

発表番号 52 (0346)

## ジアシルグリセロールの乳化特性に及ぼす塩類の影響

助成研究者：大橋きょう子（昭和女子大学生生活科学部）

【目的】 食塩(塩化ナトリウム)は、塩味の呈味物質として不可欠であり、塩味調味料の中の主要成分である。現在、塩化ナトリウム以外の塩類を混合した種々の市販食用塩が利用されている。本研究は、種々の塩類がジアシルグリセロール(DAG)の乳化特性に及ぼす影響を明らかにする事を目的とした。水相と油相のみから成る単純乳化系と、マヨネーズを模した水中油滴型濃厚エマルジョン系の2つの系を設定し、DAGの乳化性に及ぼす塩類の影響をトリアシルグリセロール(TAG)と比較検討した。

【方法】 試料として、脂肪酸組成をほぼ同一に調整したTAGおよびDAGを用いた。塩類として、NaCl、KCl、CaCl<sub>2</sub>、MgCl<sub>2</sub>、CaSO<sub>4</sub>、MgSO<sub>4</sub> および市販食用塩6種を用いた。

1) 単純乳化系：水相として、4種類(NaCl、KCl、CaCl<sub>2</sub>、MgCl<sub>2</sub>)の塩の0、0.025、0.05、0.1、0.25、0.5M水溶液を用い、水相10ml、油相10ml、計20mlをホモジナイザーで10,000rpm、5分間攪拌、乳化させ、流動特性(コーンプレート型回転粘度計)および粒子径(顕微鏡・画像解析)を測定した。試料を70°Cで静置・保存し、乳化層、油層および水層の経時的変化を測定し、乳化安定性を評価した。

2) 濃厚エマルジョン系：油相比率70%、水相比率30%(卵黄:3.5%酢酸水溶液(v/v)=1:1)を基本組成とし、水相に対して1.65および3.3%(w/v)の塩類を単独または混合したものおよび市販食用塩を添加して15mlとし、そこへ試料油35mlを0.06ml/secの速度で滴下しつつ、ホモジナイザーで6,000rpm、10分間攪拌、乳化させた。エマルジョンの流動特性(コーンプレート型回転粘度計)および粒度分布測定(レーザー回折式粒度分布測定装置)を行った。

## 【結果】

- 1) 単純乳化系：TAGはいずれも調製後直ちに分離した。DAGはすべてW/O型であり、すべての塩はDAGの粘性および乳化安定性を高めた。その効果は塩濃度が高い程、また1価よりも2価の塩において大きく、顕著であった。いずれの場合においても平均粒子径に差は見られなかった。
- 2) 濃厚エマルジョン系：塩類の添加はエマルジョンの粘度を有意に高め、平均粒子径の小さいエマルジョンを形成した。両試料油ともに塩化物イオンを含む2価の塩の影響が大きかった。特にDAGエマルジョンにおいて、CaCl<sub>2</sub> 3.3%(w/v)添加ではDAGの流動曲線は、TAGとは全く異なる挙動を示し、低ずり速度でずり応力は急激に低下し、エマルジョンの構造破壊が認められた。このような乳化挙動が異なった理由については、今後の課題である。



20

助成番号 0346

## ジアシルグリセロールの乳化特性に及ぼす塩類の影響

大橋きょう子 (昭和女子大学生生活科学部)

### 1. 研究目的

食塩(塩化ナトリウム)は、塩味の呈味物質として不可欠であり、塩味調味料の中の主要成分である。食塩の味は、ナトリウムイオンと塩化物イオンに起因するが、最近では塩化ナトリウム以外に種々の塩類(塩化カリウム、塩化カルシウム、塩化マグネシウム、硫酸カルシウム、硫酸マグネシウムなど)が、様々の割合で含まれている食用塩が数多く市場に出回っている。また、高血圧等の予防の目的から、ナトリウム塩の過剰摂取を押さえるために、塩化ナトリウムの一部を塩化カリウムで代替した食用塩も利用されるなど、消費者の多様なニーズによりその需要は増加しつつある。

助成研究者は、これまでにジアシルグリセロール(DAG)で調製したマヨネーズ様水中油滴型濃厚エマルションは、一般の食用油であるトリアシルグリセロール(TAG)のそれに比べて平均粒子径が小さく、粘度が高いことを認めた<sup>1)</sup>。さらに、マヨネーズ様水中油滴型濃厚エマルションに、調味料として食塩を添加することにより、エマルションの乳化性はDAG、TAG共に増加したが、特にDAGエマルションにおいては少量添加で著しく粘度が増大する事を見出した<sup>2)</sup>。以上より塩類は、DAGの乳化特性に対して大きく影響すること、およびその影響は塩の種類によって異なること<sup>3)</sup>が示唆された。

そこで、本研究ではDAGエマルションの乳化性に及ぼす塩の種類による影響を明らかにする事を目的とした。油相と水相のみから成る単純乳化系と、マヨネーズを模した濃厚水中油滴型エマルション系の2つの系を設定し、DAGの乳化性に及ぼす塩類の影響をTAGと比較検討した。

### 2. 研究方法

#### 2.1 試料

脂肪酸組成、トコフェロール含量をほぼ同一にそろえた調整TAGおよびDAGを試料油とした(Table 1)。TAGの原材料はサフラワー油、菜種油およびしそ油、DAGのそれは大豆油および菜種油であり、花王株式会社で調製、ご提供いただいた。入手後、実験に供するまで4℃の低温室に保存した。

塩類として塩化ナトリウム、塩化カリウム、塩化カルシウム、塩化マグネシウム(いずれも試薬特級、和光純薬製)の4種を用いた。また、塩化ナトリウムの10%(w/v)を塩化カリウム、塩化カルシウム、塩化マグネシウムおよび硫酸マグネシウムで代替した10%代

