

バッチ式フリーザー製アイスクリームの物性改善

奥村幸広, 能登裕子

Improvement of the Physical Properties of Ice Cream Made with a Batch-type Freezer

Yukihiro Okumura and Hiroko Noto

To improve the structural aspects of ice cream made with a batch-type freezer, the relationship between the raw material components and physical properties was investigated. The Overrun of the ice cream increased with increasing solids-not-fat (SNF; 12% or more) and decreased with milk fat (12% or more). In terms of the hardness, an increase in the total solids made the ice cream softer, and an increase in the milk fat made it harder. In addition, the hardness decreased with glucose as a saccharide and increased with powdered starch syrup and dextrin. It was suggested that the hardness of the ice cream was associated with a freezing point depression of the mixed components.

KEY-WORDS : Ice cream, Batch-type freezer, Overrun, Hardness

キーワード : バッチ式フリーザー, アイスクリーム, オーバーラン, 硬度

北海道では、全国の50%以上を占める約380万トンの生乳が生産されている¹⁾。これらの生乳は、主に年間処理量1万トン以上の大手乳業工場に集乳され、飲用乳や乳製品原料に加工されている。しかしながら、道北や根釧地域などの主要酪農地域では、バター、クリーム、粉乳、加工原料向けチーズの工場が主流であるため、地元の生乳を原料とした飲用乳や乳製品に接する機会は限定的である。このような背景のもと、酪農地帯では、地元の生乳を用いた牛乳や乳製品づくりが近年盛んとなっており、特に、賞味期限の長いカップ詰アイスクリーム類製造への参入事例が多い。

カップ詰アイスクリームは、殺菌したミックスをフリーザーでソフトクリーム状に冷却し、容器に充填した後、低温で硬化させて製造される。大規模工場では、毎時100L以上の処理能力を有する連続式フリーザーが、また

小規模工房や飲食店規模では、バッチあたりの処理能力として2~20L程度のバッチ式フリーザーが使用される。連続式フリーザーでは、ダッシャー形状、回転数、冷却速度等の製造条件を変更することにより、製品の物性を制御することが可能である。一方、バッチ式フリーザーでは、製造条件設定の自由度が低く、カップ詰アイスクリームの物性を制御することが困難である。そのため、バッチ式フリーザーを使用したカップ詰アイスクリーム製造においては、製品の物性はミックスの配合に大きく依存する。具体的には、バッチ式によるアイスクリーム類は、連続式に比べてオーバーランが低く、アイスが硬く仕上がる傾向にあり、これらを改善するには、原料配合によって対応することが必要となる。

そこで、本研究では、小規模工房で使用されるバッチ式フリーザーを用いて、各種配合のカップ詰アイスク

事業名：受託研究

課題名：地場産生乳を原料とするアイスクリームの物性改善に関する研究

リームを試作し、原料配合と製品物性、特にオーバーランとアイスクリーム硬度の関係について検討した。

1. 実験方法

(1) 実験材料

乳および乳製品原料は、牛乳（成分無調整、よつ葉乳業、乳脂肪3.9% (w/w)、無脂乳固形分（以下、SNF）8.7% (w/w)、脱脂粉乳（明治、乳脂肪1.0% (w/w)、SNF 95.0% (w/w)、クリーム（よつ葉乳業、乳脂肪47.0% (w/w)、SNF 3.5% (w/w)）を使用した。糖類は、ショ糖（ビートグラニュー糖、日本甜菜製糖）、ブドウ糖（サンエイ糖化）、粉末水飴（商品名：らん、林原、DE値26~30）、デキストリン（商品名：サンデック#100、三和澱粉、DE値10~30）を使用した。添加物は、コンプリタル・ミルクベース（エフエムアイ、以下、F社混合添加物）、ローカストビーンガム、キサントガム、ペクチン（以上、太陽化学）、ゼラチン（豚由来、富澤商店）を使用した。

(2) アイスクリームの製造

2 kgの牛乳に原料を各種の配合で混合し、68℃ 30分の保持式殺菌の後、5℃で一晩エージングしてミックスを調製した。これを、バッチ式フリーザー（HTF-240II型、エフエムアイ）にて、終点-8~-10℃でフリージングし、120ml容カップに充填、-25℃で1週間以上静置して硬化させた（以下、アイスとする）。

