

## 低脂肪スプレッドの解乳化に有機酸モノグリセリドが与える影響

## Effect of Organic Acid Monoglyceride on the Oral Demulsification of Low-Fat Spreads

田尻明日香\* 半澤 鼓\* 木村 修\* 椎木靖彦\*  
 (Asuka Tajiri) (Tudumi Hanzawa) (Osamu Kimura) (Yasuhiko Shiinoki)

Food manufactures are looking to extend the variety of low-fat spreads containing less than 40% fats. Manufacturing low-fat spreads requires a relatively large amount of added emulsifiers and stabilizers to provide the water-in-oil (W/O) emulsion. However, the flavor release and mouth feeling of these low-fat spreads are inadequate because of the stable emulsion state. This study was conducted to establish a method for evaluating the degree of demulsification in the mouth and for providing the technique to produce a stable low-fat spread that can be rapidly demulsified in the mouth. The possible combination of such emulsifiers as monoglyceride (MG), polyglycerol polyricinoleate (PGPR) and organic acid monoglyceride was investigated to evaluate the effect of these emulsifiers on the demulsification of a low-fat spread in the mouth. We measured the electrical conductivity attributable to the salt released from the aqueous phase of various low-fat spread in the mouth. We measured the electrical conductivity attributable to the salt released from the aqueous phase of various low-fat spread which had been stored at 5°C and were then heated to 36°C. It was confirmed that electrical conductivity measurement was useful for evaluating the demulsification of spreads, and that the degree of demulsification could be estimated from the equilibrium value of the electrical conductivity. The demulsification at 36°C of low-fat spreads containing 20% fat may have resulted from an increase in the hydrophile-lipophile balance (3-6) due to adding organic acid monoglyceride to MG and PGPR. The interaction between PGPR and organic acid monoglyceride seems to have induced demulsification from the experimental results for different concentrations of the emulsifiers. These results suggest that the combination of such emulsifiers as MG, PGPR and organic acid monoglyceride would enable 20% low-fat spreads to be manufactured which are stable during the preparation and can be demulsified in the mouth with good flavor-release characteristics.

キーワード：スプレッド spread；低脂肪 low-fat；解乳化 demulsification；有機酸モノグリセリド organic acid monoglyceride；ポリグリセリン縮合リシノレインエステル polyglycerol polyricinoleate；電気伝導度 electrical conductivity

## 緒 言

近年、食品の低脂肪化が進み、マーガリン類においても脂肪率の低いものが消費者に好まれる傾向にある。特に脂肪率40%以下の低脂肪ファットスプレッド（以下低脂肪スプレッドと略す）の需要が増加している。低脂肪スプレッドの製造時において、大量の水相を少量の油相に添加する必要があるため、いかに安定な油中水型（W/O）の乳化物を調製するかが問題とな

る。安定な乳化物を調製するには、強力で多量の乳化剤を添加する、強い攪拌を行う、乳化温度をあまり高くしない、分散水相の粘度を上げる等の方法が有効とされている<sup>1)</sup>。その具体的手法としてW/O型の乳化力が強い乳化剤ポリグリセリン縮合リシノレイン酸エステル（以下PGPRと略す）を用いる方法<sup>2,3)</sup>、水相に澱粉や安定剤を加える方法<sup>4)</sup>などが挙げられる。安定剤は分散水相の粘度を上げて乳化を安定にするだけではなく、保存中の離水を防止する効果もある。しかし、このように安定化を指向して調製された低脂肪スプレッドは過度に安定化されるため、風味、フレーバーリ

\* 雪印乳業(株) 技術研究所  
 (Technology and Research Institute, Snow Brand Milk Products Co., LTD)

