多種多様なものが市販され, 消費者に好まれている. そこで, 私達はプディングに対する嗜好が変化していると考え, アンケートによる嗜好調査を行った結果<sup>2)</sup>, 現在好まれるプディングは, 「なめらか」で「やわらかい」テクスチャーをもち, しかもクリーム風味のものであった<sup>3)4)</sup>. 著者はプディングのおいしさと組織構造の関連について, パラフィン切片を用いて検討し

てきた<sup>5)6)</sup>. プディングのテクスチャーには, 卵のたんぱく質から構成される網状構造の細かさおよび密度, 空隙の状態が影響していたが, 牛乳および卵黄の脂肪の挙動については検討していない. 下坂ら<sup>7)</sup> は乳脂肪クリームと植物性脂肪クリームを牛乳の一部に用いて, プディングを調製し, その物性が添加量に応じて異なり, 脂肪球の大きさが異なることを報告している. しかし, クリーム<sup>8)</sup> のプディングにおけるたんぱく質と脂肪の構造については明らかではない. そこで, 全卵, 卵黄と牛乳, 乳脂肪クリーム, 植物性脂肪クリームを用い, 組成を変えたモデルプディングを調製し, その組織構造を観察して, たんぱく質と脂肪の様態を捉えた.

## 2. 実験方法

### (1) 試料

卵黄とクリームを使用したプディングの調理特性を知るために、全卵、牛乳、クリーム<sup>9)</sup>2種（乳脂肪クリーム、植物性脂肪クリーム）、上白糖を用いて、9種のプディング試料（A-I）を調製した（Table 1）。

市販のプディング4種（a-d）も試料に用いた（Table 2）。

### 1) 材料

材料は、市販鶏卵（茨城産、白色レグホーン種鶏卵産卵3日以内）、上白糖（スプーン印、(株)新三井製糖）、牛乳（全国農協直販(株)、成分無調整牛乳、乳脂肪3.7%）、乳脂肪クリーム（名古屋製酪(株)、スジャータ純乳脂40：動物性脂肪分40.0%）、植物性脂肪クリーム（(株)東京めいらく、商品名スジャータホイップ：植物性脂肪分45.0%）であった。

### 2) 配合

調製試料は、全卵または卵黄50g、牛乳またはクリーム125g、上白糖35gを使用した。

Table 1に示す通り、A試料は、砂糖を加えず、全卵と牛乳のみで調製したもので、B試料はこれに砂糖を加えた一般的な配合で、C試料は卵黄を用いた。D

およびE試料は牛乳の代わりに植物性脂肪クリームを使用し、D試料は全卵、E試料は、卵黄を用いた。FおよびG試料は、乳脂肪クリームを用い、F試料は全卵、G試料は卵黄を使用した。HおよびI試料は、牛乳の半量を乳脂肪クリームに置き換え、H試料は全卵で、I試料は卵黄で調製した。

### (2) 調製方法

鶏卵は割卵後計量し、泡立て器を用いて15回攪拌した。卵黄は、割卵後卵黄分離器で卵白と分離して用いた。牛乳および上白糖は計量後混ぜてから、40℃に温めた。これを卵液に加えて漉した。クリームを使用したプディングでは温めずに上白糖を加えて混ぜた。これらの調製した卵液が室温（25℃）になった後、100mlのビーカーに70gずつ計量した。焼成方法は160℃に設定したガスの強制対流式オーブンで天板に熱湯を800ml（30×25×1.8cm）入れた状態で約30分間加熱した。加熱後は水で急冷し、ラップで覆った状態で冷蔵庫に20時間保管した。

### (3) テクスチャー測定

調製試料ならびに市販プディングは、各容器に入った状態で、プランジャーP-22型ヨーグルトナイフを用いて、レオナーRE3305（(株)山電）で破断試験を行

Table 1. Composition of pudding samples and their components with different proportions of milk, milk cream, vegetable cream, whole egg and egg yolk

Sample	Material (g)					
	Whole egg	Yolk	Sugar	Milk	Milk cream	Vegetable cream
A	50		0	125		
B	50		35	125		
C		50	35	125		
D	50		35			125
E		50	35			125
F	50		35		125	
G		50	35		125	
H	50		35	62.5	62.5	
I		50	35	62.5	62.5	

Table 2. Name and indicated ingredients of pudding samples on the market

Sample	Name	Contents
a	とろけるプリン	不明
b	カスタードプリン	不明
c	プリン	牛乳・鶏卵・香料
d	やわらかプリン	卵・牛乳・砂糖・クリーム・カラメル・香料・増粘多糖類

## クリームの種類および配合がカスタードプディングの構造に及ぼす影響

い<sup>2)3)</sup>, 破断応力を測定した。測定条件は, 測定歪率 100%, 測定速度 1.0 mm/s, 接触面積 114 mm<sup>2</sup>, ロードセル 2 kg で行った。試料は 20 時間保管した試料を冷蔵庫から取り出した後に直ちに測定した。統計処理は一元配置分散分析を用いた (有意水準 5%)。