替塩 4 種類と、塩化カリウムで代替した 60%代替塩を用いた。市販食用塩として塩化ナトリウム、塩化カリウム、塩化カルシウム、塩化マグネシウム、硫酸マグネシウムおよび硫酸カルシウムの各塩類を最大量含有する 6 種類<sup>4)</sup>を用いた (Table 2)。酢酸は試薬特級、和光純薬製を用い、卵黄は採卵後 2 日間<sup>5)</sup>に保存した鶏卵を割卵、卵黄を分離して用いた。塩類は、塩化ナトリウム、塩化カリウム、塩化カルシウム、塩化マグネシウム、および硫酸マグネシウムの 5 種類とした。

## 2.2 エマルションの調製

### 2.2.1 単純乳化系

各塩類 0、0.05、0.1、0.2、0.5M 水溶液 10ml、油 10ml、計 20ml をホモジナイザー ED-2 型 (日本精機製作所製) で 10,000rpm、5min 攪拌・乳化後、直ちに 10ml 容共栓付試験管に入れ、70℃ に設定した恒温乾燥器 SS-K-300 型 (ISUZU 製) に静置・保存した。油は乳化分離状態の観察を容易にするためズダン (関東化学製) 0.05% (w/v) で染色して用いた。調製したエマルションの乳化層、油層および水層の経時変化を 5 分置きに観察・測定した。

残りのエマルションを用いて、流動特性をコーンプレート型回転粘度計 TV-20 型 (東機産業製) で測定し、流動解析ソフト VA2000 (東機産業製) で解析した。粒度分布測定をシステム生物顕微鏡 BX41 (オリンパス光学製) で測定し、画像解析ソフト WinRoof、(三谷商事製) で解析した。測定はいずれも 20℃ で行った。

### 2.2.2 濃厚エマルション系

油相比率 70%、水相比率 30% (卵黄 : 3.5% (v/v) 酢酸水溶液 = 1 : 1) を基本組成とし、の塩類 (単独、代替塩および市販食用塩) の濃度は、水相に対して 0、1.65 および 3.3% (w/v) とした。水相 15ml に、試料油 35ml を 0.06ml/sec の速度で滴下しつつ、ホモジナイザー ED-2 型 (同上) で 6,000rpm、10min 攪拌、乳化させた。得られたエマルションは 5℃ で 3 日間保存後、20℃ でエマルションの流動特性をコーンプレート型回転粘度計 TV-30 型 (東機産業製) および粒度分布測定をレーザー回折式粒度分布測定装置 SALD 2100 型 (島津製作所) を用いて粒度分布および平均粒子径を測定した。平均粒子径は全粒子数  $n$  個のうち、小さい方から  $n/2$  番目の粒子の直径であるメジアン径で表した。

## 3. 研究結果

### 3.1 単純乳化系

#### 3.1.1 乳化安定性

TAG で調製したエマルションは、塩の種類にかかわらず、全て調製後直ちに水層と油層に分離した。一方、DAG で調製したすべてのエマルションは、油中水滴型エマルションと

なり、乳化状態が保持された。この試料を 70 ℃ の恒温乾燥器内に静置し、エマルションの乳化層の変化を測定した。Fig.1 に分離した水層体積の経時変化を示した。

無添加すなわち油と水のみエマルションは、調製後 22 分で少しずつ水層が表われ始め（分離開始）、およそ 30 分後には完全に油層と水層に分離した。（Fig.1-a）

0.025M の塩化ナトリウム溶液では分離開始は遅くなり、0.05M および 0.1M では、さらに乳化安定性が高くなった。濃度 0.5M 溶液では、エマルション調製後およそ 220 分後に完全に油層と水層に分離した。

塩化カリウムも、無添加のもの比べて、濃度に依存して乳化安定性が高くなった。しかし、塩化ナトリウムほどの効果は見られず、すべての塩濃度で分離開始時間が速く、塩化カリウムによる乳化安定性は塩化ナトリウムよりも低い傾向を示した。（Fig.1-b）

2 価の塩である塩化マグネシウムは塩化ナトリウムと同様、無添加に比べて 0.025M で安定性が顕著に向上し、0.05M で更に安定になったが、それ以上濃度が上昇しても、安定性の向上に大きな効果は見られなかった。（Fig.1-c）塩化カルシウムについても、ほぼ同様の傾向を示し、特に 0.5M では水層があらわれ始めてから油層と水層に完全に分離するまでに、およそ 270 分を要した。（Fig.1-d）

エマルションの乳化安定性には粘度と粒子径が関与し、一般に乳化安定性の高いエマルションは粘度が高く、粒子径が小さいことが知られている<sup>5)</sup>。そこで、流動特性と粒度分布の測定を行った。

### 3.1.2 流動特性

いずれの試料も流動履歴曲線において上昇カーブと下降カーブの差はほとんどなく、チキソトロピー性は認められなかった。この上昇カーブを流動解析ソフトで解析し、粘性係数( $K$ )を算出し、両エマルションを比較した。その結果を Fig.2 に示した。

塩の添加により粘性係数は顕著に大きくなり、塩濃度に依存して増加した。塩化ナトリウムと塩化カリウムの間には差は見られなかったが、1 価の塩と比べて 2 価の塩の方がいずれの濃度においても粘性係数は高いことが認められた。

### 3.1.3 粒度分布

塩濃度 0.1M と 0.5M 溶液エマルションの平均粒子径の結果を Fig.3 に示した。塩の添加により、いずれの塩においても平均粒子径は無添加のものよりも小さくなった。しかし、乳化安定性は塩濃度に依存して顕著に高かったにもかかわらず、平均粒子径は小さくならず、また塩の種類によりその差にバラツキが大きく、有意差は認められなかった。

以上のことから、塩水溶液で調製した DAG エマルションは塩無添加に比べて、エマルションの粘性係数は大きく粒子径は小さかった。いずれの塩類もエマルションの乳化性を高め、粘度は増大した。しかし、粒子径においては塩の種類による差はほとんど見られな