リース, 口どけが悪いなどの欠点がある。風味, フレーバーリース, 口どけなどの官能に影響を与える配合因子, 特に水相に添加する安定剤についての検討はいくつかなされている。低脂肪スプレッドの官能に影響を与える安定剤の検討として, Clegg ら<sup>5)</sup>はデキストリン, スターチ, カゼインなどの水相添加物が官能に与える影響を主成分分析により解析し, 官能と添加物を対応させて検討を加えている。また, 水相に添加したキサンタンガムが低脂肪スプレッドの乳化を不安定にして水滴粒径が大きくなり, 口どけや風味が良くなるという報告<sup>6)</sup>もある。さらに, 解乳化を促進する水相添加物として粉乳, 発酵乳, チーズ等の乳たんぱく成分を挙げている報告<sup>7)</sup>もあるが, これらは保存時に微生物が繁殖しやすいという問題をかかえている。

以上の観点から, 乳化時には乳化物をより安定に調製することができ, その乳化物を冷却可塑化した後, 口中温度で速やかに解乳化する低脂肪スプレッドの調製技術を確立することが重要である。そこで, 本研究では, まずスプレッドの口中での解乳化を評価する客観的な測定方法を確立し, 乳化の安定性が良く口中で解乳化が生じる風味の良い低脂肪スプレッドを調製するために, 微生物的に問題となる可能性が低く O/W 型の乳化剤である有機酸モノグリセリドに着目した。W/O 型の乳化剤 MG と PGPR に, さらに有機酸モノグリセリドを添加し, これら乳化剤の組み合わせが低脂肪スプレッドの口中温度における解乳化に与える影響について検討を行った。

## 実験方法

### 1. 試料調製

試料として脂肪率 20% の低脂肪スプレッドを, また対照試料として脂肪率 70% のスプレッドをコンビネーター (Schröder 社製) を用いて各々調製した (60 kg 仕込み)。表 1 に配合表を示す。油脂は大豆白絞油およ

表 1. 配合表 (重量%)

	脂肪率	
	20%	70%
大豆白絞油および大豆硬化油の混合油	20	70
MG	0	0.5
MG+PGPR	1	0
有機酸モノグリセリド	0~1.5	0
食塩	1.3	1.3
ゼラチン	2	0
水	74.2~75.7	28.2
合計 (%)	100	100

び大豆硬化油の混合油を用いた。脂肪率 20% の低脂肪スプレッドには乳化剤 MG と PGPR を合わせて 1.0%, さらに有機酸モノグリセリドを 0% から 1.5% の範囲で油相に添加した。有機酸モノグリセリドにはクエン酸モノグリセリド, コハク酸モノグリセリド, 乳酸モノグリセリドを用いた。水相には食塩 1.3%, 安定剤としてゼラチンを 2.0% 添加した。脂肪率 70% スプレッドには乳化剤 MG 0.5%, 水相に食塩 1.3% を添加した。試料に用いた乳化剤の HLB 値を表 2 に示す。

油相に乳化剤を, 水相に食塩とゼラチンを 60°C で溶解し, 各々配合槽にて加温, 攪拌した後, 油相に水相を添加して 60°C で乳化し W/O 型乳化物を得た。次いで, この乳化物をコンビネーターを用いて急冷可塑化, 練圧を行った。さらに, レスティングチューブで結晶化を促進し容器に充填した。油脂の結晶を安定化させるため, 5°C で 2 日間保存し試料に供した。

### 2. 解乳化の評価方法

スプレッドの風味は水相由来の風味が重要とされている。口中での解乳化により水相由来の風味が放出される。そのため, 予め 5°C に調温したスプレッドを口中温度である 36°C に急激に上昇させ, 水相から放出される塩分を電気伝導度で経時的に測定することで解乳化特性を評価できると考えた。

解乳化の評価には図 1 に示す電気伝導度測定装置を用いた。容器は試料が電気伝導度測定用電極に直接触れないように, 2 個の 200 ml 用のガラスビーカーを金網 (針金の直径 0.16 mm, メッシュ 30) で挟み連結させた。容器に 400 g の脱イオン水を入れ, さらにこの容器を口中温度に相当する 36°C に設定した恒温槽に入れ, 容器中の脱イオン水を 36°C に保持させた。両ビーカーには攪拌子が入っており, 60 rpm で攪拌させた。一方のビーカーに電気伝導度測定用電極を差し入れ, 他方のビーカーに予め 5°C に調温した 10 g の試料を 36°C に保持した脱イオン水に添加した。試料添加後, 電気伝導度の経時変化を測定した。電気伝導度の測定には, 電極 (HORIBA 3582-10 D) と電気伝導度メーター (HORIBA ES-12) を, また連続計測にはデータ集録装置 (HP 3852) を用いた。