## (4) 水分測定

調製プディングの中央部分から 10 g の試料を取り出し, アルミホイル上に薄く伸ばし, 赤外線水分計 (ケット社製, FD 600) を用いて, 115℃, 60 分の条件で水分含有率を測定した。

## (5) 牛乳およびクリームの脂肪球の粒子の計測

脂肪球の大きさを確認するために, 牛乳および乳脂肪クリームおよび植物性脂肪クリームを試料として用い, その脂肪球の粒子の大きさをレーザー回折式粒度分布測定装置 (島津 SALD-2000J) で測定した。統計処理は一元配置分散分析を用いた (有意水準 5%)。

## (6) 組織観察

各試料の中央部分から 10 mm 角に試料を切り出し, Baker のホルマリンカルシウム液 (10%ホルマリン・1%塩化カルシウム水溶液) により固定した。固定後, 1%アラビアゴム・8~16%シュクロース液に浸漬し, OCT コンパウンド凍結包埋を行い, クリオスタットで 10 μm の凍結切片を作製した。

染色は, 長縄ら<sup>9)</sup>が考案した, アクロレイン・チオニンシッフ反応とオイルレッド O 染色によるタンパク質・脂肪二重染色法を行った。この染色でタンパク質が青色に, 脂肪は赤色に染色される。染色後, 水溶性封入剤 (アクアテックス, メルク社) を用いて封入を行い, その後, 光学顕微鏡で観察を行った。

## (7) 画像解析

得られたプディングおよび市販プディングの脂肪染色顕微鏡画像から, 赤く染色された脂肪球および脂肪滴の断面積, 画面全体に対する脂肪の占める比率 (脂肪面積比率) を画像処理 (Scion Image, Scion Corporation 社) により計測した。統計処理は一元配置分散分析を用いた (有意水準 5%)。

## 3. 実験結果

## (1) 調製プディングの破断特性

調製したプディングの破断応力では, E 試料 (卵黄と植物性脂肪クリーム) が  $8.7 \times 10^4$  Pa で最も高い値を示し, 砂糖のっていない A 試料 > D 試料 (全卵と植物性脂肪クリーム) > G 試料 (卵黄と乳脂肪クリーム) > F 試料 (全卵と乳脂肪クリーム) > I 試料 (卵

黄と乳脂肪クリーム半量) > H 試料 (全卵と乳脂肪クリーム半量) > B 試料 (全卵と牛乳) > C 試料 (卵黄と牛乳) であった。I と H 試料 (乳脂肪クリーム半量) は, 乳脂肪クリームのみ G・F 試料より有意に低かったが ( $p < 0.05$ ), I と H 試料の間に有意な差異はなかった。牛乳使用の B, C 試料は他の試料に比べ有意に低い値であった (Fig. 1)。

クリームを使用した試料の破断応力は, いずれも植物性脂肪クリーム > 乳脂肪クリーム > 乳脂肪クリーム・牛乳を用いた試料の順であった。

牛乳を用いた試料を除いて, 全卵と卵黄の試料を比較すると, 卵黄を用いた試料の方がいずれも破断応力

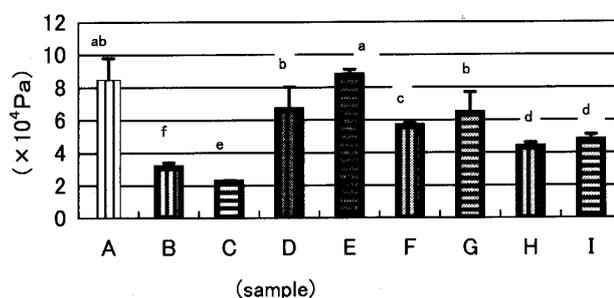


Fig. 1. Rupture stress of the pudding samples made with different proportions of milk, milk cream, vegetable cream, whole egg and egg yolk

A: whole egg+milk, B: whole egg+milk+sugar, C: yolk+milk+sugar, D: whole egg+vegetable cream+sugar, E: yolk+vegetable cream+sugar, F: whole egg+milk cream+sugar, G: yolk+milk cream+sugar, H: whole egg+milk+milk cream+sugar, I: yolk+milk+milk cream+sugar. <sup>a-f)</sup> Means marked by different letters in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ).  $n = 5$ .

Table 3. Water content of the puddings samples

Sample	Water content (%)
A	80.0 ± 5.0 <sup>a</sup>
B	67.1 ± 2.3 <sup>b</sup>
C	55.9 ± 6.3 <sup>c</sup>
D	45.0 ± 4.0 <sup>d</sup>
E	44.2 ± 0.3 <sup>d</sup>
F	45.1 ± 5.6 <sup>cd</sup>
G	43.0 ± 2.1 <sup>d</sup>
H	52.0 ± 5.5 <sup>cd</sup>
I	46.0 ± 7.8 <sup>cd</sup>

Mean ± SD.  $n = 3$ . Measurement condition: 115℃, 60 min. <sup>a-d)</sup> Means marked by different letters in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ).

