

原 著

ホイップクリームの性状に関する研究 (第4報)
 — ホイップクリームの品質に及ぼす冷凍ならびに糖類添加の影響 —

山口 和美・福本 弓・石下 真人・鮫島 邦彦
 酪農学園大学酪農学部食品科学科, 江別市 069-8501

Study on the Major Properties of Whipped Cream (4)
 — Effect of Sugar Addition, Repeated Freezing and Thawing
 on the Whipping Characteristics of Cream —

Kazumi YAMAGUCHI, Yumi FUKUMOTO, Makoto ISHIOBOROSHI and Kunihiko SAMEJIMA

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

キーワード : ホイップクリーム, オーバーラン, 解凍

Key words : whipped cream, overrun, thawing

Abstract

We examined the impact of sugar addition, freezing and repeated thawing on the quality characteristics of the whipped cream.

The findings of this study are summarized as:

1. Addition of sugar in cream before whipping decreased the overrun compared to sugarless cream.
2. Repeatedly frozen and thawed cream, when whipped, showed a distinct impact of added sugar on its storage modulus (G') and overrun.
3. Thawing time of sugarless whipped cream was found extended compared with sugar added cream.
4. Incorporation of air in whipped thawed sugarless cream was poor compared with the fresh cream in repeated whipping processes.
5. Our study concluded that addition of sugar in a range of 10~20% in cream facilitates the air trapping property during whipping and holds air in significant volume and also prolongs the texture stability of whipped cream.

要 約

ホイップクリームの品質に及ぼす冷凍ならびに糖類添加による影響を検討した。糖類を添加したクリームを泡立てるとオーバーランが無糖よりも低くなっていたが、糖類を添加したホイップクリームを冷凍後に解凍するとオーバーランや G' 値は無糖に比べて安定性がみられた。しかし、無糖で冷凍したクリームの解凍に及ぼす時間は糖類を添加したものに比べて長くなり、冷凍後に解凍したクリームを泡立てると泡立ちにくいことが観察された。したがって、クリームを泡立てる場合、ソルビトールなどの糖類を10~20%添加す

ることは気泡安定性に効果的で、ホイップクリームの冷凍保存における品質を保つ為に有効な手段であることが明らかになった。

緒 論

ホイップクリーム(ホイッピングクリーム)はクリームを攪拌することによって空気を取りこまれて泡を形成するが、気泡は時間がたつと崩壊することから、泡立て後、すぐに用いられることが多い。近年、冷凍食品の普及がめざましく、家庭においても冷蔵庫内にフリーザーが常備されてクリームの冷凍保存への応用も広がってきた。凍結および解凍操作によって、氷の結晶が脂肪球を損壊すると考えられ(上野川ら, 1994)、ホイップクリームと同様の構造を持つアイスクリーム

受理 2002年2月15日

で、冷凍保存中に気泡や氷結晶が変化することが報告されている(野田, 1993)。

クリームの利用について、A新聞ならびにH新聞の料理欄(1996~1999年)を調査したところ、91件の料理にクリームが取り入れられており(総数1,076件の8.3%)、クリームを泡立てて利用する場合には砂糖添加量がクリーム使用量に対して約11.2%であったが、無糖で泡立てられたものもみられた。動物性クリームと植物性クリームの使い分けがされていたのは2.2%で、砂糖の種類についてはほとんど明記されていなかった。このように、クリームを泡立てるには無糖または糖類を約10%程度添加されており、糖類添加によってその泡立ちは増加とも抑えられるとも言われている。五訂食品成分表(科学技術庁, 2000)によれば、ホイップクリームにはグラニュー糖を15%(w/w)添加した栄養価が記載されており、菓子には純度が高いと考えられるグラニュー糖を用いることが多い。一方、消費者の甘さ離れ、低カロリー嗜好といった健康面の配慮から、砂糖にかわり糖アルコールが用いられるようになってきている。糖アルコールのうちソルビトールはブドウ糖を還元・精製してつくられ、食品の保湿向上、品質改良などの目的で広く利用されている(宮川, 2000a)。そこで、本報ではホイップクリームの品質に及ぼす冷凍ならびに糖アルコールなどの糖類添加の影響を明らかにすることを目的として検討した。