かったことから、乳化安定性には粒子径以外の他の要因が関与しているものと考えられた。

## 3.2 濃厚エマルション系

### 3.2.1 単独塩の添加

#### 3.2.1.1 流動特性

各試料エマルションの流動特性の結果を、Fig.4 に示した。塩無添加の場合は、TAG、DAG とともに上昇カーブと下降カーブとの差はほとんどなかった (Fig.4-a) が、塩化ナトリウム添加エマルションのずり応力 (Fig.4-b) は、無添加のそれ (Fig.4-a) と比べて TAG、DAG とともに大きくなった。特に塩化ナトリウム 3.3% (w/v) 添加 DAG エマルションのずり応力は、ずり速度  $20[\text{s}^{-1}]$  で顕著に増大した。

塩化カリウム添加も、エマルションのずり応力を増加させたが、その程度は塩化ナトリウムに比べてやや小さく (Fig.4-c) 3.3% (w/v) 添加では DAG において添加濃度の影響が小さく、TAG エマルションとの差も小さかった。

塩化カルシウムを添加した TAG エマルションのずり応力は (Fig.4-d) 塩化ナトリウムや塩化カリウム添加に比べて顕著に高い値を示し、その効果は塩濃度に依存した。一方、DAG に対しては全く異なる影響が見られた。すなわち、3.3% (w/v) 添加における上昇カーブでは、ずり速度  $5[\text{s}^{-1}]$  近辺からずり応力が低下した。このような挙動は、エマルションの構造が破壊されたことを示している<sup>6)</sup>。1.65% (w/v) 塩化カルシウム添加ではこのようなずり応力低下は見られなかったが、DAG エマルションのずり応力は、低ずり速度で TAG のそれより大きいものの、 $40[\text{s}^{-1}]$  以上では TAG に比べて小さくなった。

塩化マグネシウム添加 (Fig.4-e) では、TAG、DAG とともにずり応力が増大し、その程度は塩濃度が高いエマルションにおいて大きかった。

硫酸マグネシウム添加 (Fig.4-f) の影響は、塩化マグネシウムに比べてごくわずかであるばかりでなく、他の塩と比べても小さかった。

いずれの濃度においても DAG は、塩類の添加により低ずり速度で TAG よりも高いずり応力を示したが、ずり速度の上昇に伴うずり応力の増加が少なかった。これは、DAG エマルションは凝集しやすく、ずり速度の上昇とともにエマルションの構造破壊が進んだものと考えられる<sup>7)</sup>。

またいずれの場合も、ずり速度の上昇時よりも下降時においてずり応力が小さく、構造破壊の復元に時間を要するチキソトロピー現象を示した。チキソトロピー性は流動履歴曲線の閉曲線の示す面積から評価することができる<sup>8)</sup>。

そこで、上昇カーブと下降カーブに囲まれた面積から算出したチキソトロピー特性値 (Th)<sup>8)</sup> を Fig.5 に示した。無添加エマルションのチキソトロピー特性値はそれぞれ  $25.4[1 \times 10^2 \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}]$  および  $32.5[1 \times 10^2 \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}]$  と小さかったが、用いた全ての塩がチキソトロピー性を高め、DAG は TAG に比べてその傾向が大きかった。また、いずれの試料において

も 3.3%(w/v)添加の方が、1.65%(w/v)添加に比べて大きい傾向にあった。特に塩化ナトリウムを 3.3%(w/v)添加した DAG エマルションのチキソトロピー特性値は他の塩類と比べて大きかった。

各エマルションの流動履歴曲線上昇カーブを流動解析ソフトにより解析し、粘性係数、流動性指数および Casson 降伏値を Table 3 に示した。DAG エマルションの粘性係数および降伏値は、ともに TAG と比べて低く、流動性指数も小さかった。塩類の添加によってエマルションの粘弾性が増す理由として、卵黄中のリポタンパク質が食塩により可溶化する<sup>9)</sup>、また塩の添加によって油水界面の構造が変化して界面張力を低下させるため<sup>10)</sup>と考えられる。しかし、TAG と DAG エマルションの乳化挙動の違い、および DAG エマルションの構造が壊れやすくなった理由については、TAG とは異なるメカニズムがあることも考えられ、更に検討が必要である。

### 3.2.1.2 粒度分布

塩添加濃度 1.65%(w/v)および 3.3%(w/v)のメジアン径および標準偏差の値を Table 4 に示した。TAG、DAG エマルションともに、いずれの場合も塩類の添加により塩無添加と比べてメジアン径は小さくなった。DAG エマルションのメジアン径は塩化カルシウム 3.3%(w/v)を除いて、TAG のそれと比べて小さかったが、標準偏差は大きく粒子径にばらつきが見られた。

塩化カルシウムは 1.65%(w/v)添加で、DAG エマルションのメジアン径は TAG よりも小さかったが、3.3%(w/v)添加ではメジアン径は 3.0 $\mu\text{m}$  と大きくなり、やや不安定なエマルションを形成した。これは同じ濃度の TAG エマルションのメジアン径 (2.8 $\mu\text{m}$ ) と比べて大きかった。

塩化マグネシウム添加では、塩化カルシウムの場合と異なり塩濃度 3.3%(w/v)で DAG エマルションの粒子径は最も小さくなった。

硫酸マグネシウムは、両エマルションともおよそ 3.2 $\mu\text{m}$ であった。

### 3.2.2 代替塩 (塩類の混合)

塩化ナトリウムの 1 部を塩化ナトリウム以外の塩類で代替した混合塩を添加したエマルションの流動特性の結果を Table 3 に示した。

塩化カリウム 10%(w/w)代替塩の DAG エマルションの粘性係数は 64.1[Pa $\cdot$ s]と低かったが、塩化カリウム 60%(w/w)代替塩では粘性係数は 88.7[Pa $\cdot$ s]と大きく、粘度の高いエマルションを形成した。塩化カリウムを単独で添加した場合の DAG のそれは 93[Pa $\cdot$ s]であり、これは TAG エマルションと異なる結果であった。