Table 4. Size of fat particles in milk, milk cream and vegetable cream

	Diameter of fat particles* <sup>1</sup> ( $\mu\text{m}$ )	n* <sup>2</sup>
Milk	0.63 $\pm$ 0.12 <sup>c</sup>	768
Vegetable cream	2.02 $\pm$ 0.18 <sup>b</sup>	12,500
Milk cream	2.64 $\pm$ 0.18 <sup>a</sup>	50,000

\*<sup>1</sup> Mean $\pm$ SD. \*<sup>2</sup>n: number of measured fat particles. <sup>a-c)</sup> Means marked by different letters in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ). Refractive index: 1.70-0.20i, Absorbance: 0.01-0.20.

は高かった (Fig. 1).

#### (2) 調製プディングの水分含有率

各試料の水分含有率 (Table 3) は, 砂糖無しの A 試料が 80.0% で, 牛乳を使用した B, C 試料は 67.1%, 55.9% であった.

クリームのみを使用した試料では, 全卵を使用した D・F 試料が卵黄の E・G 試料に比べて幾分高い値を示したが, 両者に有意差はなかった. また, クリームの種類の異なる試料でも水分含有率に有意差はなかった ( $p < 0.05$ ). 乳脂肪クリームと牛乳を半量使用した H・I 試料は, 牛乳を使用した試料とクリームを使用した試料の中間の値を示した.

#### (3) 牛乳およびクリームの脂肪粒子の大きさ

牛乳の脂肪球の粒子径は, 平均 0.63  $\mu\text{m}$  で小さく, 乳脂肪クリームの脂肪球の粒子径 (2.64  $\mu\text{m}$ ) は, 植物性脂肪クリームの脂肪滴 (2.04  $\mu\text{m}$ ) より幾分大きかった (Table 4). 市販されている牛乳は, 均質化して脂肪球の粒子径を 1  $\mu\text{m}$  以下にしてある<sup>10)</sup>, あるいは, 平均粒径 0.6  $\mu\text{m}$ <sup>11)</sup> と報告されているので, 今回用いた牛乳の脂肪球は平均的な大きさであった.

それらの脂肪球および脂肪滴の粒子量をヒストグラムでみる (Fig. 2) と, 牛乳では脂肪球の粒子径は 0.6~0.8  $\mu\text{m}$  のものが多く, 植物性脂肪クリームでは, 山型の分布を示した. 乳脂肪クリームでは, 粒子径の小さなものが多く, 大きい粒子が少ない傾向であった. しかし, 乳脂肪クリームでは脂肪球の粒子径が 6.8  $\mu\text{m}$  以上を示す大きいものが, 全体の約 1% 存在するのに対し, 植物性脂肪クリームでは, 0.01% 程度しかなかった. 逆に植物性脂肪の平均粒子径である 2.05  $\mu\text{m}$  以下の小さな粒子径のものは, 乳脂肪クリームでは 22.7% しかなかった.

植物性脂肪クリームは乳脂肪クリームより脂肪滴の粒子は小さく, 粒子の大きさをそろえることで, クリームの安定をよくしている<sup>11)</sup> ことがわかった.

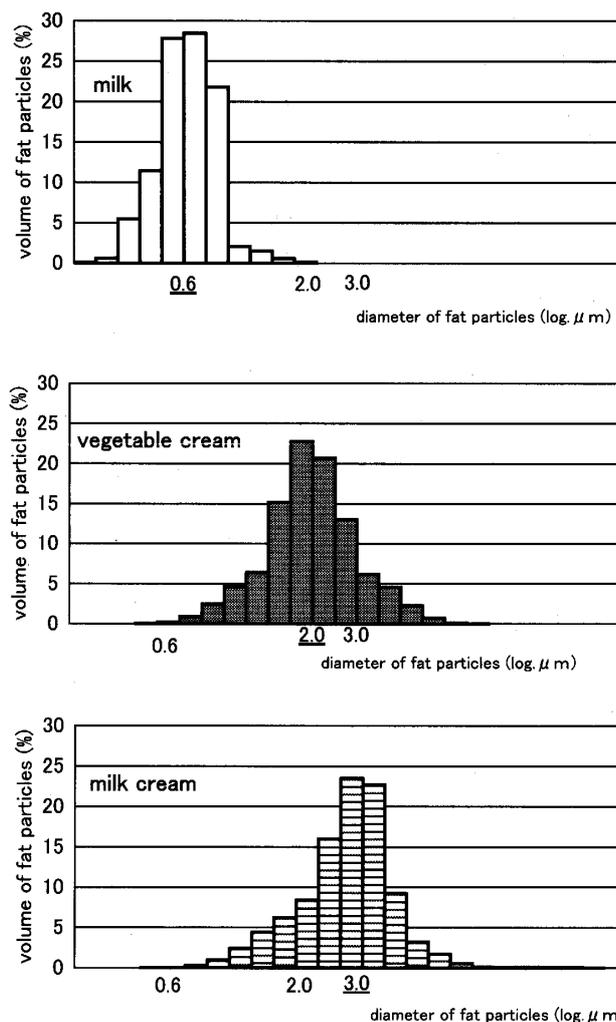


Fig. 2. Distribution of fat particles in milk, vegetable cream and milk cream

#### (4) プディングの組織構造

A 試料では, アクロレイン・チオニンシッフ反応によって青く染色されたたんぱく質の微細顆粒が一樣に分布し, 顆粒が集合したと見られる塊が散在していた (Fig. 3A). オイルレッド O によって赤く染色された脂肪は微細な脂肪球として比較的均等にしかも多