実験方法

1 試料の調製

クリームは原料によって脂肪球径などが異なることから、試料には市販(UHT法 Ultra High Temperature 120~130℃ 2秒で殺菌)の乳脂肪クリーム(乳脂肪分47%)および植物性クリーム(植物性脂肪分40%)を用いた。糖類はグラニュー糖またはソルビトール(東和化成「ソルビット」KIWI FW:182.1)を用いた。クリームを尖端の保形性が良好な状態(オーバーランが最大値に達する付近)まで電動ミキサー(ケンミックスシェフ KM-201 愛工舎製)を用いて目盛り3で泡立てた。試験に用いたクリームは、ソルビトール10%添加(S10)、ソルビトール20%添加(S20)、グラニュー糖添加(G10)、糖類添加なし(N)とした。

(1) 泡立て直後

クリームを5℃冷蔵庫内で一定量泡立て、オーバーランの最大値に達するまでの時間を計測し、この泡立て時間でホイップクリームを作成した。これを「泡立て直後」と記す。

(2) 解凍後

泡立て直後のホイップクリームを-20℃で24時間冷凍後、2実験方法(2)に従って解凍し、5℃で冷蔵保存した。これを「解凍後」と記す。

(3) 解凍クリームの泡立て

無糖または糖類を添加したクリームを一定時間、マグネチックスターラーで均質にしてから、前記(2)解凍後の方法に従って冷凍・解凍後、泡立てたものを「解凍クリーム泡立て」と記す。

(4) 解凍ホイップクリームの再ホイップ

最大オーバーランに達する泡立て時間の約1/2で作成したホイップクリームを冷凍・解凍後に最大オーバーラン付近まで泡立てたものを「再ホイップ」と記す。

2 実験方法

(1) オーバーラン (overrun) の測定

オーバーランは直径3.0cm×高さ3.9cm(水25ml容)の容器にクリームをすきまのないよう充填し、泡立て前後でスリキリの重量を測定して算出した。オーバーランの測定は野口の方法(野口, 1998)を用いて、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、次式によって求められた。

$$\text{オーバーラン (\%)} = \{(A-B)/B\} \times 100 \quad (A = \text{泡立て前の重量}, B = \text{泡立て後の重量})$$

(2) 解凍時間の測定

オーバーランを計量したホイップクリームを、同容器内で-20℃に24時間冷凍し、5℃で解凍させ、内部温度が-5℃から0℃までの温度上昇に要する時間を計測した。この時、冷凍ホイップクリームの入った容器の上から1.5cmのところに熱伝対温度計を固定した。

(3) 動的粘弾性の測定

動的粘弾性は Rheograph-sol (東洋精機製作所製)を用い、貯蔵弾性率(G')ならびに損失弾性率(G'')の測定を行った。測定温度範囲は5~40℃で、昇温速度2℃/minを用いた。

(4) 色調の測定

ホイップクリームの明度、色度及び色差は測色色差計 Color and color difference meter MODEL TC-8600 (東京電色工業株製)を用い、L*a*b*表色系で示した。

結果および考察

1 ホイップクリームのオーバーラン (overrun) 測定

(1) 泡立て直後のオーバーラン

Table 1 に泡立て直後の最大オーバーランにおよぼす泡立て時間と糖類添加の影響を示した。無糖ホイップクリームは乳脂肪・植物性ともにオーバーランが高くなり、最大オーバーランは糖類添加量が増えると低くなった。最大オーバーランの平均値を比較すると無糖が最も高く、無糖と糖類添加との間にそれぞれ有意差がみられた(乳脂肪*p<0.05, 植物

Table 1 Effect of sugar quality and dissimilar fat addition on the whipping time and overrun yield of cream.

