

ホイップクリームの性状に関する研究(2)

糖および植物性クリーム添加の影響

誌名	ミルクサイエンス = Milk science
ISSN	13430289
著者名	山口,和美 石下,真人 鮫島,邦彦
発行元	日本酪農科学会
巻/号	49巻3号
巻号補足	
掲載ページ	p. 139-144
発行年月	2000年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



原 報

ホイップクリームの性状に関する研究

—第2報：糖および植物性クリーム添加の影響—

山口和美・石下真人・鮫島邦彦

(酪農学園大学酪農学部食品科学科)

Studies on the Some Properties of Whipping Cream

—2: The Effects of Addition of Sugars and Compound Cream—

Kazumi Yamaguchi, Makoto Ishioroshi and Kunihiko Samejima

(Department of Food Science, Faculty of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu-shi 069-8501, Japan)

Summary

We have reported in a previous paper¹⁾ that the foaming stability of whipping cream is influenced by the extent and duration of whipping. The purpose of the present study is to clarify the relationship between the micro-structure of whipping cream and its stability. Thus the micro-structure, rate of water release, and dynamic viscoelasticity of whipping creams were investigated, using milk cream, compound cream or mixtures of the two in the presence or absence of sugar.

Results were summarized as follows: 1) The micro-structure of creams before whipping showed fine and close arrangement of fat globules. After whipping, large air bubbles with fat globules aggregated to their surface were observed in the textures of whipping creams. 2) The volume of released water from the whipping milk cream was greater than that from compound cream. In mixed whipping creams, the volume of released water decreased as the ratio of compound cream was increased. 3) It was ascertained from the results of viscoelasticity that the stability of whipping cream was reduced when sugar was added. 4) The stability of whipping creams was increased by increasing the proportion of compound cream.

Key word : ホイップクリーム whipping cream, 動的粘弾性 dynamic viscoelasticity, レオロジー rheology

緒 言

クリームはホイッピングクリーム（以下ホイップクリームと略す）として利用されているが、泡立て方や泡立て時間によって保形性が異なる。前報¹⁾では、ホイップクリームを光学顕微鏡観察と物性測定を行い、泡立て直後のホイップクリームの構造が時間の経過につれて崩壊し、気泡や脂肪球の形状も不明瞭になることを明らかにした。さらに、離水量も増え、ホイップクリームの物性は経時的変化を受けやすいことを報告

した。近年、乳脂肪クリームの用途が拡大しており、泡立て時間が短いものは菓子のフィリング用（菓子に詰めるクリーム）、絞り袋で絞り出した時、尖端の保形性が良好な状態（つのが立つ固さ）はデコレーション用、さらにこれを泡立てることにより分離状態になったものはソフトバター用としてホームメイドクッキングに利用されている。しかし、乳脂肪クリームは植物性クリームに比べて短時間の泡立てで物性が変化する為、一度に大量のクリームを泡立てる場合には固さの調節が難しい。また、洋菓子の大量生産には連続式ホイッピング装置が使用されるが、菊地ら²⁾によれ

ば、ホイップクリームの性状が変動し易く、硬い部分と軟らかい部分が交互に繰り返して出てくる不安定化現象（サイクリング現象）が認められることを報告している。

一方、ホイップクリームは砂糖を約10%添加して用いることが多く、原料となるクリームは乳脂肪および植物性クリームから製造された合成クリームを用いている。即ち、ホイップクリームを利用するにはクリームの性質や添加する砂糖の影響を考慮する必要がある。上野ら³⁾によれば、水中油型（O/w）エマルジョン、油中水型（w/O）エマルジョンという物理状態では水、乳化剤、糖、たん白質、気泡などが相互作用をして複雑な挙動を示すという。そこで、本報ではホイップクリームの構造を明らかにすることを目的として、乳脂肪クリームに糖を添加した場合のホイップクリームの安定性におよぼす影響について乳脂肪クリームに植物性クリームを配合した混合クリームを作成し、それらの構造や動的粘弾性を比較した。