表 2. 乳化剤の HLB 値

乳化剤	HLB 値
PGPR	2.0
MG	4.3
クエン酸モノグリセリド	9.5
コハク酸モノグリセリド	8.5
乳酸モノグリセリド	7.5

## 低脂肪スプレッドの解乳化に有機酸モノグリセリドが与える影響

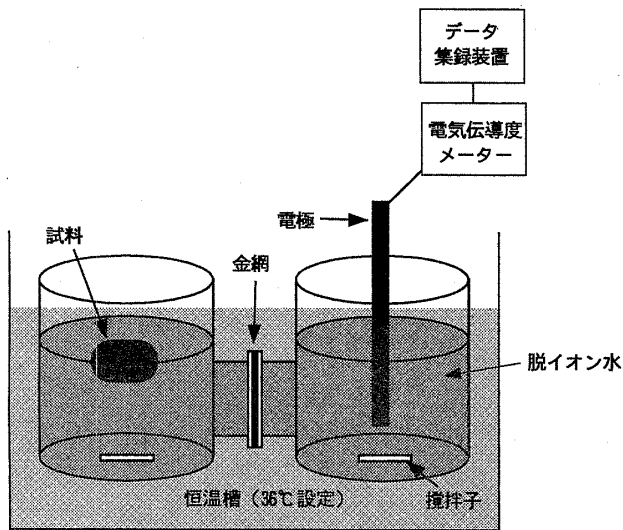


図1. 電気伝導度測定装置の概略図

## 実験結果

## 1. 解乳化の評価

脂肪率70%スプレッドと、乳化剤MG 0.5%, PGPR 0.5%を用いて調製した脂肪率20%スプレッドを試料として、36°Cにおける電気伝導度の測定を行った。36°Cでスプレッドに解乳化が生じると、水相中の塩分が放出することにより電気伝導度が上昇する。官能的に、脂肪率70%スプレッドは口中で風味の出方が良好であり、脂肪率20%スプレッドは脂肪率70%スプレッドと比べて、多量の乳化剤と安定剤が含まれているため、口中で解乳化が起こりにくく、口どけ、風味が損なわれた。図2にスプレッドの電気伝導度の経時変化を示す。口中で風味の出方が良好な脂肪率70%スプレッドの電気伝導度は、300秒以内で0.1mS/cm以上を示し、経時的に電気伝導度はさらに上昇して1,000秒以内で平衡値約0.6mS/cmに達した。この平衡値は、10gのスプレッドに含有されている食塩が解乳化により全て400gの脱イオン水に溶解すると仮定し推定した値と一致した。この結果から、脂肪率70%スプレッドは口中温度において解乳化が完全に生じて水相中の塩分が全て放出することが明らかになった。一方、口中で風味の出方が悪い脂肪率20%スプレッドの電気伝導度は2,000秒においても0.1mS/cm以下を示し、口中温度において塩分の放出がみられず解乳化が起こりにくいことが分かった。電気伝導度の平衡値から推定すると約0.01%の水相しか解乳化していないことが分かった。従って、スプレッドの電気伝導度を測定することによりスプレッドの解乳化を評価することができ、電気伝導度の平衡値から解乳化の