	Whipping time (second)	Maximum Overrun (%)
Milk fat cream	80	82.0
M+S10	60	62.3
M+S20	60	54.5
M+G10	60	62.4
Vegetable fat	280	221.9
V+S10	450	203.4
V+S20	440	182.1
V+G10	440	201.2

Symbol and abbreviations:

M; Whipped milk cream solely

M+S10; Whipped milk fat cream adding 10% sorbitol.

M+S20; Whipped milk fat cream adding 20% sorbitol.

M+G10; Whipped milk fat cream adding 10% sucrose.

V; Whipped vegetable fat.

V+S10; Whipped vegetable fat with 10% sorbitol.

V+S20; Whipped vegetable fat with 20% sorbitol.

V+G10; Whipped vegetable fat with 10% sucrose.

Note: Whipping was carried out at constant temperature.

性** $p < 0.01$). 植物性クリームは乳脂肪クリームよりも泡立て時間が3.5~7.5倍に長くなり、最大オーバーランも2.7~3.3倍に高くなった。クリーム脂肪球の平均径は乳脂肪クリームが植物性クリームより大きい(山口ら, 2001)ことが、Table 1の結果を説明でき、乳脂肪クリームは脂肪球同士が速く凝集するため、泡立て時間が短くなったと考えられた。また、安定剤添加クリームは最大オーバーランが高く、泡立て時間も無添加より長くなると報告されているが(BRUHN and BRUHN, 1988)、本報でも植物性クリームにその傾向がみられ、安定剤を含んでいない乳脂肪クリームにはみられなかった。

(2) 解凍後のオーバーラン

Fig. 1にホイップクリーム解凍後におけるオーバーランの減少率を示した。解凍後のオーバーランは泡立て直後に比べて、いずれのクリームも減少していた。しかし、無糖ホイップクリームでは解凍後のオーバーランの減少率は乳脂肪で $22.4 \pm 12.9\%$ 、植物性で $43.0 \pm 15.6\%$ など非常に大きかったが、糖類添加ホイップクリームの減少率はいずれも無糖の場合の約1/3程度(乳脂肪で1/3~1/4、植物性で1/3~1/5)となり、比較的小さかった。無糖クリームでは解凍後に外観も空気が抜けたためか、きめが粗くなめらかさに欠けた状態になっていた。特に、植物性の無糖ホイップクリームではオーバーランの減少率が最も高く、無糖と糖類添加との間にそれぞれ有意差がみられた(** $p < 0.01$)。松野と矢野(1996)は、卵白を泡立てる場合にも糖類添加によって起泡性が抑えられる反面、安定性は増すという糖類のたん白質変性抑制効果について報告しており、本実験

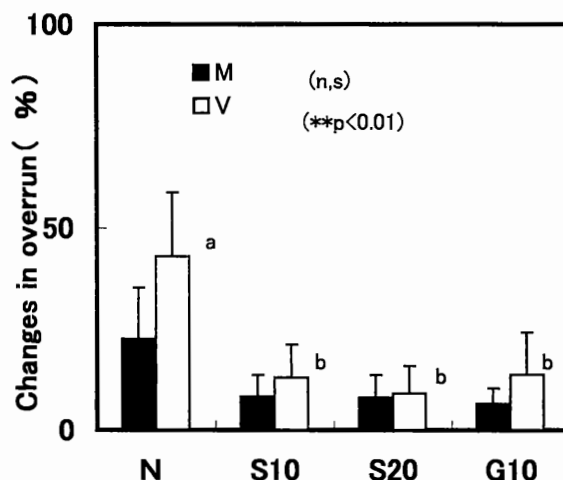


Fig. 1 Effect of sugar qualities on the overrun yield of creams with repetition of freezing and thawing.

Symbol and abbreviations:

(■) M: Whipped milk cream solely.

(□) V: Whipped vegetable fat.

N: control.

S10: whipping cream with 10% sorbitol.

S20: whipping cream with 20% sorbitol.