塩化カルシウム 10%(w/w)代替塩を添加した DAG エマルションは、TAG エマルションと比べて粘性係数および降伏値は小さかったが、塩化マグネシウム 10%(w/w)代替塩では

DAGの粘性係数は100[Pa·s]で、粘度の高いエマルションを形成した。一方TAGエマルションのそれは65.1[Pa·s]で混合塩の中で最も小さい値を示した。

DAGエマルションのチキソトロピー特性値は、いずれの混合塩もTAGと比べて著しく大きい値を示した(Fig.5)。塩類を単独で添加した場合に比べて、DAGの混合塩添加エマルションの粘性係数および降伏値の値は小さく、平均粒子径はやや大きくなったことから、混合塩の添加はDAGエマルションの乳化性を低下させる傾向を示した。

### 3.2.3 市販食用塩

種々の塩類を複数含む市販塩6種A~F(Table 2)を添加したエマルションの流動特性および粒度分布を検討した。いずれの市販塩もDAGエマルションの粘性係数および降伏値はTAGよりも大きく、流動性指数は小さかった(Table 3)。また粒子径は塩の添加により小さくなったが、TAGとDAGの違いによる差は認められなかった。塩化カリウム60%(w/w)を最大量含む市販塩Bを添加したDAGエマルションの粘性係数は90.1[Pa·s]で、TAGのそれよりも大きく、メジアン径は2.6 $\mu\text{m}$ で市販食用塩の中で最も小さい値を示し、乳化性の高いエマルションを形成することが認められた。一方、TAGエマルションの粘性係数は60.7[Pa·s]、メジアン径は3.1 $\mu\text{m}$ であった。

塩化カルシウムを最大量含む市販塩Cを添加したエマルションの粘性係数は、両試料油ともに最も小さかった。同じ2価の塩である硫酸カルシウムを最大量含む市販塩D、塩化マグネシウムを最大量含む市販塩Eおよび硫酸マグネシウムを含む市販塩Fを添加したDAGエマルションの粘性係数は、TAGのそれに比べて著しく大きかったが、市販塩CおよびDを添加したエマルションの粒子径は、ばらつきが大きく乳化状態はやや不安定であると考えられたが、市販食用塩の添加は、単独塩および代替塩と比べて試料油の違いによる差は少なかった。

以上のことから、カルシウムイオンおよび塩化物イオンを含む塩類は、TAGおよびDAGエマルションの乳化性に大きく影響することが認められたが、その影響はTAGとDAGでは異なった。この理由については更に検討が必要である。

## 4. 今後の課題

今回は主に塩化物イオンの影響についての結果であったが、硫化物イオンによる影響がほとんど見られなかったことから、陰イオンが乳化性に及ぼす影響についても検討する必要があると考えられる。また、DAGエマルションの乳化性には塩化マグネシウムの影響が大きいことが示唆されたが、マグネシウムイオンの影響についても今後の課題である。今回の結果が何に起因するかについては不明な点が多く、さらに検討する必要がある。



## 5. 文献

- 1) 大橋きょう子, 島田淳子, 濃厚な水中油滴型エマルションの系におけるジアシルグリセロールの乳化特性, 日調科誌, **35**, 132-138 (2002)
- 2) 大橋きょう子, 島田淳子, ジアシルグリセロールで調製したマヨネーズ様エマルションに及ぼす調味料の影響, 家政誌, **4**, 297-303 (2004).
- 3) Shimada,A,andOhashi,K.,Interfacial and emulsifying properties of diacylglycerol .Food Sci.Technol.Ras., **9**, 142-147 (2003)
- 4) 新野 靖, 西村ひとみ, 古賀明洋, 中山由佳, 芳賀麻衣子, 市販食用塩の品質 ( ), 日調科誌, **36**, 107-3 (2003).
- 5) 浅野祐一, 外山一吉, 低濃度 O/W エマルションの分散粒子径と粘度特性, 食科工誌, **45**, 435-439 (1998).
- 6) 小谷スミ子, 宮本 勲, 香西みどり, 畑江敬子, 島田淳子, 高圧処理した卵黄の流動特性, 家政誌, **51**, 905-912 (2000).
- 7) 合谷祥一, エマルションのレオロジー特性とその評価, 「機能性エマルションの技術・評価とその応用」, 角田光雄編, 第1版 (シーエムシー出版, 東京) pp.115-125(2000).
- 8) 仲濱信子, レオロジーの基礎, 食物のレオロジー測定法, 「おいしさのレオロジー」, 仲濱信子, 大越ひろ, 森高初恵共著, 第1版 (弘学出版, 神奈川), pp.5-29,30-74 (1997).
- 9) 押田一夫, マヨネーズ, ドレッシング類における食塩の役割, 日本海水誌, **48**, 216-223 (1994).
- 10) Kiosseoglou,V.D. and Sherman,P. , The infurience of egg yolk lipoproteins on the rheology and stability of O/W emulsions and mayonnaise , *Colloid Polym Sci.* ,**261** , 520-526 ,(1983)