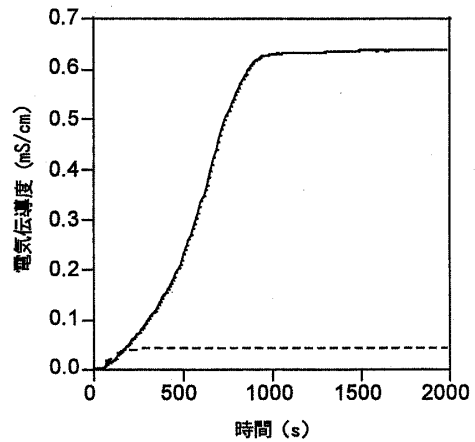


図2. 電気伝導度の経時変化  
 —脂肪率70%    - - -脂肪率20%  
 測定温度: 36°C

度合いが推定できることが明らかになった。

## 2. 有機酸モノグリセリドが解乳化に与える影響

## 1) 添加濃度の影響

PGPRとMGの2種類の乳化剤を混合し脂肪率20%スプレッドを調製した場合、PGPRの濃度が低すぎると乳化中に転相が起こりやすく、PGPRの濃度が高すぎると安定な乳化物は調製できるが口中で解乳化が生じなくなった。PGPR 0.2~0.35%, MG 0.3~0.6%の狭い濃度範囲で調製した脂肪率20%のスプレッドは解乳化が生じたが、電気伝導度の平衡値は0.1mS/cmから0.2mS/cmと低く完全な解乳化はみられなかった。そこで、PGPRとMGを合わせて1.0%添加し、さらに有機酸モノグリセリドを添加して、これら乳化剤の添加濃度が脂肪率20%スプレッドの解乳化に与える影響について検討を行った。図3~5に乳化剤の添加濃度が脂肪率20%スプレッドの解乳化に与える影響を示す。横軸にPGPR, MGの添加濃度を、縦軸に有機酸モノグリセリドの添加濃度を示した。電気伝導度の測定結果より、試料添加後300秒以内で電気伝導度の値が0.1mS/cm以上示したものを解乳化可、0.1mS/cm未満のものを解乳化不可、また乳化中に転相したものを転相としてデータを整理した。有機酸モノグリセリドの種類に関わらず、PGPRの添加濃度が高くなると、解乳化に必要な有機酸モノグリセリドの添加濃度も増加した。しかし、有機酸モノグリセリドを過剰に添加すると、乳化中に転相が生じてスプレッドが得られなかった。従って、PGPRとMGを混合し、さらに有機酸モノグリセリドを添加することにより、乳化が安定に保持されながら口中温度36°Cでの解乳化が促進されることが確認された。

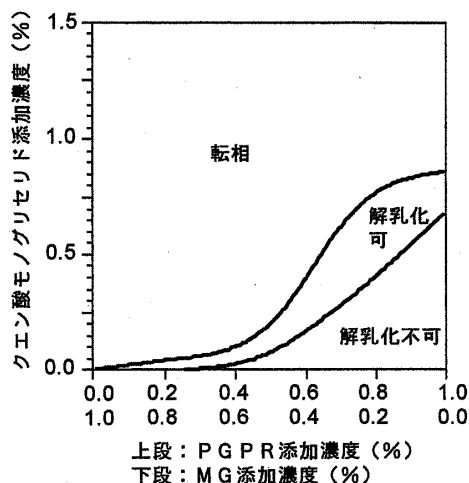


図3. クエン酸モノグリセリドが解乳化に与える影響

解乳化可 : 試料添加後 300 秒以内で電気伝導度が 0.1mS/cm 以上を示す  
 解乳化不可 : 試料添加後 300 秒以内で電気伝導度が 0.1mS/cm 未満を示す  
 転相 : 乳化中に転相  
 試料 : 脂肪率 20% スプレッド  
 測定温度 : 36°C