(3) オーバーランおよび硬度の測定

オーバーランは、フリージング中の気泡に起因する体積の増加割合を示すことから、ミックス比重 (D_{mix}) とアイス比重 (D_{ice}) を測定し、式(1)より算出した。

$$\text{オーバーラン} = ((D_{mix} \div D_{ice}) - 1) \times 100 \quad \cdot \cdot (1)$$

硬度は、レオメータ（CR-200DS-20K型、サン科学）による貫入強度にて評価した。25mm幅×2mm厚の板状プランジャーを使用し、貫入速度40mm/min、最大荷重8 kgにて測定し、最大荷重をアイス硬度とした。試料は、アイスクリーム類販売時の店頭温度、並びに喫食直前の家庭用冷凍庫の温度を考慮し、アイスに-15℃の冷凍庫で一晩保管した後、緩急強度を測定した。

2. 実験結果および考察

(1) 乳脂肪、SNF、全固形とアイス物性

乳脂肪8.5% (w/w)、SNF 9.0% (w/w)、全固形38.1% (w/w)、糖類としてショ糖のみを使用したものを基本配合として設定した。乳脂肪はクリーム、SNFは脱脂粉乳、全固形はショ糖を用いて、所定の組成となるよう配合したアイスを試作し、オーバーランと硬度を測定し

た。オーバーランは、SNF 12.0% (w/w) 以上で上昇、乳脂肪12.0% (w/w) 以上で低下し、全固形とオーバーランの間には、明確な相関は見られなかった（図1 A）。一方、硬度については、SNFとの関連は見られず、乳脂肪の増加に従って上昇し、全固形の増加に従って低下した（図1 B）。

オーバーランによる体積増は、製造歩留に直結するため、コスト面で重要な要因である。オーバーランを高めるには、SNFの増加が有効であったが、一方で、高SNF組成のアイスでは、えぐみの発生や、砂状組織による食感のざらつきを誘発することが知られている。アイスの保存試験では、SNF 12% (w/w) 以上では製造40日後から、SNF 16% (w/w) 以上では製造20日後から、官能的に砂状組織によるざらつきが確認された（データ未掲載）ことから、長期流通を想定する場合、オーバーラン向上を目的として過度にSNF配合を増加させるのは、適切ではないと考えられた。一方で、製造から喫食までの期間の短い、ソフトクリームや店頭提供型アイスクリームの場合には、SNF配合を高めに設定しても、砂状組織に起因するざらつきが感じられにくいことが示唆された。

アイス硬度に対しては、乳脂肪を増加させることで硬くなり、ショ糖により全固形を高めることでアイスは柔らかくなることが明らかになった。乳脂肪の融点は40℃程度であり、乳脂肪の増加によるアイス硬度の上昇は、乳脂肪の固化に起因すると推測された。一方、全固形の影響は、凝固点降下によるものと推測された。また、近年の低カロリー・低甘味志向に対応し、アイスの甘味度を抑えた配合が増えているが、これに対して糖類配合を抑えると、アイス硬度が上昇し、硬いアイスとなる傾向が示唆された。

(2) 糖類とアイス物性

乳脂肪8.5% (w/w)、SNF 9.0% (w/w)、全固形38.1% (w/w) を基本配合とし、ショ糖以外の糖類を使用した際のアイス物性に対する影響を確認した。ショ糖に対し、ブドウ糖、粉末水飴、デキストリンを用いて所定の量を置換したアイスを試作し、オーバーランと硬度を測定した。粉末水飴75% (w/w) 以上、およびデキストリン50% (w/w) 以上では、フリージング中にミックスの粘度が過大となり、終了温度達温前に装置が停止した。オーバーランは、ブドウ糖の増加に従って顕著に上昇したが、粉末水飴とデキストリンでは明確な傾向は見られなかった（図2 A）。一方、硬度については、ブドウ糖の増加に従って低下したが、粉末水飴およびデキストリンの増加に伴って上昇し、粉末水飴よりデキストリンがより顕著に上昇した（図2 B）。