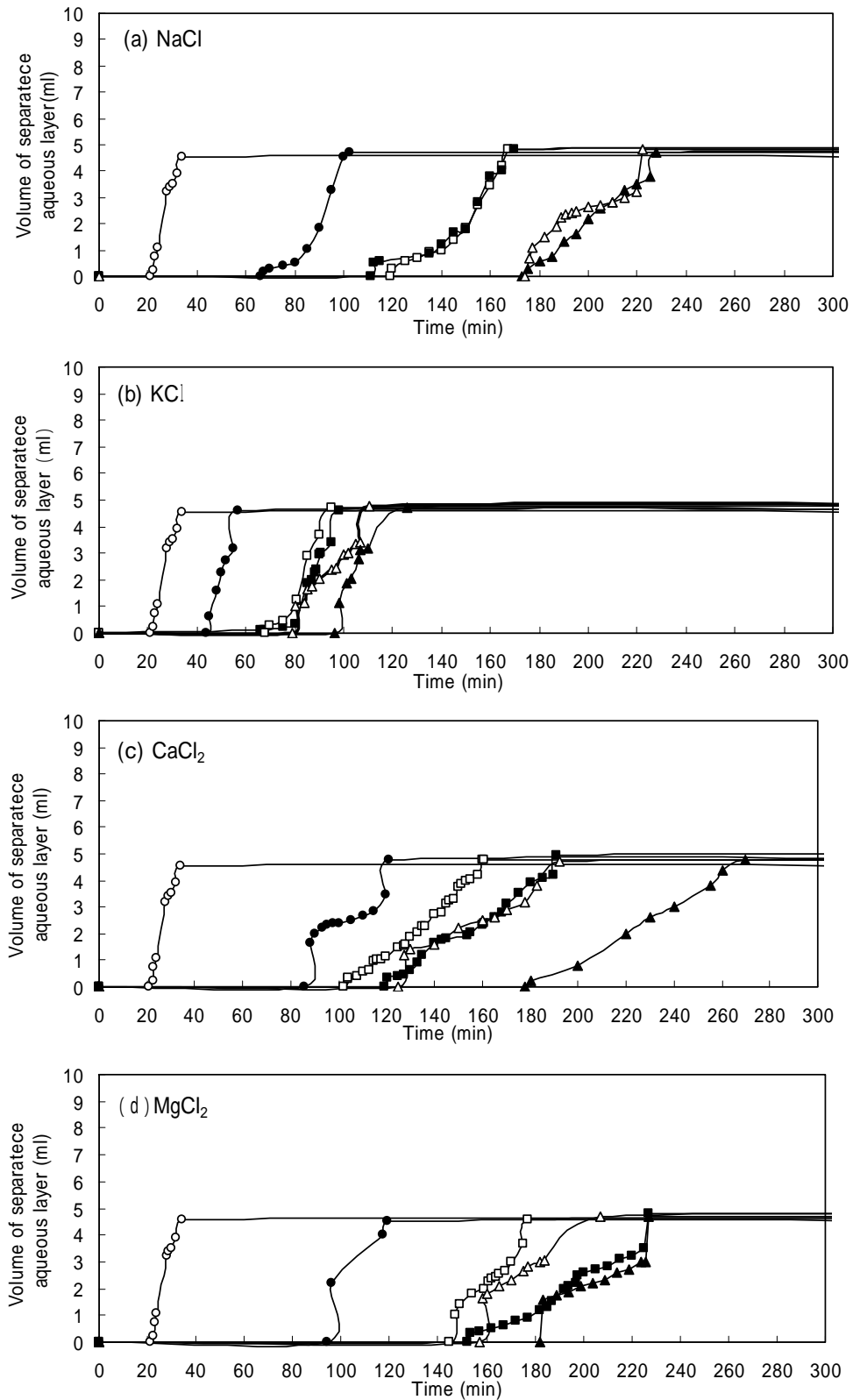


Fig. 1 Effects of various concentrations of salt solutions on the stability of the DAG emulsions at 70°C

- - -, 0M; —●—, 0.025M; —○—, 0.05M; —□—, 0.1M; —△—, 0.25M; —▲—, 0.5M

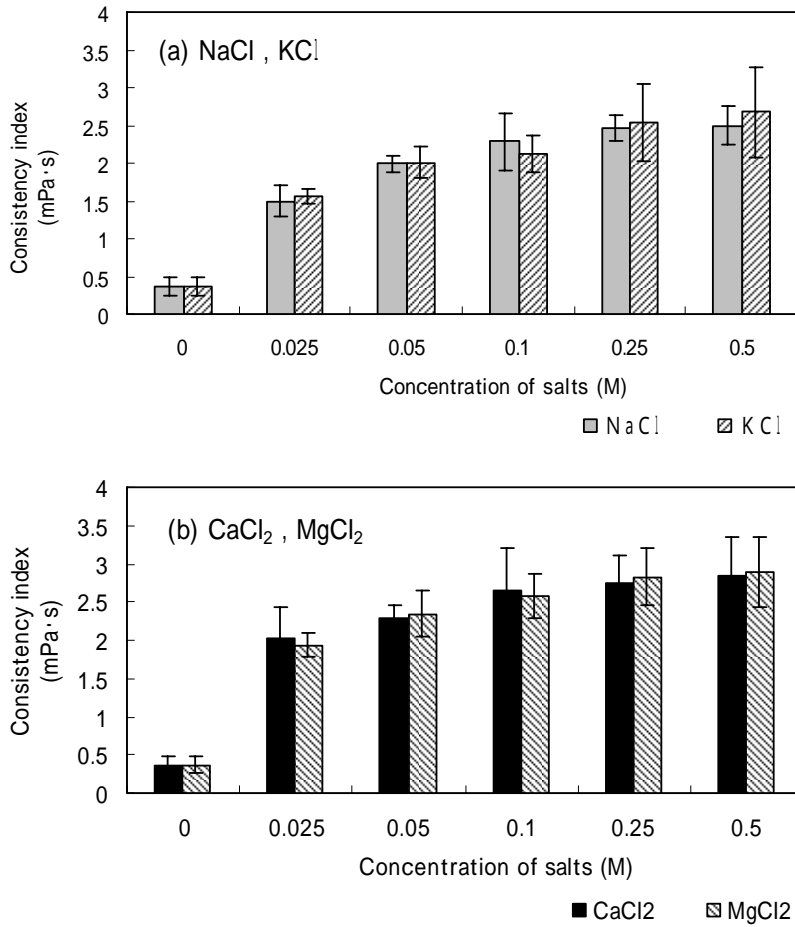


Fig . 2 Effects of salt concentrations on the consistency index of emulsions prepared with DAG