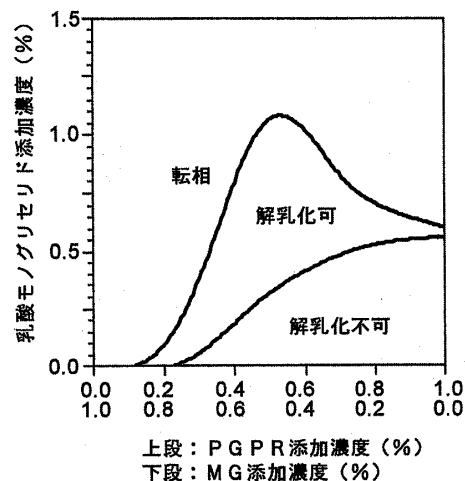


図5. 乳酸モノグリセリドが解乳化に与える影響

解乳化可 : 試料添加後 300 秒以内で電気伝導度が 0.1mS/cm 以上を示す  
 解乳化不可 : 試料添加後 300 秒以内で電気伝導度が 0.1mS/cm 未満を示す  
 転相 : 乳化中に転相  
 試料 : 脂肪率 20% スプレッド  
 測定温度 : 36°C

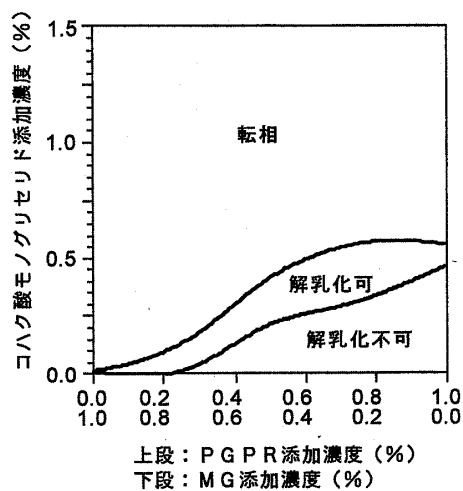


図4. コハク酸モノグリセリドが解乳化に与える影響

解乳化可 : 試料添加後 300 秒以内で電気伝導度が 0.1mS/cm 以上を示す  
 解乳化不可 : 試料添加後 300 秒以内で電気伝導度が 0.1mS/cm 未満を示す  
 転相 : 乳化中に転相  
 試料 : 脂肪率 20% スプレッド  
 測定温度 : 36°C

## 2) 乳化剤の総 HLB 値と電気伝導度の関係

安定な乳化を行うのに、乳化剤の種類、濃度は重要である。乳化剤の選定にあたり指標として乳化剤の親

水基と疎水基のバランスを示した HLB 値が用いられる。W/O 型乳化剤であるスプレッドの調製には、安定な乳化剤を得るために、HLB 値が 0~6 の低い乳化剤を用い、クリーム等の O/W 型乳化剤の調製には HLB 値が 10~18 の高い乳化剤を用いるのが好ましい<sup>7)</sup>。表 1 より PGPR, MG は HLB 値が低く W/O 型の乳化剤、有機酸モノグリセリンは HLB 値が高く O/W 型の乳化剤である。2 種類以上の乳化剤を用いる場合、乳化剤の総 HLB 値は以下の式により算出できる<sup>8)</sup>。

$$\text{総 HLB 値} = (ax + by + cz \dots) / (x + y + z \dots)$$

a, b, c... 乳化剤の HLB 値

x, y, z... 乳化剤の混合割合

PGPR と MG において MG の混合割合が高くなると乳化剤の総 HLB 値は高くなり、さらに有機酸モノグリセリドを添加すると総 HLB 値は高くなる。電気伝導度の平衡値はスプレッドの解乳化の度合いを示すと考えられ、平衡値が 0.6mS/cm に近いほど解乳化の度合いが大きいといえる。

乳化剤の総 HLB 値と電気伝導度の平衡値の関係を図 6~8 に示す。図中の電気伝導度の平衡値は、電気伝導度の上昇が平衡状態になってから、試料添加後 3,000 秒経過するまでの電気伝導度の平均値を用いた。有機酸モノグリセリドの種類に関わらず、総 HLB 値の上昇に伴い、電気伝導度の平衡値も増加し、特に