材料及び方法

1. 試料の調製

試料原料は市販の乳脂肪クリーム（乳脂肪47%）を用いた。糖添加クリームは乳脂肪クリームにグラニュー糖を10%添加した。混合クリームは乳脂肪クリームに市販の植物性クリーム（無脂乳固形分4%、植物性脂肪40%）を1:1あるいは1:3、3:1の割合で混合した。ホイップクリームの調製方法は、クリームを5°Cでハンドミキサーを用いて泡立てた。山崎ら⁴⁾は5°Cのクリームは起泡性が優れ、5~10°Cで脂肪球が凝集しやすいことを報告している。そこで、本報ではクリーム温度を5°Cに設定した。ホイップクリームの空気含有量を示すオーバーランは同一容積の重量を泡立て前後で測り算出した。便宜上クリームの比重は1.0、1 ml容積当たりの重量を1 gに換算し、オーバーランは次式により求められた。

$$\text{オーバーラン (OR\%)} = \{(A-B)/B\} \times 100$$

(A=ホイップ前の試料重量, B=ホイップ後の試料重量)

ホイップクリームはオーバーラン100~120%の絞り袋で絞り出した時、尖端の保形性が良好な状態（つのが立つ固さ）に調製した。

2. 実験方法

1) 微細構造の観察

クリームおよびホイップクリームの構造は、走査型電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope: SEM）クライオシステムを使用し、凍結直接観察により加速電圧3~5 kVで観察した。このクライオシステムは試料台温度を-100°C以下に冷却制御できることからクリームのような水を多く含む試料の観察に用いられている⁵⁾。本報ではクリームおよびホイップクリームを液体窒素で凍結させ、割断後にSEMで観察した。

2) 離水量の測定

離水量はホイップクリームを目盛付試験管に計量して遠心分離（2,000 rpm, 10分間）を行い、分離した水層と油層を測定して水層の割合（%）を求め、離水量として算出した。

3) 動的粘弾性の測定

(1) 貯蔵弾性率及び損失弾性率

動的粘弾性は東洋精機製作所製 Rheograph-sol を用い、昇温速度2°C/minで5~40°Cまでの加熱中の測定を行なった。振動条件は周波数3.0 Hz、振動±100 μmの正弦波により、貯蔵弾性率 G' (弾性要素)、損失弾性率 G'' (粘性要素) を求めた。

結果及び考察

1) 微細構造の観察

(1) クリームおよびホイップクリームの顕微鏡像

Fig. 1に乳脂肪クリーム、植物性クリーム、混合クリームの走査型電子顕微鏡像（a~f）を示した。泡立て前(a,b,c)は脂肪球と考えられる球状物質が存在し、緻密で間隙がほとんどみられない状態がいずれのクリームにおいても観察された。泡立て直後(d,e,f)では大きな気泡が存在し、その気泡の周りを小さな球状の脂肪球が連続して配置する様子が観察された。上野ら³⁾によれば、ホイップクリームは攪拌によって抱き込まれた気泡の周りにたん白質皮膜ができ、脂肪粒子が液層/空気界面または液層中に凝集して構造がしっかりしてくると報告しており、つまり、クリームは泡立てることによって気泡が混入すると共に脂肪球が凝集し、気泡表面のたん白質が膜を形成して網目構造を形成する⁶⁾。しかし、野田⁷⁾によれば気泡は薄膜と未破壊脂肪球によって覆われ、気泡内壁の空気に接する