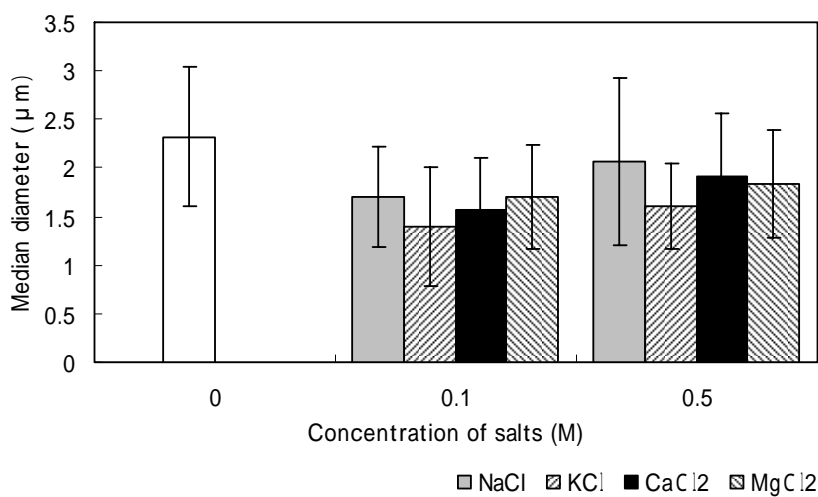


Fig . 3 Effects of salt concentrations on the median diameter of oil droplets in emulsions prepared with DAG

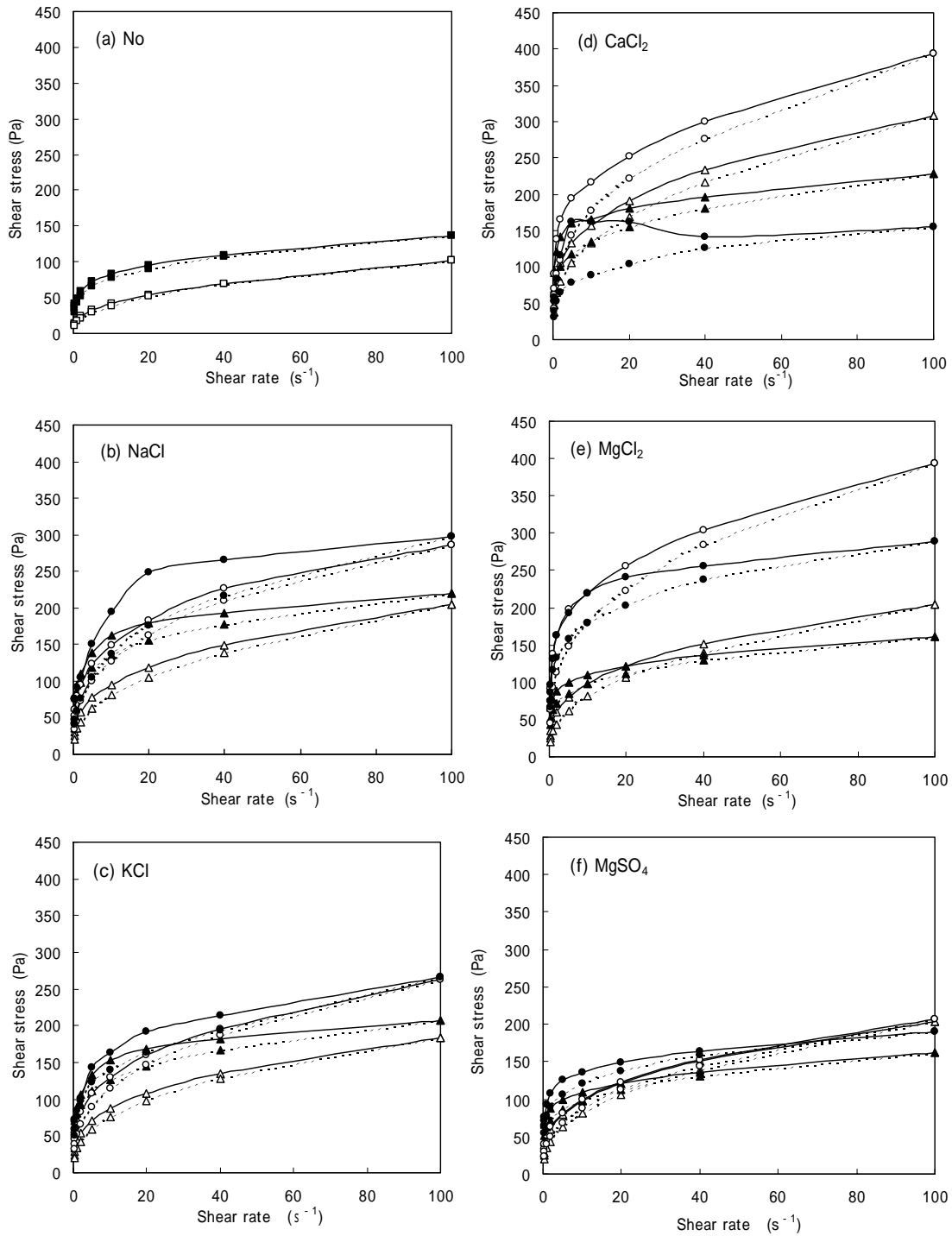


Fig. 4 Effect of salts on the Shear stress vs. shear rate for simulated mayonnaise prepared with TAG and DAG

- - ,TAG· without added salts; - - ,TAG· 1.65%(w/v); - - ,TAG· 3.3%(w/v) / in the aqueous phase  
 - - ,DAG· without added salts; - - ,DAG· 1.65%(w/v); - - ,DAG· 3.3%(w/v) / in the aqueous phase  
 , up curve ; , down curve