クリームの種類および配合がカスタードプディングの構造に及ぼす影響

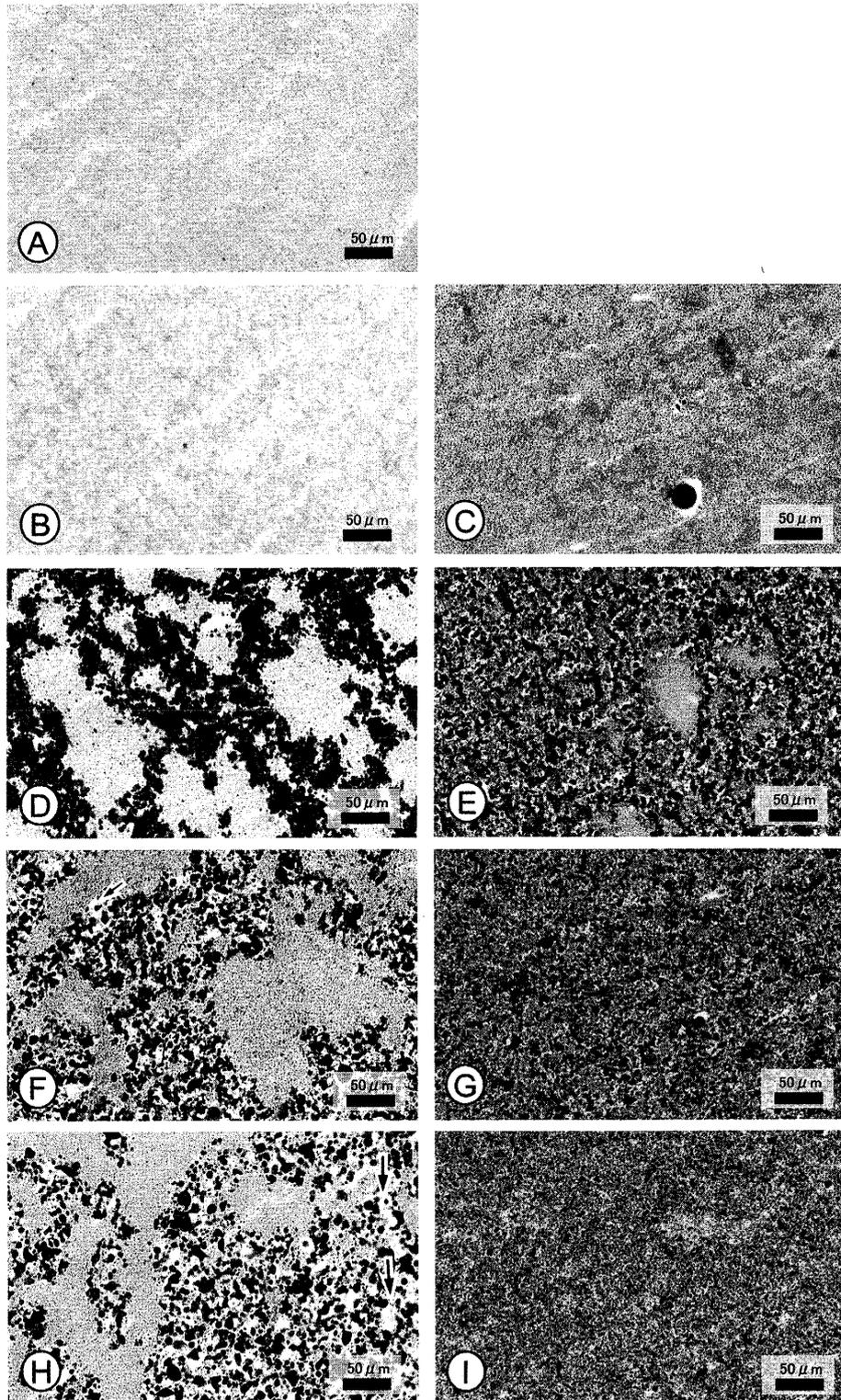


Fig. 3. Microstructure of the pudding samples by using the protein-fat double-staining method

A: A pudding (whole egg+milk), B: B pudding (whole egg+sugar+milk), C: C pudding (yolk+sugar+milk), D: D pudding (whole egg+sugar+vegetable cream), E: E pudding (yolk+sugar+vegetable cream), F: F pudding (whole egg+sugar+milk cream), G: G pudding (yolk+sugar+milk cream), H: H pudding (whole egg+sugar+milk+milk cream), I: I pudding (yolk+sugar+milk+milk cream). arrows: vocule.