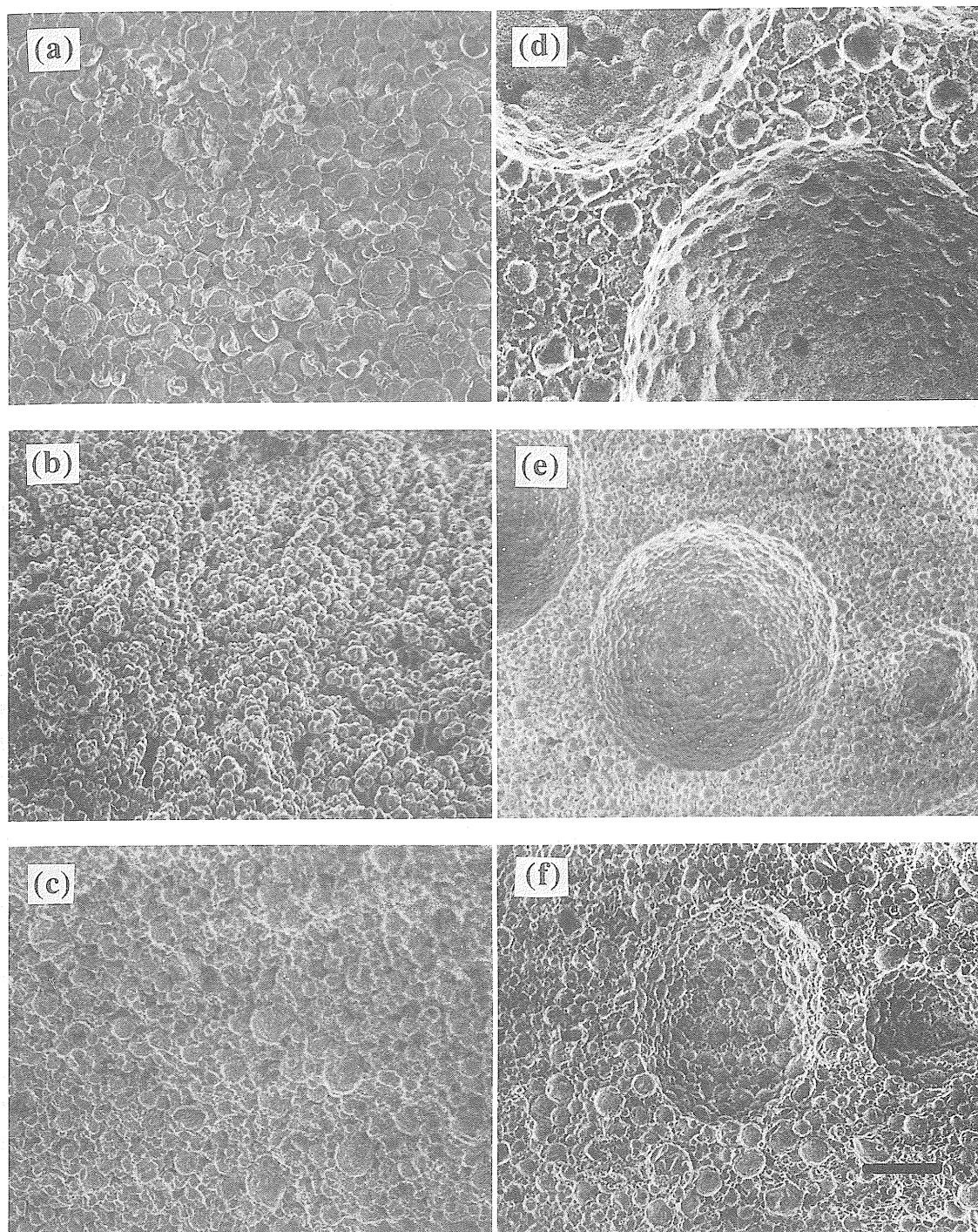


Fig. 1 Scanning electron micrographs of creams (a,b,c) and whipping creams (d,e,f).
(a),(d): milk cream
(b),(e): compound cream
(c),(f): mixed (milk : compound=1 : 1)
Bar length is 10 μm