G10: whipping cream with 10% sucrose.

Values are mean \pm standard deviation, $n=5$.

a, b: Values with different superscript are significantly different at $p < 0.01$ for vegetable fat cream

結果からも同様の傾向が示唆された。すなわち、卵白はたん白質で構成されているため表面張力が小さく、攪拌によって液面が剪断されると空気を抱き込み泡が形成されるが、糖類を加えると気泡膜に糖類が溶解して気泡の安定化(熊沢と新美, 1998)が進み、クリームではたん白質、乳化剤、糖類を含む水相に脂肪が分散した水中油型エマルジョンで泡立てる時に糖類を添加すると著しい泡沫安定化効果(野田, 1993)を示すと考えられている。

(3) 解凍クリームを泡立てた時のオーバーラン

Fig. 2に植物性クリームを液状のまま24時間冷凍し、解凍後に泡立てた時のオーバーランを示した。なお、乳脂肪クリームでは液状のまま冷凍すると解凍後、泡立ちにくく、オーバーランの測定は困難であった。Fig. 2より、解凍クリームを泡立てると無糖のオーバーランの上昇は他に比べて抑制された。しかし、泡立て直後のもの(Table 1)と比較すると、解凍クリーム(Fig. 2)ではオーバーランが減少しており(S20: -34%, S10: -35%, G10: -40%, N: -50%)、液状クリームを冷凍すると泡立ちにくくなることが認められた。一方、冷凍前に糖類添加クリームを均一にするため、マグネチックスターラーを用いたが、軽い攪拌ではグラニュー糖が溶けにくく、沈殿することもあったため、5℃のような低温でホイップクリームを作成するには粒子が細かく溶解しやすい糖類の添加が適していると思われた。

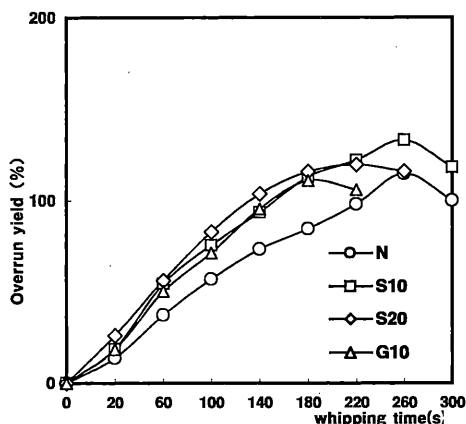


Fig. 2 Overrun recovery of whipped and once thawed vegetable fat with different types of sugars.

- (○) N: control.
- (□) S10: whipping cream with 10% sorbitol.
- (◇) S20: whipping cream with 20% sorbitol.
- (△) G10: whipping cream with 10% sucrose.

また、ホイップクリーム気泡界面にはカゼインが吸着することで脂肪球膜の安定性(上野川ら, 1994)に関与しているが、バターミルクの凍結保存(-17℃)では短期保存の時にカゼインが沈殿して安定性に影響を及ぼすことが明らかになっており(斉藤と五十嵐, 1966), 本実験でも冷凍・解凍したクリームで同様な現象が起きていることは十分に推察される。