量に分布していた。

1) 砂糖の有無

一般的な配合の B 試料では、たんぱく質の網状構造が砂糖の入っていない A 試料に比較して明瞭に観察され、赤く染色された脂肪は A 試料同様に均一に分布していた (Fig. 3B)。

2) 牛乳・クリームの違い

植物性脂肪クリームを使用した D 試料では、たんぱく質の網状構造中に小さな脂肪滴が比較的少なく分散した部分とそれらの間に大きな脂肪滴が多量に集合した部分に分かれて形成されていた (Fig. 3D)。

乳脂肪クリームを使った F 試料では、D 試料と同様に、脂肪球がプディング組織内に不均一に分散するが、たんぱく質の網状構造の中に分布する細かい脂肪球は、D 試料よりも多くまた均一であった。また、脂肪球集積部では、一部には融合したものもみられるが、D 試料ほど大きな融合はみられず、それぞれの脂肪球の輪郭は明瞭であった (Fig. 3F)。

乳脂肪クリームと牛乳を使用した H 試料の組織構造は D・F 試料の中間の構造を示し、組織内には水が存在したと考えられる空隙 (矢印) が多かった (Fig. 3H)。この空隙は、全卵と乳脂肪クリームを使用した F 試料にもみられた。

3) 全卵と卵黄の違い

卵黄・砂糖と牛乳を用いた C 試料は、脂肪球の赤い部分が多く、全卵の B 試料より、大きな脂肪球が

多かった (Fig. 3C)。

卵黄と植物性脂肪クリームを使用した E 試料 (Fig. 3E)、卵黄と乳脂肪クリームを使用した G 試料 (Fig. 3G) では、全卵を用いた試料と比較すると、全体にオイルレッド O の染色が強くなり、脂肪滴および脂肪球の分散状態に違いがみられた。乳脂肪クリーム使用の G 試料では脂肪球の分散が比較的均一であったが、E 試料では脂肪滴が融合して大きく、全卵を用いたものより大きな脂肪滴が多く観察された。

また、卵黄、乳脂肪クリームと牛乳を使用した I 試料は、全卵を用いた H 試料に比べ、脂肪球が赤く強染され、脂肪球の分散状態は比較的均一で、集積した部分は少なかった (Fig. 3I)。

(5) 画像解析

1) 脂肪球および脂肪滴の断面積

各試料の切片上の脂肪球および脂肪滴の断面積 (Table 5) では、全卵と牛乳を用いた A, B 試料は、いずれも  $1.1\sim 1.2\mu\text{m}^2$  で他の試料に比べて有意に小さかった。卵黄と牛乳を使用した C 試料の脂肪球の断面積は  $3.1\mu\text{m}^2$  で A, B 試料よりは大きかったが、クリームを用いた試料に比べると有意に小さかった。

植物性脂肪クリームを用いた D, E 試料の脂肪滴が、乳脂肪クリーム試料の脂肪球より大きな値を示した。特に卵黄を使用した E 試料は  $26.3\mu\text{m}^2$  で最も大きい値を示した。

全卵と乳脂肪クリームを用いた F 試料の脂肪球の

Table 5. Cross-sectional area and area ratio of fat particles in the pudding samples by an image analysis

	Cross-sectional area of fat particles* <sup>1</sup> ( $\mu\text{m}^2$ )	n* <sup>2</sup>	Area ratio of fat particles (%)	
Pudding sample	A	1.2±1.3 <sup>g</sup>	1,210	11.9
	B	1.1±1.2 <sup>g</sup>	1,210	12.9
	C	3.1±6.8 <sup>g</sup>	1,210	32.3
	D	14.9±165.9 <sup>ef</sup>	757	66.4
	E	26.3±212.9 <sup>e</sup>	1,196	67.3
	F	8.0±74.1 <sup>fg</sup>	772	45.7
	G	25.6±138.6 <sup>e</sup>	472	59.4
	H	14.8±101.3 <sup>ef</sup>	342	52.3
	I	22.2±117.4 <sup>ef</sup>	1,210	61.1
Commercial puddings	a	20.5±55.6	506	31.4
	b	0.9±1.0	1,210	8.6
	c	0.9±0.8	1,210	8.0
	d	3.0±3.8	1,210	25.6

\*<sup>1</sup> Mean ± SD. \*<sup>2</sup> n: number of measured fat particles, <sup>e-g</sup>) Means marked by different letters in the same column (A-I) are significantly different ( $p < 0.05$ ).

## クリームの種類および配合がカスタードプディングの構造に及ぼす影響

断面積は  $8.0\mu\text{m}^2$  で、牛乳を使用した試料より大きな値であったが、植物性脂肪クリーム ( $14.9\mu\text{m}^2$ ) を使用したものに比べ、小さかった。それに対し、卵黄を用いた G 試料の脂肪球の断面積は  $25.6\mu\text{m}^2$  で、卵黄と植物性脂肪クリームを使用した E 試料の断面積 ( $26.3\mu\text{m}^2$ ) と大差のない値を示した。

全卵、乳脂肪クリームと牛乳を使用した H 試料は、B (牛乳)、F (乳脂肪クリーム) 試料に比べて、脂肪球の断面積が大きくなっていった。また、卵黄、乳脂肪クリームと牛乳を使用した I 試料の脂肪球の断面積は、 $22.2\mu\text{m}^2$  で、C (牛乳)・G 試料 (乳脂肪クリーム) の間の値を示した。

