

研究ノート

ホイップクリームの性状に関する研究
— 温度と保存日数の影響 —山口 和美・中村 邦男・斎藤 善一・石下 真人・鮫島 邦彦
酪農学園大学酪農学部, 江別市 069-8501Studies on the Some Properties of Whipping Cream
— The Effects of Temperature and Storage —

Kazumi YAMAGUCHI, Kunio NAKAMURA, Zenichi SAITO, Makoto ISHIOROSHI, Kunihiko SAMEJIMA

Faculty of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu-shi 069-8501

キーワード: ホイッピングクリーム, 動的粘弾性, レオロジー

Key words: whipping cream, dynamic viscoelasticity, rheology

要 約

ホイップクリームの品質に及ぼす攪拌と保存の影響を調べる目的で本実験を行った。実験項目は顕微鏡観察, 色調及び動的粘弾性の測定を行い, 乳脂肪クリーム及び植物性クリームを比較した。ホイップクリームの動的粘弾性は温度依存性があり, 乳脂肪クリームが植物性クリームよりも大きかった。ホイップクリームは気泡の周りに脂肪球が連続して分散している様子が顕微鏡観察により観察された。温度上昇に伴うホイップクリームの物性変化は脂肪や気泡の変化に対応していることが推察された。

緒 言

ホイップクリームを種々の食品に利用・調理する場合, それぞれの用途に応じた固さが要求される。一般にホイップクリームの固さは攪拌の度合いやクリームの品質によって決定される。クリームは攪拌すると微細な気泡が混入して固化し, この泡立ったままの状態をホイッピングクリームとっている(以後, ホイップクリームと記す)。ホイップクリームなどの食用固体脂はO/W型やW/O型エマルジョンという物理状態で水や乳化剤, 糖, タン白質, 気泡などと相互作用しながら複雑な挙動を示している(上野ら, 1998)。クリームの種類には, 乳脂肪クリーム, 乳脂肪に安定剤や抗酸化剤などの添加物が入ったもの, 乳脂肪に植物性油脂を混合したもの, 植物性油脂クリームなど4種類があり, 例えばポタージュのように温かいスープ料理に

は乳脂肪クリームを用いることが多く, ババロアなどの冷菓には植物性クリームを泡立てて用いることが多い。その理由としては風味上あるいはレオロジー的嗜好によるものと考えられるが, これらの報告は少なく, 例えば全脂濃縮乳の流動特性(川越ら, 1999), スプレッドの動的粘弾性(田尻ら, 1998)を測定して報告しているにすぎない。クリームの適性はホイップの安定性が重視される傾向にあり, 本研究ではホイップクリームの物性について調製する際の攪拌による影響を調べる目的で光学顕微鏡観察及び動的粘弾性の測定を行った。さらに乳脂肪及び植物性クリームの比較を行い, 保存日数に対する色調の変化について調査した。

実験材料および実験方法

1. 試料の調製

試料原料は市販の乳脂肪クリーム(乳脂肪分47.0%)及び植物性クリーム(無脂乳固形分3.5%, 植物性脂肪40.0%)を用いた。ホイップクリームの調製方法は, 乳脂肪及び植物性クリームを5℃冷蔵庫内で電動ミキサー(愛工舎製ケンミックスシェフKM-201)を用いて泡立てた。クリーム温度と起泡性の関連について, 5℃クリームの起泡性が優れており, 5~10℃は脂肪球が凝集しやすい(山崎ら, 1995)と考えられる為, 本研究ではクリーム温度を5℃に設定した。泡立て方はホイップ時間を1分~5分まで時間を変えて固さの調節を行い, オーバーランの測定を行った。オーバーランは直径3.0cm×高さ3.9cm(水25ml容)のプラスチック容器にクリームをホイップ前後で計量し, 算出した。便宜上クリームの比重は1.0とし, 1ml容積当りの重量を1gに換算した。オーバー

ランは次式によって求められた。

オーバーラン OR(%) = ((A-B)/B) × 100 (A=ホイップ前の試料重量, B=ホイップ後の試料重量)

オーバーラン 100~120%で絞り袋で絞り出した時、尖端が明確になる状態(つのが立つ固さ)の試料をオーバーラン大の試料とした。本実験条件下ではホイップ時間 4~5 分で得られた。一方、オーバーラン 50~70%で絞り出した時、その状態を維持できない軟らかい試料をオーバーラン小とし、ホイップ時間 1~2 分で得られた。