(4) 解凍ホイップクリームを再ホイップした時のオーバーラン

糖類添加の有無と冷凍後の泡立ち方を比較するため、予め設定した短い泡立て時間でホイップクリームを作成し、冷凍後に再ホイップした時のオーバー

ランの経時的な変動を Fig. 3 に示した。冷凍前の予め設定した短い泡立て時間は、Table 1 を参考にして約 1/2 の泡立て時間に設定し、乳脂肪クリームでは 30 秒、植物性クリームでは 140 秒とした。本実験で設定した約 1/2 の泡立て時間は、BRUHN and BRUHN (1988) による安定剤無添加クリームでは 1.6 min, 安定剤クリームでは 2.7 min との報告と比較すると若干短かった。Fig. 3 より、約 1/2 の泡立て時間で作成したホイップクリームを冷凍後に再ホイップしても、乳脂肪 (Fig. 3a)・植物性 (Fig. 3b) クリームともに無糖のオーバーランが低くなった。これは冷凍前の結果 (Table 1) とは異なっていたが、冷凍クリームを解凍した後に泡立てた時のオーバーランの結果 (Fig. 2) と同じ傾向を示した。糖類添加した植物性クリームを一旦泡立てから冷凍した後 (Fig. 3b), 再ホイップした場合にオーバーランの目安となっている 100% 以上を示していた。Fig. 2 と Fig. 3 の比較および乳脂肪クリームでは液状のまま冷凍すると解凍後に分離したことから、植物性クリームの方が安定性の高いことが示された。再ホイップによる最大オーバーランは乳脂肪クリームで無糖が約 50 秒、糖類添加が約 30 秒、植物性クリームが約 140 秒で得られた。

2 解凍時間

Fig. 4 と 5 に植物性冷凍ホイップクリームの解凍時間を示した。Fig. 4 より、ホイップクリームの内部温度が -5℃ から 0℃ までの温度上昇に要した時間は S 20 が最も短かく、次いで S 10, G 10, 無糖 N の順に長くなり、有意差がみられた (*p<0.05)。Fig. 5 には、ホイップクリームの内部温度が -5℃ から 0℃ までの温

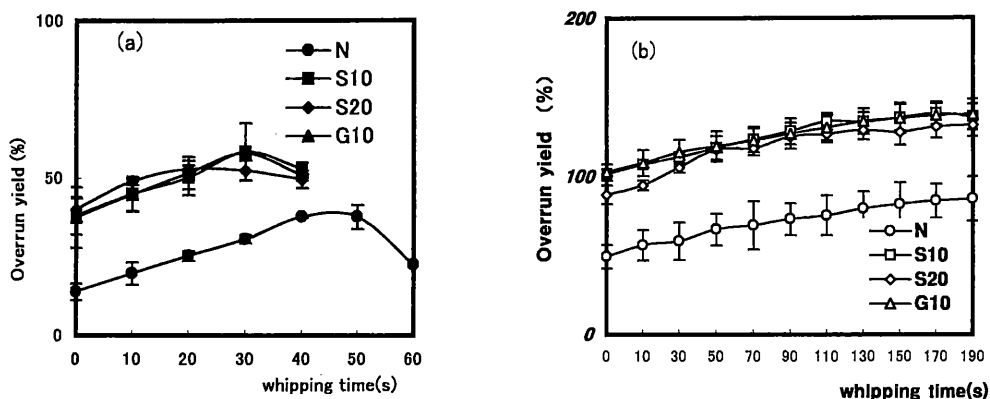


Fig. 3 Whipping time expand for maximum overrun recovery from whipped thawed cream when rewhipped.

Symbol and abbreviations:

(a): Solely whipped cream.

(b): Whipped vegetable fat.

(●, ○) N: Control with milk cream and vegetable fat, respectively.

(◆, ◇) S20: Whipped cream and vegetable fat with 20% sorbitol.

(▲, △) G10: Whipped cream and vegetable fat with 10% sucrose.

Values are mean ± standard deviation, n=5.

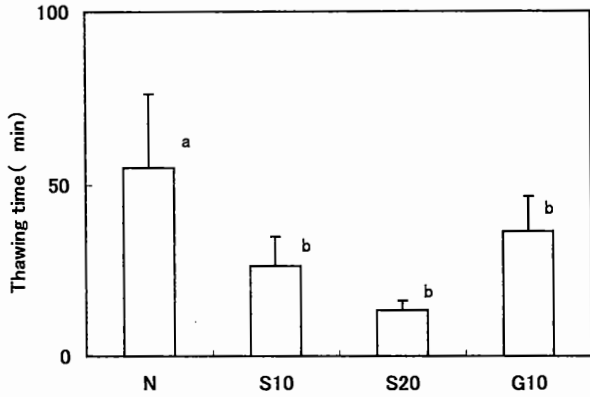


Fig. 4 Effect of sucrose and sorbitol addition on the thawing time of whipped vegetable fat.