## 2) 脂肪面積比

各試料の切片上の脂肪面積比をみると (Table 5)、植物性脂肪クリームを用いた E、D 試料の脂肪面積比は 66% 以上で最も高く、牛乳・乳脂肪クリームを使用した試料 > 乳脂肪クリームを使用した試料 > 牛乳を使用した試料の順であった。

砂糖無しの A 試料の脂肪面積比が 11.9% で最も低く、B 試料が 12.9% であった。

また、全卵と卵黄の試料を比べると、いずれの脂肪面積比も、卵黄を使用した試料が高い値であった。

## 4. 考 察

## (1) 調製試料の破断応力

## 1) 砂糖の効果

砂糖を使用しない A 試料と B 試料を比べると、A 試料の破断応力が高かったが、その原因としては、二つのことが考えられる。一つは、卵液濃度の差異 (A 試料 28.8%, B 試料 23.8% (w/w)) によるもので、もう一つは、砂糖を添加することにより、卵液を水和させ、コロイド分子に結合して水和性を補足させるために、やわらかいゲルが形成されたもの<sup>12)</sup> と考えられる。

## 2) 牛乳およびクリームの違い

牛乳を使用した試料は破断応力が低かった。これは、水分含有率が高いので、試料の破断応力が低いと考えた。植物性脂肪クリームを使用した試料の破断応力は高く、乳脂肪クリーム使用の試料は、植物性脂肪クリーム使用より幾分低かった。植物性脂肪クリームを使用した試料の破断応力が高いのは、今回用いた植物性脂肪クリームの脂肪含有量が乳脂肪クリームのそれより 5% 多いことが原因と考えられた。また、植物性脂肪クリームに含まれる添加剤<sup>8)</sup> の影響も考えられた。

## 3) 全卵と卵黄の違い

卵黄と牛乳を使用した C 試料は全卵の B 試料に比べて、破断応力は低かった。卵黄とクリームを使用した E、G 試料では、全卵の D、F 試料よりいずれも破断応力は高い結果を示した。これは、水分含有率が高いだけでなく、卵黄に含まれる脂肪量の増加が影響していると考えられる。下坂ら<sup>7)</sup> は、鶏卵の一部をクリームで代替したプディングでは乳脂肪クリームが硬さの低下の要因になっており、乳脂肪クリームより卵黄の影響が強いことを報告している。

そこで、試料の水分含有率 (Table 3) と破断応力 (A 試料を除いた) の関係をピアソンによる相関係数から求めると、 $r = -0.758$  ( $p < 0.05$ ) が求められ、水分含有率と破断応力には、負の相関があった。また、これらの調製プディングの材料より、食品成分表を用いて、脂肪含有率を算出すると、B 試料 4.6%, C 試料 9.3%, D 試料 29.5%, E 試料 34.2%, F 試料 26.5%, G 試料 31.2%, H 試料 15.5%, I 試料 20.3% が求められる。この脂肪推計値を用い、水分含有率と破断応力の関係を求めると、水分含有率と脂肪推計値は負の相関があり ( $r = -0.919$ ,  $p < 0.01$ )、脂肪推計値とプディングの破断応力には正の相関 ( $r = 0.937$ ,  $p < 0.01$ ) があった。

このことは、プディングの破断応力には、水分含有率と脂肪量が関与することを示している。しかも砂糖を除いた試料からこれらの関係が求められたということは、牛乳、クリームの種類、全卵、卵黄の材料にかかわらず、プディングの水分含有率の高いほど、破断応力の低い製品が得られ、脂肪分の多いほど、破断応力の高い製品が出来ることがわかった。従って、「やわらかプディング」を卵黄とクリームで調製するには、卵黄を 20% 以内 (w/v) にする必要があると考えた。

## (2) 組織構造と画像解析

## 1) 砂糖の有無

A 試料の組織構造、脂肪球の断面積を、B 試料とそれと比較すると、砂糖の添加は、脂肪球の分散に関与していないことが示唆された。

## 2) 牛乳およびクリームの違い

牛乳を用いた B 試料と C 試料はたんぱく質の網状構造に大差がなく、均一に分散した小さな脂肪球が観察された。これらは牛乳あるいは卵黄の脂肪球であると考えられる。C 試料では B 試料より大きな脂肪球が存在した。B と C 試料では、牛乳が同量なので、脂肪球の大きなものは卵黄の脂肪であると考えられる。また、画

像解析の脂肪球の断面積をみると、B 試料より平均断面積は大きくなっている。これは、卵黄に含まれる大きな脂肪球が混在したことで脂肪球の平均径を大きくした、あるいは卵黄中の脂肪と融合して大きくなったと考える。

植物性脂肪クリームと乳脂肪クリームを使用した試料では、脂肪の分散に明瞭な違いがあった。下坂ら<sup>7)</sup>は植物性脂肪クリームを一部に用いたプディングは、脂肪の多粒子が集まって凝集し、固化するためにプディングの硬さが硬くなると推察している。本研究でも、植物性脂肪クリームの脂肪滴が融合しつつ集積した部分を形成することから、この組織構造がかたさに影響するものと考えられる。