薄膜成分は疎水性と考えられることから、遊離脂肪の可能性を示唆している。M. Corredig⁸⁾によれば、乳脂肪球皮膜 (milk fat globule membrane, MFGM) は乳化剤の効果を持ち、たん白質や糖たん白質、リン脂質、糖脂質などから構成されていると報告している。このように、気泡の薄膜成分については次第に明らかにされつつある。これにはクリームに含まれているたん白質 (クリーム100 g 中1.7~2.0 g⁹⁾) が関与していると考えられるので、今後の研究においてクリーム中のたん白質量とホイップクリームにおける気泡の安定性との関わりを明らかにしたい。

気泡および脂肪球の径は乳脂肪クリーム(d)が大きく、植物性クリーム(e)は細かく緻密に分散し、混合クリーム(f)は球径が不均一であることが観察された。それぞれ脂肪球径は乳脂肪クリーム(d)が平均 $3.2 \pm 0.7 \mu\text{m}$ 、植物性クリーム(e)が平均 $1.5 \pm 0.3 \mu\text{m}$ 、混合クリーム(f)が平均 $2.7 \pm 0.7 \mu\text{m}$ であった。また、一定のオーバーラン (つのが立つ固さ) に達するまでの攪拌時間は乳脂肪クリームが短く、植物性クリームや混合クリームは長くなった。従って、脂肪球径が大きいクリームすなわち乳脂肪クリームでは泡立て時間は短くなり、気泡および脂肪球は大きいままで存在する(d)。一方、脂肪球径が小さく、均一な植物性クリームの場合には泡立て時間は長くなるが、気泡は比較的小さく、均一な大きさとなった(e)。混合クリームの場合は脂肪球径が不均一となり、気泡の構造は乳脂肪あるいは植物性クリームの場合と異なり、不均一な形状を示すようになった(f)。これらの結果は、小さな脂肪球は非常に安定であり、大きな脂肪球は合一しやすいとした報告¹⁰⁾によっても支持される。

一方、ホイップクリームは時間の経過によって気泡の減少が認められ¹⁾、気泡表面に存在する脂肪球の大きさやクリームの鮮度などの状態がホイップクリームの物性に影響を及ぼすと考えられる。

2) 離水量

Fig. 2 にホイップクリーム遠心分離後の水層の割合 (%) を離水量として示した。前報¹⁾では、ホイップクリームの離水量は時間の経過と共に増加することを明らかにした。一方、竹林¹¹⁾によれば、クリームは泡立てすぎた場合 (オーバーホイップ) では気泡が消滅し、ホエー (乳清) 分離がみられるという。以上から、離水増加はホイップクリームの構造変化に伴う現

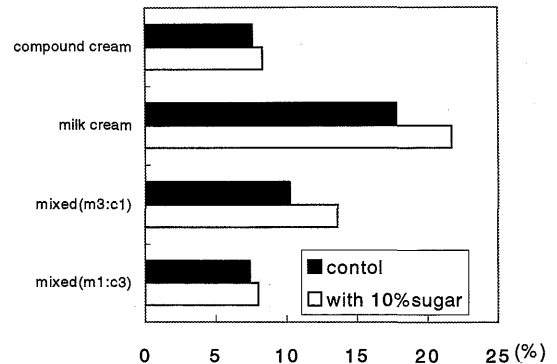


Fig. 2 Effects of sugar on the amount of released water from various types of whipping creams.

** $p < 0.01$

象であり、安定性の指標として考えられる。ホイップクリームの離水量は乳脂肪クリームが植物性クリームよりも多く (乳脂肪17.8%, 植物性7.6%), 混合クリームでは植物性クリーム添加の割合が多くなるに従って減少した。この理由としては市販の植物性クリームには乳化剤のカゼインNa, メタリン酸Na, 安定剤の増粘多糖類が含まれている為、その乳化剤や安定剤の影響と考えられる。この様子は Fig. 1 の顕微鏡観察において植物性クリーム(e)の微細構造が細かく分散しているのに対応する。