## 低脂肪スプレッドの解乳化に有機酸モノグリセリドが与える影響

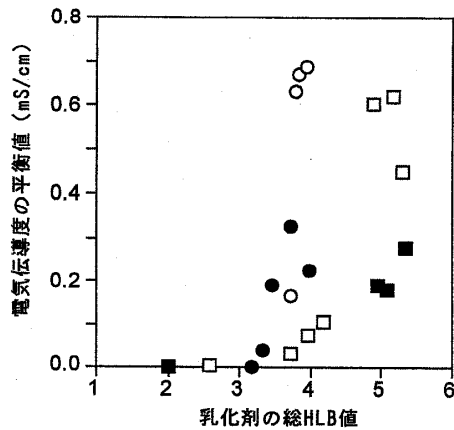


図6. 乳化剤の総 HLB 値と電気伝導度の平衡値との関係

PGPR 添加濃度 ○ 0.25% ● 0.5%  
□ 0.75% ■ 1.0%

試料 : 脂肪率 20% スプレッド

乳化剤 : PGPR と MG を合わせて 1.0% にクエン酸モノグリセリドを 1.5% まで添加

測定温度 : 36°C

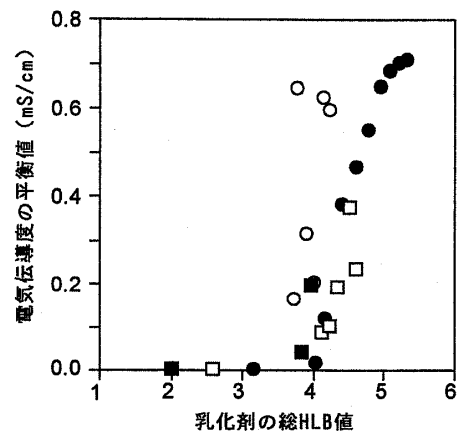


図8. 乳化剤の総 HLB 値と電気伝導度の平衡値との関係

PGPR 添加濃度 ○ 0.25% ● 0.5%  
□ 0.75% ■ 1.0%

試料 : 脂肪率 20% スプレッド

乳化剤 : PGPR と MG を合わせて 1.0% に乳酸モノグリセリドを 1.5% まで添加

測定温度 : 36°C

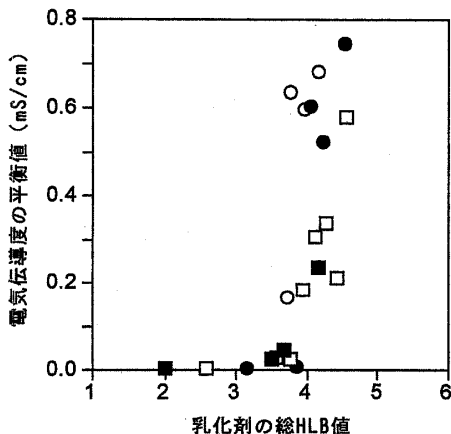


図7. 乳化剤の総 HLB 値と電気伝導度の平衡値との関係

PGPR 添加濃度 ○ 0.25% ● 0.5%  
□ 0.75% ■ 1.0%

試料 : 脂肪率 20% スプレッド

乳化剤 : PGPR と MG を合わせて 1.0% にコハク酸モノグリセリドを 1.5% まで添加

測定温度 : 36°C

総 HLB 値が 3~4 付近で電気伝導度の平衡値は急激に増加した。総 HLB 値が同じ値を示した場合、PGPR の添加濃度が高いほど平衡値は低い値を示した。クエン酸モノグリセリドを添加した場合、PGPR の添加濃度が低いときは総 HLB 値が 3~4 付近で平衡値が 0.1mS/cm 以上を示したが、PGPR の添加濃度が高く

なると総 HLB 値が 5~6 で平衡値が 0.1mS/cm 以上を示した。コハク酸モノグリセリド、乳酸モノグリセリドを添加した場合、PGPR の添加濃度に関わらず、総 HLB 値が 4 付近で平衡値は 0.1mS/cm 以上の高い値を示した。