Symbol and abbreviations:

N: Control.

S10: Whipped cream with 10% sorbitol.

S20: Whipped cream with 20% sorbitol.

G10: Whipped cream with 10% sucrose.

Values are mean \pm standard deviation, n=5.

a, b: Values with different superscript are significantly different at $p < 0.05$

Thawing temperature was recorded from -5 to 0°C .

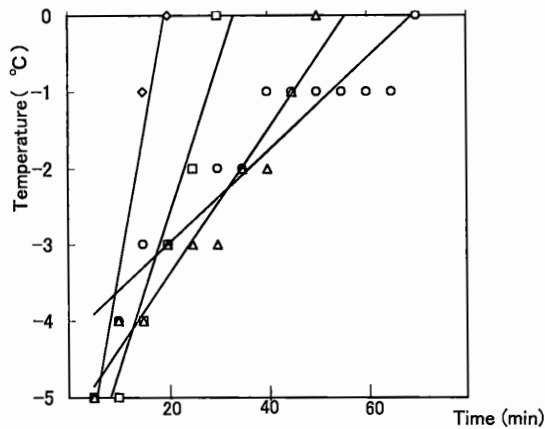


Fig. 5 Effect of added sugar types on the thawing temperature characteristics from -5 to 0°C .

Symbol and abbreviations:

(○): Control. N: $Y = 0.1X - 4.2$ ($R^2 = 0.85$)

(□): Whipped cream with 10% sorbitol.

S10: $Y = 0.2X - 6.7$ ($R^2 = 0.92$)

(◇): Whipped cream with 20% sorbitol.

S20: $Y = 0.4X - 7.0$ ($R^2 = 0.95$)

(△): Whipped cream with 10% sucrose.

G10: $Y = 0.1X - 5.3$ ($R^2 = 0.85$)

Thawing temperature magnitude was observed from -20°C but actual measurement was recorded from -5°C and stopped at 0°C .

度上昇をY軸に、時間の変化をX軸に示し、Fig. 5のグラフの傾きはS20が最も大きく、次いでS10, G10, 無糖Nの順にゆるやかになっており、糖類添加は解凍が急速であるのに対して、無糖では緩慢で解凍時間も長くなった。このことは解凍5分後の温度が糖類添加クリームでは -10°C 以下を示しているのに対して、無

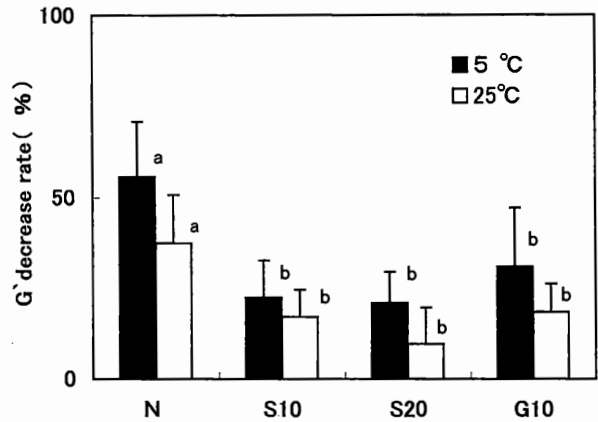


Fig. 6 Storage modulus of once thawed and repeatedly frozen and melted cream with different sugar concentration at 5 and 25°C .

Symbols and abbreviations:

■: storage modulus at 5°C and □: 25°C is considered as control (N).

S10: refers for whipped cream with 10% sorbitol.

S20: refers for whipped cream with 20% sucrose.

Values are mean \pm standard deviation, n=5.

a, b: Values with different superscript are significantly different at $p < 0.05$

G': Storage modulus.