一方、Fig. 2 の結果が示すように、糖添加クリームではいずれも離水量が増加していた。松野¹²⁾によれば、卵白を泡立てた場合は砂糖添加によって起泡性が抑えられるが安定性は増すと報告し、その理由として砂糖のたん白質変性抑制効果を挙げている。しかし、本報では離水量から判断すると、糖添加がホイップクリームの安定性を低下させているように観察された。近年、食品界では甘味料として糖アルコール類が注目されており、これらは増粘剤や保存料、湿潤安定剤などの用途で広範囲に用いられている。我々の未発表のデータであるが、ホイップクリームにソルビトールを添加して比較すると離水量はグラニュー糖添加クリームよりも少ないことが明らかになっている。従って、今後の研究では糖の種類によるホイップクリームの構造安定性についても検討予定である。

3) 動的粘弾性

(1) 糖添加クリームの動的粘弾性

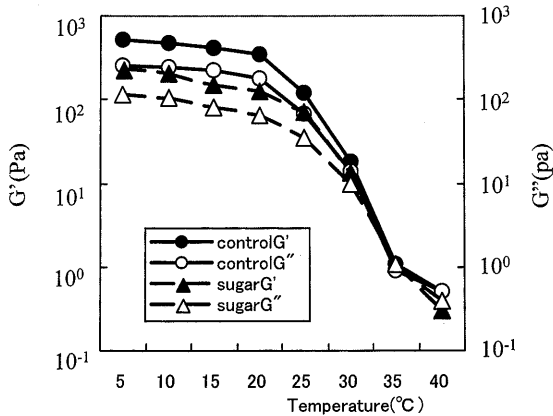


Fig. 3 Effects of sugar on the temperature profiles of storage and loss modulus of whipping cream.

○, ●: Control, △, ▲: with 10% sugar
●, ▲: G' (Storage modulus),
○, △: G'' (Loss modulus)

Fig. 3に糖添加クリームおよび乳脂肪クリームを泡立てた時の貯蔵弾性率 G' および損失弾性率 G'' の温度による変化を片対数グラフ上に示した。動的粘弾性は温度依存性が認められ、高温になるに従って貯蔵弾性率 G' および損失弾性率 G'' が低下した。いずれのホイップクリームも 5°C で最大弾性率 (G'_{max}) を示し、 $5\sim 15^{\circ}\text{C}$ という低温時には変化が少なく、比較的安定しているが、 25°C 付近では G' および G'' の低下がみられた。特に、糖添加クリームは温度の上昇に伴って G' および G'' の低下が著しかった。一般的にデコレーションなどで用いられている室温付近ではホイップクリームの保形性が不安定であることが解る。野田¹³⁾によれば砂糖の添加量が増すとホイップ時間が長くなり、オーバーランは減少すると報告しており、今回の結果においても同様であった。糖添加クリームは 40°C という高温時では損失弾性率 G'' が貯蔵弾性率 G' よりも大きくなり、粘性要素が増加していることが解る。これはFig. 1の顕微鏡観察における気泡表面に存在する脂肪球の融解との関連が考えられ、さらにこの傾向はFig. 2で示した離水量の結果と同様にクリームの水相に溶解している糖の影響が推察される。

(2) 混合クリームの動的粘弾性

Fig. 4に混合クリームをホイップした時の貯蔵弾性

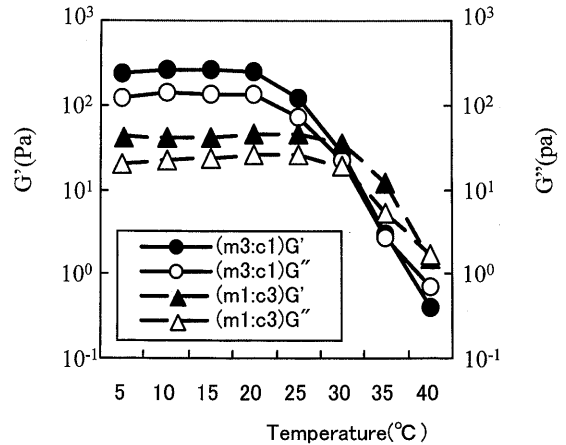


Fig. 4 Temperature profiles of storage and loss modulus of mixed whipping cream.