2. 実験方法

1) 顕微鏡観察

クリーム及びホイップクリームの組織構造は、光学顕微鏡 (Nikon 社製 Eclipse E800 型) を用い、ズダン黒 B で染色後、倍率 400 倍により観察した。

2) 色調の測定

ホイップクリームの明度、色度及び色差を測色色差計 (東京電色工業製 Color and color difference meter model Tc-8600) を用い、L*a*b* 表色系で示した (L*は明度, a*b* は色度を現す)。

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の Reolo-graph-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った。貯蔵弾性率は弾性要素、損失弾性率は粘性要素を示す。

(2) 損失正接

試料に正弦的なひずみを与えると試料内の粘性的要素の働き (内部摩擦) により、応力がひずみと同位相で振動せず、位相のずれ δ をおこす。この時 δ は損失角を意味し、損失正接 $\tan \delta$ は次式 $\tan \delta = G''/G'$ によって求められる。

結果および考察

1) 顕微鏡像

光学顕微鏡観察を図 1 に示した。図 1-a はホイップ前の乳脂肪クリームを撮影したものであり、緻密で空隙がほとんどみられなく、密度が高いことが観察される。図 1-b はオーバーラン大のホイップ直後のクリームであり、気泡の周りを球状物質が連続して配置している様子が観察される。この球状物質の直径は平均 $3.18 \pm 0.70 \mu\text{m}$ であることから、脂肪球であると推察される。一方、図 1-c はホイップ後 6 日保存したクリームであり、気泡の減少と脂肪球も崩壊して不明瞭になっている。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、タン白質皮膜ができ、脂肪粒子が液層/空気界面または液層中に凝集することによって構造がしっかりしてくる (上野ら, 1998) とい

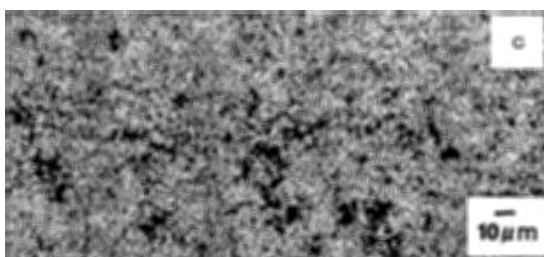
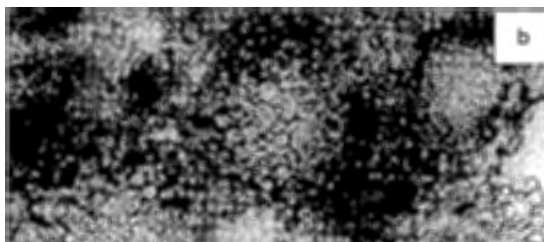


図 1 クリーム及びホイップクリームの光学顕微鏡写真

図 1-a; ホイップ前, b; ホイップ直後, c; ホイップ後 6 日保存した乳脂肪クリームを示したものである。光学顕微鏡 (×400)。

われており、実験結果から同様のことが推察される。

2) 色調

ホイップクリームの色調に及ぼす保存日数の影響を表 1 に示した。ホイップクリームの品質評価基準には「クリーム色」という色調があり、クリーム色に影響する要因としてリポフラビン、カゼインミセル、 β カロテン、キサントフィルの関与がある。クリームの色調のうち、黄緑色は乳清のリポフラビンに由来し、白色はカゼインミセル等、黄色味は脂溶性色素である β カロテンやキサントフィルに由来している (齋藤ら, 1990)。一方、L*a*b* 表色系による L* は明度 (lightness) を現し、同じ条件で照明された白に見える面で基準化さ

表 1 ホイップクリームの保存日数による色調の変化

		1 日目	3 日目	6 日目
乳脂肪クリーム	L*	74.96±0.06	74.57±0.06	74.34±0.14
	a*	-1.91±0.13	-1.83±0.10	-1.78±0.03
	b*	6.83±0.09	7.58±0.07	7.74±0.05
植物性クリーム	L*	73.55±0.14	72.84±0.63	72.33±0.24
	a*	-1.74±0.09	-1.93±0.26	-2.18±0.09
	b*	4.36±0.05	5.02±0.12	5.30±0.04