糖では -5°C であったことにも関連し、砂糖を添加すると可溶性固形分が増加するので、凍結点が水の場合に比べて著しく低下(氷点降下)する(宮川, 2000 b)ことから、本報でも同様のことが推察される。

3 動的粘弾性

動的粘弾性の測定結果では、泡立て直後の最大貯蔵弾性率(G'_{max})は 5°C 付近に存在し、 G' 値は $20 \sim 25^\circ\text{C}$ 付近から顕著に低下し、 40°C 付近では低値を示すという温度依存性がみられた。乳脂肪ホイップクリームの泡立て直後の G' と解凍後での G' における 5°C と 25°C をそれぞれ比較すると、Fig. 6に示したように G' 値は解凍後、減少していた。減少率が最も低かったのはS10とS20であり、次いで、G10, 無糖Nの順に大きくなり、 G' 値の減少率は無糖と糖類添加とでそれぞれ有意差がみられた($*p < 0.05$)。さらに、 G' 値の減少率は 5°C の場合が 25°C よりも大きくなったが、これは泡立て直後の G' 値が 5°C 付近に最大であったことから、解凍後の変化が顕著に現れたと考えられ、 25°C では泡立て直後のもので温度による影響を受けて G' 値(弾性要素)と G'' 値(粘性要素)が近似していたことも関連していると推察される。

また、ソルビトールの甘味度はショ糖に比べて約60%であることから、ソルビトール添加量はクリーム重量に対して約20%付近でも甘味を強く感じることなく利用することが可能であった。

以上より、クリームを冷凍保存するには、泡立てる

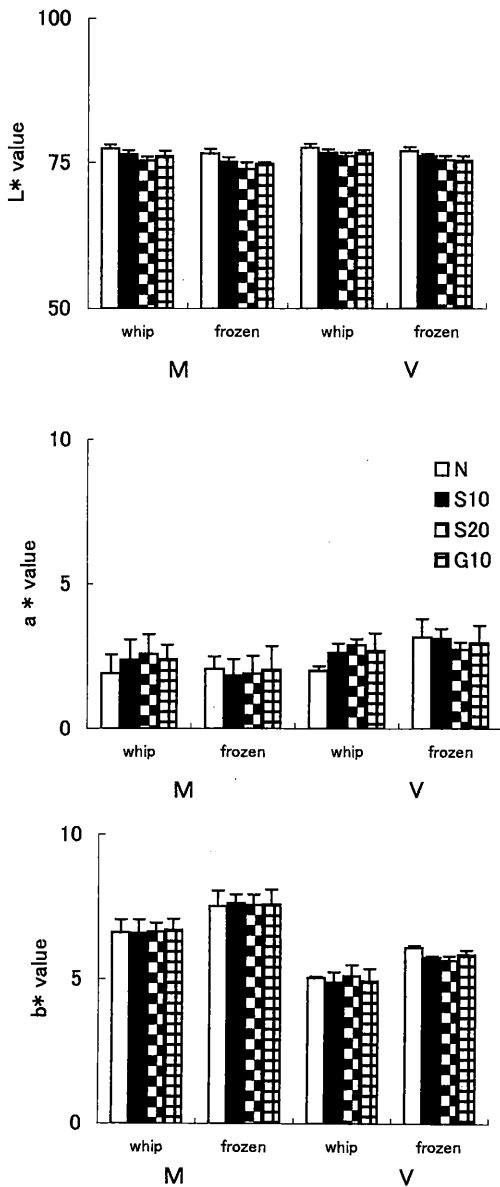


Fig. 7 Changes in color intensity of whipped cream during storage.

Symbol and abbreviations:

(M): Milk cream and (V): vegetable fat taken as control.

S10: Whipped cream with 10% sorbitol.

S20: Whipped cream with 20% sorbitol and 10% sucrose (G10), respectively.

whip: Whipped cream at 5°C.

frozen: Repeatedly frozen-thawed and finally adjusted the temperature of cream at 5°C.