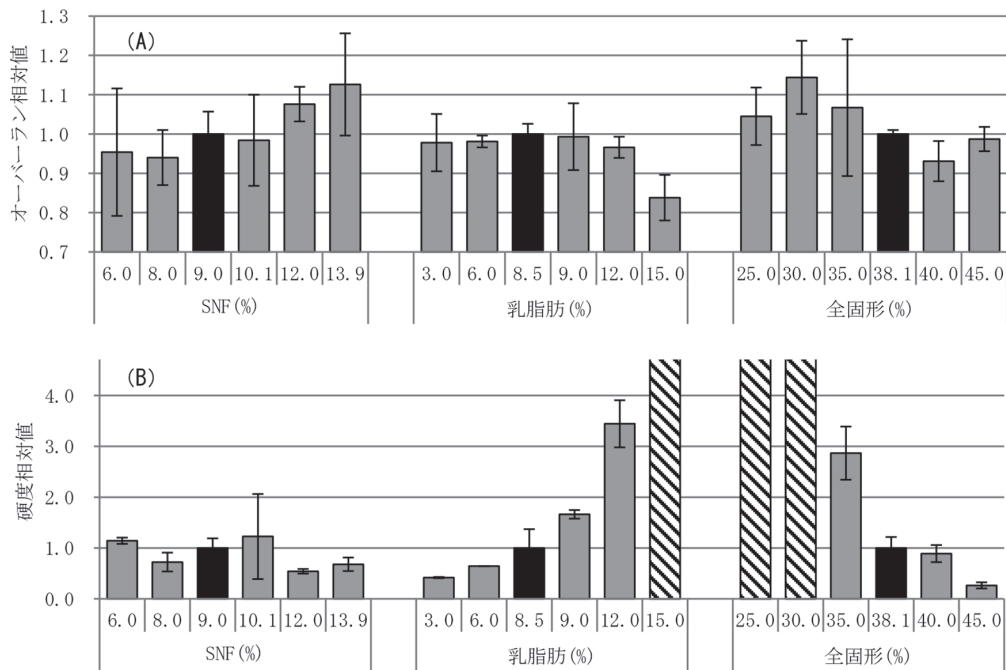


図1 各種成分の配合と物性

図中の黒塗りは基本配合（乳脂肪8.5%（w/w），SNF 9.0%（w/w），全固形38.1%（w/w））を示す．図中の網掛けは，測定上限を超過したことを示す．オーバーラン（A）とアイス硬度（B）は基本配合に対する相対値で表記した．エラーバーは標準偏差（図A：n = 4，図B：n = 3）を示す．

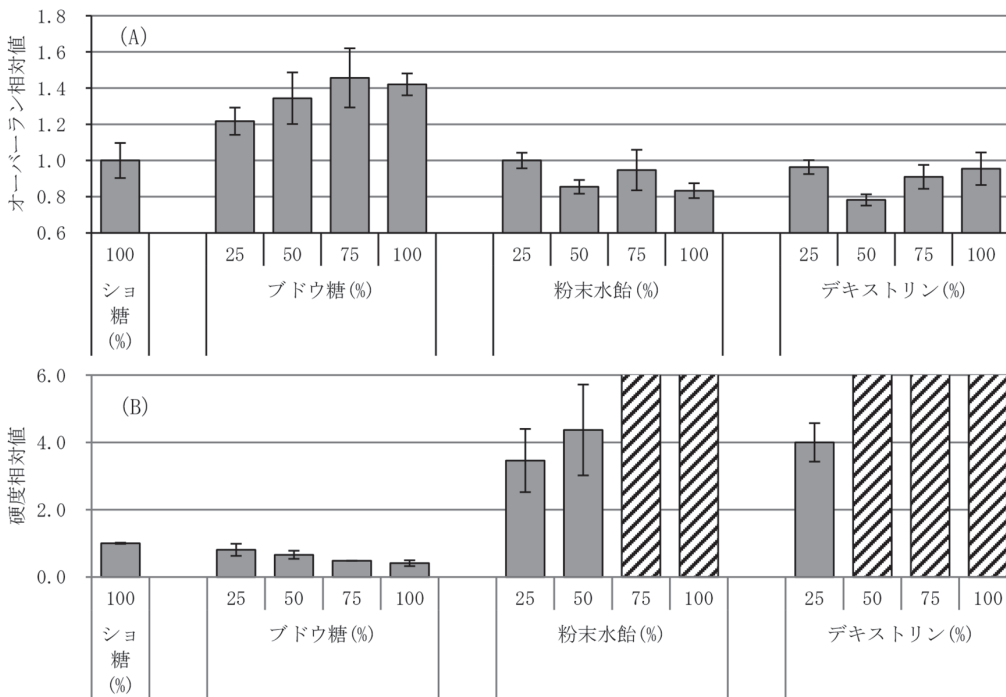


図2 各種成分の配合と物性

基本配合は乳脂肪8.5%（w/w），SNF 9.0%（w/w），全固形38.1%（w/w）とし，糖類配合率は，ショ糖を表記の割合で置換したことを示す．図中の網掛けは，測定最大値を超過したことを示す．オーバーラン（A）とアイス硬度（B）はショ糖100%（w/w）に対する相対値で表記した．エラーバーは標準偏差（図2A：n = 4，図2B：n = 3）を示す．