L* : 明度

a*b* : 色度

れた明るさを意味している。a*b* は色度を現し、-a* は緑方向、b* は黄方向を示している。表1における乳脂肪及び植物性クリームのL*値(明るさ)や-a*値(緑方向)は保存日数によって変化が少ないが、b*値(黄方向)は増加を示し、乳脂肪クリームが植物性のそれよりも大きかった。生乳の色彩値に関する報告(北海道立根釧農業試験場研究部, 1998)では、生産月別にみた生乳b*値と牛乳中βカロテン含量には相関があり、生乳中の黄色味にはキサントフィルなど牧草由来の色素の関与を示唆している。従って本研究においても、乳脂肪クリームのb*値が大きかった理由は、βカロテン含量、キサントフィル含量及びそれらの酸化などによる影響と考えられた。

3) 動的粘弾性

(1) 貯蔵弾性率及び損失弾性率

図2～3に貯蔵弾性率G'及び損失弾性率G''の温度による変化を片対数グラフ上に示した。動的粘弾性特性のG'G''値の変化は、貯蔵弾性率G'が損失弾性率G''よりも大きく、それぞれ温度上昇に伴って減少する。これは温度上昇に伴って脂肪が融解し、泡立てた気泡を減少させていく過程と対応しているものと考察する。図2は乳脂肪クリームのG'G''値の変化を示しており、最大弾性率(G'max)は5℃付近に存在し、30～36℃におけるヒトの口中温度では、G'が10³(Pa)のオーダーにまで著しく減少している。一方、図3は植物性クリームを示しており、G'G''値は乳脂肪クリームよりも小さかったが、5～30℃付近において比較的安定していることが観察された。この理由はスプレッ

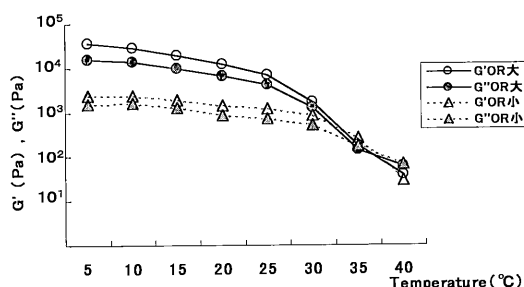


図2 ホイップクリームの動的粘弾性に及ぼす温度の影響(乳脂肪クリーム)

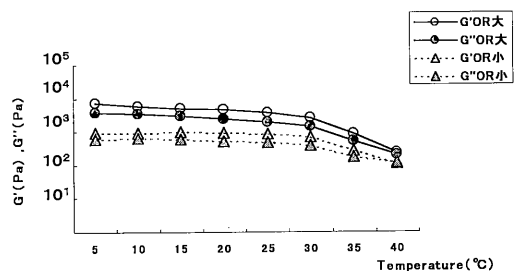


図3 ホイップクリームの動的粘弾性に及ぼす温度の影響(植物性クリーム)

ドのレオロジー的性質に影響を与える因子に脂肪含有量、乳化剤の影響が挙げられており(田尻ら, 1998)、脂肪含有量が高い程レオロジー的性質は水相より油相に依存することや乳化剤の添加は離水を防ぐことを示し、本研究においても同様の理由が挙げられる。植物性油脂を原料としたイミテーション・クリームでは配合組成にカゼインナトリウム1%、脱脂粉乳4%、親油性乳化剤1～1.5%が含まれ、親油性乳化剤の種類にはレシチン、モノグリセリド、ソルビタンエステル等が挙げられている。即ち、植物性クリームは乳脂肪クリームと比較し、水相中に含まれる親油性乳化剤による効果を推察できる。

次に、オーバーランによる違いの比較を行った。オーバーランとは空気の混入割合を示す指標であり、オーバーランが増加すると食感に影響する(小久保, 1999)。図2～3におけるオーバーランの違いは、いずれのクリームもオーバーラン小のG'G''値が小さかった。これは、オーバーラン小のクリームはレオロジー的性質が水相に依存するため、保形性が小さいことと対応していると推察する。

さらに、ホイップクリームの組織構造と物性の間の関連性を検討した。オーバーラン大にホイップした乳脂肪クリーム(図1-b)は図2の動的粘弾性に対応している。ホイップ前の乳脂肪クリーム(図1-a)及び6日間保存したホイップクリーム(図1-c)についても同様に動的粘弾性の測定を行ったが、測定値が極めて低く、かつ一定しなかった。この理由は図1-a(ホイップ前の乳脂肪クリーム)の粘度が測定可能最小値(1 Pa)よりも低値である為である。図1-c(6日間保存した乳脂肪ホイップクリーム)については測定中に試料が油相と水相に分離してしまったことが挙げられる。未発表のデータであるが、乳脂肪クリームをホイップ後6日間保存すると新鮮なものに比べて離水量が約20%増加することを確認している。これらの結果は、ホイップクリームの動的粘弾性には起泡性が関与していることを示している。