ことが液状クリームのまま冷凍するよりも適しており、それには糖類の添加が必要であることが明らかとなった。また、貯蔵弾性率 (G') がホイップクリームの物性の指標となる可能性も示された。

4 色 調

Fig. 7 にホイップクリームの泡立て直後ならびに解凍後の色調(L*a*b*値)を示した。色調では、乳脂肪・植物性クリームとも明るさを示すL*値は解凍後には

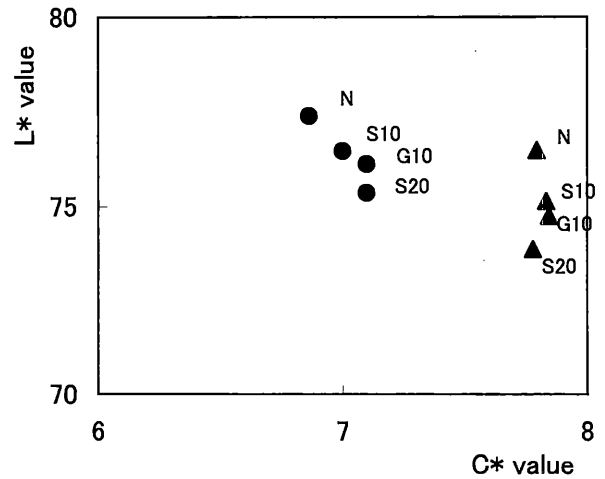


Fig. 8 Effect of storage time span on L* and C* values of repeatedly whipped, frozen and thawed cream.

Symbol and abbreviations:

(●) M: Milk cream.

(▲) MF: Milk fat cream after freezing-thawing.

N: control.

S10: Whipped cream with 10% sorbitol.

S20: Whipped cream with 20% sorbitol.

G10: Whipped cream with 10% sucrose.

L*value: the Lightness, C* value: the Chroma.

泡立て直後より減少し、赤色を示す a*値は顕著な違いはみられなかったが、黄色を示す b*値は増加していた。そこで、a*値と b*値より、彩度(C*)を求め($C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$)の平方根), Fig. 8 にホイップクリームの明度と彩度(C*)を示した。明度をY軸に彩度をX軸方向にプロットするとグラフは泡立て直後に比べて解凍後、右・下方向に移行しており、明度の減少と彩度の増加が認められた。

結 論

クリームを泡立てる場合、ソルビトールなどの糖類を10~20%添加することが気泡安定性に影響を及ぼし、ホイップクリームの冷凍保存における品質を保つ為に有効な手段であることが明らかとなった。

文 献

C. M. BRUHN, J. C. BRUHN (1988) Observation on the Whipping Characteristics of Cream, *J. Dairy Sci.*, **71**: 857-862.

科学技術庁資源調査会編 (2000) 五訂日本食品標準成分表. 初版. 206-207. 大蔵省印刷局. 東京.

上野川修一・菅野長右エ門・細野明義編 (1994) ミルクのサイエンス—ミルクの新しい働き—. 初版. 230-234. 全国農協乳業プラント協会. 東京.

熊沢英博・新美富男 (1998) ラモンド・スーパーミキサーによる気泡入り食品の連続. *食品と開発*, **33**: 57-59.

松野隆一・矢野俊正 (1996) 食品物理学. 初版. 143-

153. 文永堂. 東京.
- 宮川早苗編 (2000 a) 機能性甘味料の最新利用動向. 食品と開発, **35**: 34-40.
- 宮川早苗編 (2000 b) 無糖領域製品. 食品と開発, **35**: 68-69.
- 野田正幸 (1993) クリームの起泡性. 油化学, **42**: 788.
- 野口洋介 (1998) 牛乳・乳製品の知識. 初版. 58-67.
- 幸書房. 東京.
- 斉藤善一・五十嵐康雄 (1966) 凍結乳に関する研究Ⅲ. バターミルクの凍結保存. 日畜会報, **37**: 478-484.
- 山口和美・石下真人・鮫島邦彦 (2001) ホイップクリームの性状に関する研究—第3報: ホイップクリームの構造とその安定性—. Milk Science, **50**: 55-59.