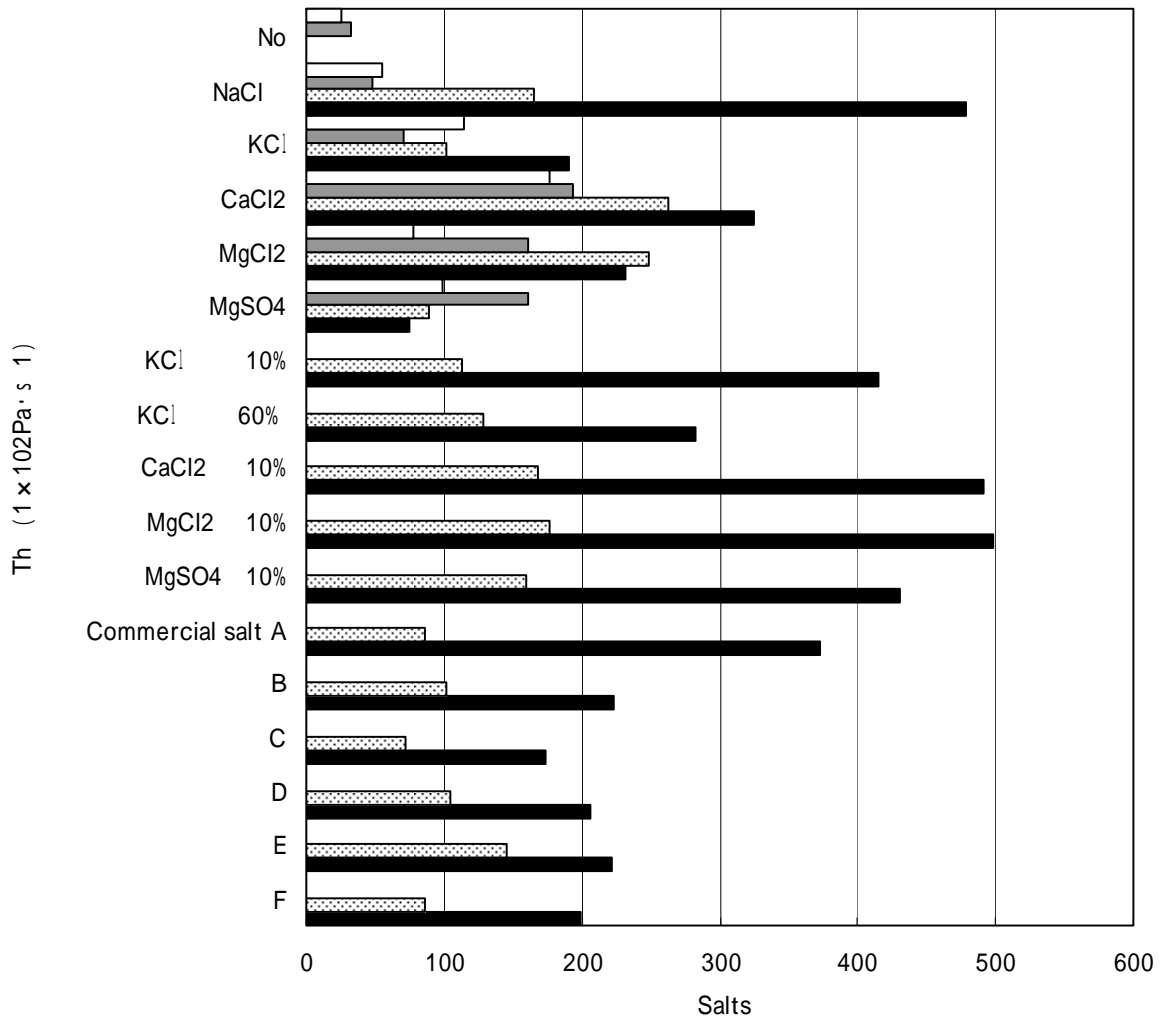


Fig. 5 Effects of salt on the thixotropic parameters for simulated mayonnaise prepared with TAG and DAG

■ DAG · 3.3%    ▨ TAG · 3.3%    ▩ DAG · 1.65%    □ TAG · 1.65%

Table 1. General properties of the TAG and DAG oil samples

Property	Sample	
	TAG	DAG
Fatty acid composition (%)		
C 16 : 0	5.7	3.1
C 18 : 0	2.2	1.3
C 18 : 1	36.2	37.8
C 18 : 2	46.7	48.6
C 18 : 3	8.2	8.5
C 20 : 1	0.9	0.7
[ Total ]	[100.0]	[100.0]
Tocopherol content (ppm)	1,058	1,029
Specific gravity (20 )	0.914	0.926
Surface tension (25 ) (mN/m)	35.0	34.5
Interface tension (25 ) (mN/m)	23.5	12.5
Viscosity (20 ) (mPa·s)	63.8	78.6

Table 2. Composition of the commercial salt products <sup>4)</sup>

Commercial salt products	Composition (%)					
	NaCl	KCl	CaCl <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub>	MgCl <sub>2</sub>	MgSO <sub>4</sub>
A	99.60	0.17	0.03	0.04	0.06	
B	35.08	57.20	1.19	1.46	0.23	1.09
C	88.92	0.03	1.71	0.78	0.86	
D	84.02	0.38		3.92	1.12	1.70
E	73.72	1.90		1.38	8.64	4.75
F	72.44	2.41		1.79	8.59	7.10

Table 3. Effects of salt on the flow behavior for simulated mayonnaise prepared with TAG and DAG

(20 )