植物性脂肪クリームと乳脂肪クリームのこのような脂肪の分散状態の違いは、プディングのテクスチャーおよびなめらかさに関与すると推察する。

### 3) 全卵と卵黄の違い

卵黄を用いた試料は、脂肪分の増加に伴い、全体に赤く染まっている。全卵を使用した試料と比較すると、いずれのクリームを使用した試料の脂肪滴あるいは脂肪球の分散および分布状態は、全卵使用の試料でみられた不均一な状態より、比較的均質になっているよう

に見える。これは、卵黄に含まれるレシチンなど乳化作用が関係すると考える。卵黄の使用により、脂肪が試料全体に均一に分散した結果、いずれの試料も硬くなったと考える。

このような組織構造になる卵黄とクリームを使用した試料から、卵黄とクリームで作る「やわらかプディング」の配合では、成分および破断強度からの結果と同様に卵黄の量は、通常のプディングに比べて分量は少なくてよいことが推察された。

また、本研究では、成分値と切片上の脂肪滴および脂肪球の関連について解析を試みた。クリーム使用の試料は、いずれも脂肪球および脂肪滴が大きく、塊状あるいは集積を示し、分布が不均一であったため、画像解析における粒子として計測されたものはいずれも偏差が大きくなり、的確な結果が得られなかった。

### (3) 市販プディングへの利用

以上の観察結果に基づき、4種の市販プディングについて、組織観察 (Fig. 4)、脂肪の画像解析 (Table 5) および五訂食品成分表に準じて測定した一般分析値 (Table 6) を示した。

市販プディング a の上層部 (Fig. 4a) では、全卵と乳脂肪クリーム・牛乳の H 試料に類似した構造を

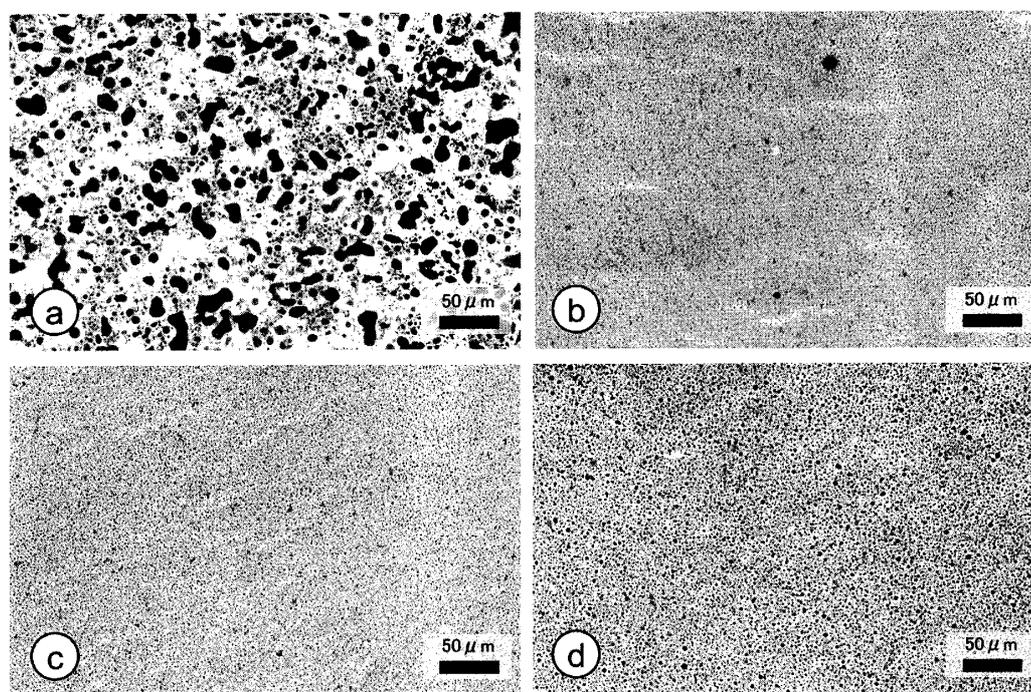


Fig. 4. Microstructure of commercial pudding samples by the protein-fat double-staining method

a: Commercial pudding (a), b: Commercial pudding (b), c: Commercial pudding (c), d: Commercial pudding (d).

クリームの種類および配合がカスタードプディングの構造に及ぼす影響

Table 6. Component value of several pudding samples on the market

Sample	Water	Protein	Lipid	Carbohydrate and other
a (upper)	43.2	3.5	40.8	12.5
a (under)	69.6	5.4	6.3	18.7
b	74.3	5.8	5.9	14.1
c	71.6	4.5	4.5	19.4
d	71.0	4.8	6.0	18.2

$n=1-2$ .