○, ●: (m3: c1), △, ▲: (m1: c3)
●, ▲: G' (Storage modulus),
○, △: G'' (Loss modulus)

率 G' および損失弾性率 G'' の温度による変化を片対数グラフ上に示した。混合クリームでは植物性クリーム添加の割合が多くなるに従って、 $5\sim 25^{\circ}\text{C}$ 付近の変化は少なくなり、安定性が維持されていることを示した。特に、乳脂肪クリーム1:植物性クリーム3の割合の混合クリームをホイップした時は、 $5\sim 30^{\circ}\text{C}$ 付近まで安定であった。即ち、脂肪の種類によってホイップクリームの物性が変化することが解る。一般的に調理等に用いるクリームは乳脂肪および植物性クリームから製造された合成クリームが多いが、植物性クリームの混合比が高くなるにつれてホイップクリームの安定性は高くなる。また、脂肪の種類や脂肪球径の均一性もホイップクリームの安定性に関与することが明らかになった。

結 論

ホイップクリームの微細構造は気泡表面に脂肪球が存在しており、その脂肪の種類や脂肪球径がホイップクリームの安定性に寄与する。さらに、ホイップクリームの物性は水相中に溶解している糖の影響を受けることが明らかになった。

要 約

ホイップクリームは泡立て方や泡立て時間によって保形性が異なる。ホイップクリームの構造を明らかにすることを目的として、乳脂肪クリームに糖を添加した場合と乳脂肪クリームに植物性クリームを配合した混合クリームを作成し、それらの微細構造や離水量および動的粘弾性を比較した。

その結果を要約すると以下のとおりである。

- 1) 顕微鏡像は、泡立て前のクリームでは脂肪球が緻密で間隙のほとんどみられない状態であった。泡立て直後では大きな気泡および気泡の周りを脂肪球が連続して配置する様子が観察された。
- 2) ホイップクリームの離水量は乳脂肪クリームが植物性クリームよりも多く、混合クリームでは植物性クリーム添加の割合が多くなるに従って減少した。
- 3) 糖添加クリームの動的粘弾性は安定性が低下することを示した。
- 4) 混合クリームの動的粘弾性では、植物性クリーム添加の割合が多くなるに従って、安定性が高くなった。

文 献

- 1) 山口和美, 中村邦男, 斎藤善一, 石下真人, 鮫島邦彦: 北畜会誌, **42**: 73-76 (2000)
- 2) 菊地基和, 遠藤晴雄, 稲垣孝二, 神崎幹雄: 化学工学論文集, **16**(5)867-874 (1990)
- 3) 上野 聡, 矢野淳子, 佐藤清隆: 食科工, **45**(10)579-588 (1998)
- 4) 山崎清子, 島田キミエ: 調理と理論, 97, 352同文書院, 東京 (1995)
- 5) 木村利昭: 調理科学, **31**(4)336-340 (1998)
- 6) H. D. Goff: *J. Dairy Sci.*, **80**: 2620-2630 (1997)
- 7) 野田正幸: 調理科学, **21**(3)142-153 (1988)
- 8) M. Corredig and D. Dalgeish: *J. Agric. Food Chem.*, **46**: 2533-2540 (1998)
- 9) 香川芳子: 四訂食品成分表, 196-197女子栄養大学出版部, 東京 (1999)
- 10) 全国農協乳業プラント協会: ミルクのサイエンス, 228-229全国農協乳業プラント協会 (1994)
- 11) 竹林やゑ子: 洋菓子材料の調理科学, 107-112 柴田書店, 東京 (1994)
- 12) 松野隆一, 矢野俊正編: 食品物理化学, 143-153文永堂, 東京 (1996)
- 13) 野田正幸: 油化学, **42**(10)784-791 (1993)