Salt	Concentration aqueous phase(w/v%)	T A G			D A G			
		K (Pa·s)	n	Sc (Pa)	K (Pa·s)	n	Sc (Pa)	
No salt	0	19.5	0.37	14.3	49.9	0.21	43.5	
NaCl	1.65	49.6	0.34	38.7	101.9	0.18	91.6	
KCl	1.65	44.7	0.30	34.9	92.9	0.19	84.9	
CaCl <sub>2</sub>	1.65	77.7	0.28	63.9	121.0	0.14	112.3	
MgCl <sub>2</sub>	1.65	47.7	0.31	37.8	79.2	0.15	71.7	
MgSO <sub>4</sub>	1.65	30.0	0.33	22.8	76.1	0.17	68.0	
NaCl	3.3	79.5	0.28	64.3	100	0.26	70.1	
KCl	3.3	69.4	0.30	56.3	93.1	0.22	81.9	
CaCl <sub>2</sub>	3.3	121.0	0.26	104.9	84.7	0.19	86.8	
MgCl <sub>2</sub>	3.3	123.7	0.25	107.0	123.0	0.21	115.7	
MgSO <sub>4</sub>	3.3	51.6	0.29	41.1	92.5	0.19	78.7	
NaCl : KCl (10%)	3.3	79.6	0.28	63.1	64.1	0.25	53.2	
NaCl : KCl (60%)	3.3	65.1	0.29	52.6	88.7	0.28	78.9	
NaCl : CaCl <sub>2</sub> (10%)	3.3	89.3	0.29	71.2	77.6	0.22	68.5	
NaCl : MgCl <sub>2</sub> (10%)	3.3	85.1	0.29	67.7	100.0	0.26	86.6	
NaCl : MgSO <sub>4</sub> (10%)	3.3	74.1	0.29	60.2	79.1	0.23	68.1	
Commercial salt	A	3.3	53.7	0.30	42.5	81.7	0.23	68.3
	B	3.3	60.7	0.29	48.8	90.1	0.25	79.0
	C	3.3	50.7	0.31	39.7	68.1	0.25	54.8
	D	3.3	57.2	0.30	45.3	92.6	0.21	83.1
	E	3.3	77.9	0.28	63.2	105.5	0.18	97.4
	F	3.3	56.7	0.31	44.9	99.1	0.20	89.2

K, consistency index; n, flow behavior index; Sc, Casson's yield value

Table 4. Effects of salt on the Median diameter and standard deviation of oil droplets in the simulated mayonnaise prepared with TAG and DAG

(20 )

Salt	Concentration aqueous phase(w/v%)	T A G		D A G		
		D (μm)	σ (μm)	D (μm)	σ (μm)	
	0	4.5	0.25	4.4	0.25	
NaCl	1.65	3.1	0.20	2.7	0.26	
KCl	1.65	3.5	0.22	2.7	0.25	
CaCl <sub>2</sub>	1.65	3.1	0.22	2.8	0.26	
MgCl <sub>2</sub>	1.65	3.3	0.22	3.1	0.26	
MgSO <sub>4</sub>	1.65	3.4	0.21	3.3	0.25	
NaCl	3.3	2.8	0.16	2.3	0.25	
KCl	3.3	2.9	0.17	2.6	0.22	
CaCl <sub>2</sub>	3.3	2.8	0.15	3.0	0.24	
MgCl <sub>2</sub>	3.3	2.7	0.16	2.4	0.20	
MgSO <sub>4</sub>	3.3	3.2	0.20	3.1	0.24	
Commercial salt	A	3.3	3.0	0.16	2.6	0.30
	B	3.3	3.1	0.17	2.6	0.17
	C	3.3	2.8	0.15	2.9	0.34
	D	3.3	3.0	0.14	3.0	0.35
	E	3.3	2.8	0.15	2.7	0.22
	F	3.3	2.8	0.15	2.7	0.22

D, median diameter ; σ, standard deviation

## Effect of Salts on the Emulsifying Properties of Diacylglycerol

Kyoko Ohashi

Department of Food Science and Nutrition, Faculty of Life Science, Showa Women's University

### Summary

**Introduction** Sodium chloride (NaCl) is an essential compound for producing a salty taste, and is a major ingredient in seasonings that are used for giving a salty taste. Various kinds of salt incorporating other salts are now commercially available.

The aim of this study is to clarify the effects of various types of salt on emulsions prepared with diacylglycerol (DAG) for comparison with triacylglycerol (TAG) in two systems: 1) a water-in-oil emulsion system without an emulsifier, and 2) a simulated-mayonnaise oil-in-water emulsion system.

**Materials and Methods** DAG and TAG samples with the same fatty acid composition were used. In system 1), 0, 0.025, 0.05, 0.1, 0.25 and 0.5 M aqueous solutions of NaCl, KCl, CaCl<sub>2</sub> or MgCl<sub>2</sub> were used as the aqueous phase. The same volume of oil and each salt solution was homogenized. Each emulsion was heated at 70 °C and the change with time in the volume of the emulsified layer was measured. In system 2), the same salts as those used with system 1) and several kinds of commercially available salt products were used. Simulated mayonnaise samples were prepared with oil, egg yolk and a 3.5% acetic acid aqueous solution containing each salt sample at concentrations of 0, 1.65 and 3.30%. The flow behavior and oil-particle-size distribution of the two emulsion systems were respectively measured with a cone-and-plate viscometer and image analyzer attached to a microscope (system 1) and by a fine-particle counter (system 2).

**Results and Discussion** System 1) The emulsions prepared with TAG separated into an oil layer and aqueous layer just after preparation, while those prepared with DAG were stable during storage. Each of the salts increased the stability and viscosity of the emulsions prepared with DAG. This effect increased with increasing concentration of all of the types of salt tested, and was stronger for the salts having a divalent cation than for those having a monovalent cation. However, the particle-size distribution of the emulsions was similar, regardless of the type of salt or its concentration. System 2) The addition of salt increased the viscosity of all the emulsion samples prepared, while it decreased the mean oil-droplet size in these emulsions. These effects were stronger for the salts having a divalent cation than for those having a monovalent cation. Although the highest concentration of salt was more effective for the TAG emulsions, the DAG emulsion samples containing the highest concentration of CaCl<sub>2</sub> showed unusual flow behavior and were slightly unstable.

**Conclusion** The effect of salt on the emulsifying properties of DAG varied according to the type and/or concentration of the salt, and on the system in which DAG was incorporated.