示し、空隙部分（水が存在していた部分）が多かった。また、脂肪粒子の断面積も大きいので ( $20.5 \pm 55.6 \mu\text{m}^2$ )、乳脂肪クリームの使用が推定される。

b, c プディングは、B 試料の構造に類似しており、脂肪の粒子のサイズ ( $0.9 \mu\text{m}^2$ ) も、同程度であった (Fig. 4b, c) ことから、全卵、砂糖、牛乳の配合で作製したプディングであると考えられた。b プディングは c プディングより脂肪の染色性が濃く、C 試料にも類似しているため、全卵に少量の卵黄が添加されていることが考えられた。

d プディングは、染色性から脂肪が多く（脂肪面積比 25.6%）、脂肪粒子の断面積も  $2.9 \mu\text{m}^2$  で、牛乳のみ使用の調製試料より大きい (Fig. 4d)。しかも、融合あるいは集合部分は見当たらないので、クリームだけではなく、脂肪の分散を改善する添加物（増粘多糖類など）の使用が考えられた。

以上、調製プディングの構造観察に照らし合わせるにより、たんぱく質・脂肪二重染色法を用いて、市販プディングの材料および配合の推定が可能であることが示された。

## 5. 要 約

全卵、卵黄、牛乳、植物性脂肪クリームおよび乳脂肪クリームを用いた 9 種類のプディングを調製し、クリーム、卵黄および砂糖が構造に与える影響を検討した。

1) クリームを用いた試料は、いずれも牛乳使用の試料より有意に硬く、特に植物性脂肪クリーム使用した試料は破断応力が高かった。

2) 調製試料 (A 試料を除いて) の破断応力は、試料の水分含有率と負の関係で、脂肪量とは正の関係があった ( $p < 0.05$ )。

3) 牛乳、乳脂肪クリーム、植物性クリームの脂肪粒子の直径は、各々  $0.63 \pm 0.12 \mu\text{m}$ 、 $2.64 \pm 0.18 \mu\text{m}$ 、 $2.02 \pm 0.18 \mu\text{m}$  であった。

4) たんぱく質・脂肪二重染色法による試料の構造では、牛乳のみを使用したプディングは、均等に分散した脂肪球の微小顆粒が観察された。

植物性脂肪クリームを使用した試料は、脂肪滴が融合・集積して連続的に分布し、乳脂肪クリームの試料は脂肪球が融合していたが、植物性脂肪クリーム使用の試料とは異なり、たんぱく質の網状構造内にも微細な脂肪球が多数分散していた。クリームに卵黄を添加した試料では、脂肪球および脂肪滴がより均一に分布しており、脂肪の分散に卵黄成分が作用したことが推察される。

これらの構造の差異が、テクスチャーに影響すると考える。

以上、たんぱく質・脂肪二重染色法により、クリームを用いた場合のプディング構造におけるたんぱく質と脂肪の分布様式が確認できた。また、それらの構造的特徴から、市販プディングの組成を推定することができた。

この研究の遂行に対し、森永奉仕会および旗影会より研究費を受託いたしました。深謝申し上げます。また、市販プディングの成分分析および脂肪の粒子計測の実験において、ご協力いただきましたキューピー株式会社研究所の設楽弘之氏に厚く御礼申し上げます。

なお、本研究の一部は、日本家政学会本次大会 (2003 年 5 月) および日本家政学会食品組織部会 (2003 年 9 月) において口頭発表した。

## 引 用 文 献

- 1) 浅野悠輔：第 6 章卵の利用、『卵—その科学と加工技術—』、光琳書院、東京、283 (1984)
- 2) 峯木真知子、棚橋伸子：市販プディングに対する嗜好性—アンケート調査および官能検査—、青葉学園短大紀要、**26**、31-38 (2001)
- 3) 峯木真知子、棚橋伸子：市販プディングのテクスチャーと組織構造、青葉学園短大紀要、**27**、69-75 (2002)

- 4) 棚橋伸子, 峯木真知子: 市販プディングのテクスチャー分析, 青葉学園短大紀要, **28**, 37-45 (2003)
- 5) 井戸明美, 峯木真知子: 冷凍液卵のプディングへの応用, 青葉学園短大紀要, **23**, 5-14 (1998)
- 6) 峯木真知子, 井戸明美: 冷凍液卵を攪拌したプディングの調理特性, 青葉学園短大紀要, **23**, 41-47 (2000)
- 7) 下坂智恵, 杉山静代, 熊谷佳代子, 木下朋美, 市川朝子, 下村道子: カスタードプディングの嗜好性と物性に及ぼすクリーム添加の効果, 日調科誌, **37**, 344-351 (2004)
- 8) 西谷紹明: 『動物資源利用学』, 文永堂出版, 東京, 105 (1998)
- 9) 長縄貴直, 渡邊康一, 神崎文次, 太田智章, 虻川久美子, 細野明義, 山口高弘: *Milk Science*, **51** (1), 33-37 (2002)
- 10) 水谷令子: 『動物性食品』 (下村道子, 橋本慶子編), 朝倉書店, 東京, 140-141 (1993)
- 11) 上野川修一, 菅野長右エ門, 細野明義: 『ミルクのサイエンス』, 全国農協乳業プラント協会, 205, 227-229, 232 (1994)
- 12) 田名部尚子: 『卵の調理と健康の科学』, (佐藤 泰ら編), 弘学出版, 川崎, 122 (1989)