(2) 損失正接

図4にオーバーランが大きい乳脂肪及び植物性ホイップクリームの温度による損失正接(tan δ)の変化を示した。損失正接は弾性要素と粘性要素の割合を示す値であり、試料が弾性体に近いものであるとひずみと応力の位相のずれがほとんどなく、tan δは0に近

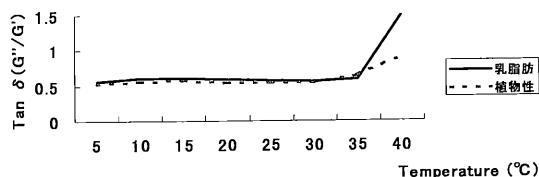


図4 ホイップクリームの損失正接に及ぼす温度の影響

い値となる。一方、粘性体に近いと損失角は $\pi/2$ 、即ち直角に近い値となり、 $\tan \delta$ は ∞ に近づく (赤羽ら, 1980)。図 4 では乳脂肪及び植物性クリームとも損失正接は 5~30℃付近では 0.5 付近に位置しており、1 よりも小さい値であることから、弾性的要素が大きいことを示している。しかし、乳脂肪クリームは 35℃付近で $\tan \delta$ が 1 よりも大きい値を示し、この 35℃付近が弾性的要素から粘性的要素への変化点であると判断する。一方、植物性クリームは安定性があり、一定の値を示しているが、温度上昇に従ってゆるやかに粘性的要素が多くなっている。

以上から、ホイップクリームは光学顕微鏡では気泡の周りに脂肪球が連続して分散している様子が観察され、乳脂肪クリームは温度依存性が大きく、35℃付近では脂肪の融点による変化と気泡の影響がホイップの性状に関連すると考察できる。しかし、脂肪球の大きさやクリームの性質は乳牛の種類や季節、給与飼料などによっても異なる為、本研究では一般的によく用いられる市販クリーム (乳脂肪及び植物性) を用いた場合の温度依存性として比較した。一方、植物性クリームは、脂肪の質及び水相中に含まれる安定剤の影響を受け、温度依存性が小さかった。従って、ポタージュのように温かい料理には液体のままクリームを用いる為、乳脂肪クリームの方が溶解しやすく、風味上好ましいと考えられ、また、ババロアのようにホイップしたクリームを冷やし固めて常温で食べる料理には植物性クリームが安定性を持ち、適していると考えられる。このようにクリームの利用には、風味上の理由の他にホイップクリームの動的粘弾性などのレオロジー的性

質が関与していると推察する。また、ホイップクリームを保存すると脂肪球の崩壊と離水が起こり、粘弾性の著しい低下を招くことが明らかになった。さらに、今後の研究では、乳脂肪クリーム及び植物クリームの混合系におけるレオロジー的性質の解明を行いたいと思う。

参考文献

- 赤羽ひろ・佐藤洋子・品川弘子・中浜信子 (1980) マヨネーズの流動特性の温度依存性. 家政誌, 31 (9): 637-642.
- 北海道立根釧農業試験場研究部 (1998) チモシー基幹草地の集約放牧技術と牛乳の栄養成分. 北海道立根釧農業試験場, 48-65.
- 川越幸紀・林 弘通 (1999) 全脂濃縮乳のレオロジー特性について. ミルクサイエンス, 48 (1): 15-20.
- 小久保貞之 (1999) アイスクリームの脂肪球凝集と製品特性について. ミルクサイエンス, 48 (1): 4-8.
- 斎藤善一・西川 勲・三浦弘之・大橋登美男・山中良忠・細野明義・菅野長右エ門・中澤勇二・工藤 力 (1990) 畜産食品加工学, 8-13. 川島書店. 東京.
- 田尻明日香・木村 修・椎木靖彦 (1998) スプレッドのレオロジー的性質. 調理科学, 31 (4): 274-280.
- 上野 聡・矢野淳子・佐藤清隆 (1998) 食用固体脂の物性—その分子構造とカイネティックス—. 日食科工, 45 (10): 579-588.
- 山崎清子・島田キミエ (1995) 調理と理論. 97, 352. 同文書院. 東京.