### 考 察

脂肪率 20% スプレッドの調製において、多量の水相による O/W 型への転相を防止しつつ、W/O 型の安定な乳化物を得ることは困難である。安定な W/O 型の乳化物を調製するためには HLB 値が低い乳化剤を用いるのが通常である。W/O 型の乳化剤である PGPR と MG のみの組み合わせは総 HLB 値が 2~3 と低く乳化は安定するが、強力な乳化剤を用いているため口中温度において解乳化は起こりにくい。PGPR と MG に O/W 型の乳化剤である有機酸モノグリセリドを添加すると総 HLB 値が 3~6 と高くなり、安定していた乳化が不安定になるため解乳化が促進され、その結果、電気伝導度の平衡値が上昇したと思われる。有機酸モノグリセリドを過剰に添加すると総 HLB 値が 6 以上となり、乳化がさらに不安定になり O/W 型へ転相が生じる。総 HLB 値が 3~4 の領域では乳化と解乳化のバランスが拮抗しており、電気伝導度の平衡値が急激に上昇すると考えられる。また、PGPR の添加濃度が低い方が少量の有機酸モノグリセリドの添加で解乳化が起こり、PGPR の添加濃度が高くなるにつれて、解

乳化に必要な有機酸モノグリセリドの添加濃度も増加した。これは、解乳化に有機酸モノグリセリドとPGPRとの相互作用が関与していることを示唆している。乳化剤の総HLB値が同じ値を示してもPGPRの添加濃度が高いと電気伝導度の平衡値が低い値を示し、解乳化が完全に起こらなかった。また、PGPRの添加濃度と有機酸モノグリセリドの種類により解乳化が生じるのに必要な添加量が異なった。従って、総HLB値だけでは電気伝導度の平衡値を確度良く推定することはできない。しかし、総HLB値を3~6にすることにより、脂肪率20%スプレッドの口中温度における解乳化が促進され、微生物的に問題のない乳化剤配合系の構築が可能であることが判明した。

### 要 約

低脂肪スプレッドは多量の乳化剤、安定剤が添加されているため、口どけ、フレーバーリリースが好ましくない。本研究では、スプレッドの解乳化を評価する客観的な測定方法を確立し、乳化の安定性が良く口中で解乳化が生じる脂肪率20%スプレッドを調製するために、有機酸モノグリセリドを中心とした乳化剤の組み合わせの影響について検討を行い、以下の結果を得た。

1. スプレッドの電気伝導度を経時的に測定することでスプレッドの解乳化を評価することができ、電気伝導度の平衡値により解乳化の度合いを推定できることが確認された。

2. 乳化剤としてPGPRとMG、さらに有機酸モノグリセリドを添加することにより、脂肪率20%の低脂

肪スプレッドの口中温度36°C付近における解乳化が促進された。

3. PGPRの濃度が高くなる程、解乳化に必要な有機酸モノグリセリドの濃度は増加し、有機酸モノグリセリドとPGPRとの相互作用により解乳化を引き起こすことが推定された。

4. PGPRとMGに、さらに有機酸モノグリセリドを添加し乳化剤の総HLB値を3~6にすることにより、乳化が不安定となり解乳化が促進されることが判明した。

### 文 献

- 1) 江戸博,川出智 (1991) マーガリン類の最近の動向, 油化学, **40**, 132-142
- 2) 丹治東雄, 佐藤雅弘 公開特許 昭62-143637
- 3) 早川忠昭, 下等忠夫 公開特許 昭63-279750
- 4) ユニリーバ 公開特許 昭62-232335
- 5) Stuart M. Clegg Adele K. Moore and Sylvia. A. Jones (1996) Low-fat Margarine Spreads as Affected by Aqueous Phase Hydrocolloids, *J. Food Sci.*, **61**, 1073-1079
- 6) Rajendra P. Borwankar and Gregory S. Buliga (1989) Emulsion Properties of Margarines and Low-fat Spreads, AICHE SYMPOSIUM SERIES, **277**, 44-52
- 7) 近藤保, 鈴木四朗 (1995) 入門コロイドと界面の科学, 三共出版株式会社, p. 58-59
- 8) 稲葉恵一, 平野二郎 (1990) 新版脂肪酸化学第2版, 株式会社幸書房, p. 254-256

(1999年12月6日受理)