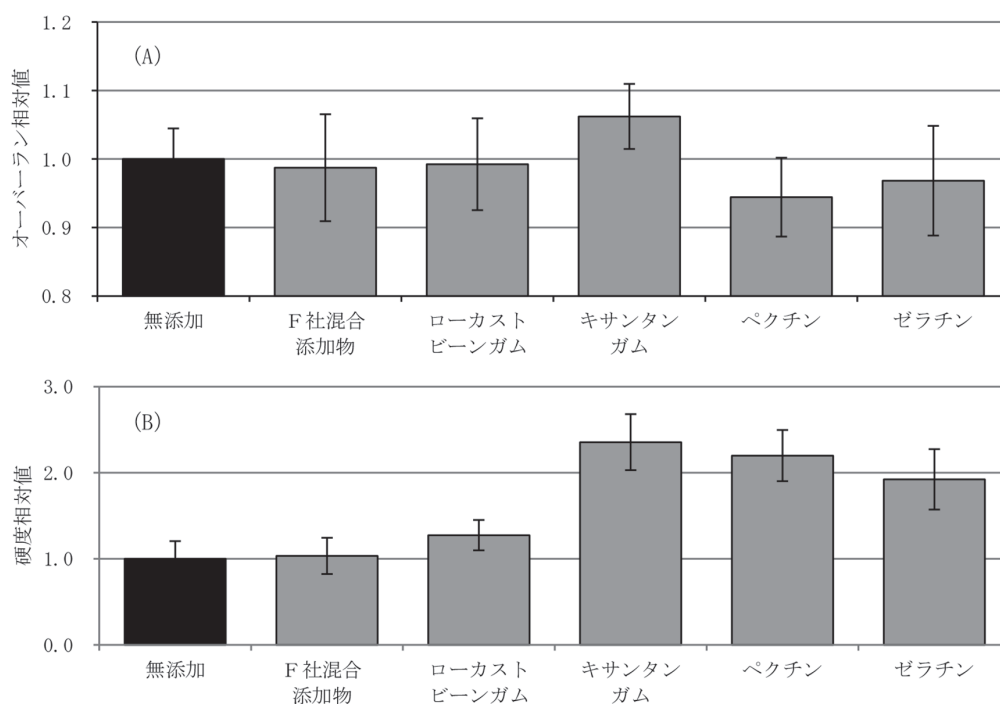


図3 添加物の使用と物性

基本配合は乳脂肪8.5% (w/w), SNF 9.0% (w/w), 全固形38.1% (w/w) とした。オーバーラン (A) とアイス硬度 (B) は無添加に対する相対値で表記した。エラーバーは標準偏差 (図A: $n = 3$, 図B: $n = 4$) を示す。

本研究で使用した糖類の分子量は、ショ糖が342, ブドウ糖が180であり、粉末水飴とデキストリンはDE値よりそれぞれ平均分子量500~700, 700~1700と推定される。よって、凝固点降下は、ブドウ糖が最も大きく、次いでショ糖, 粉末水飴, デキストリンの順となり, これは図2Bの硬度の傾向と一致する。したがって, 糖類組成とアイス硬度の関係性は, 全固形と同様に, 凝固点降下に起因すると考えられた。また, ブドウ糖, 粉末水飴, デキストリンは, いずれもショ糖よりも甘味度が低い²⁾ことから, 前述の低甘味志向に対し, ショ糖からこれらに置換することで, 全固形を維持しつつ甘味度とアイス硬度の制御が可能と考えられた。この場合, 糖類の分子量によってアイス硬度が影響されることから, 糖類, 特に粉末水飴の使用にあたっては, DE値を確認のうえ素材を選択することが重要と考えられた。

(3) 添加物とアイス物性

アイスクリーム製造では添加物として主に乳化剤と安定剤が使用される。安定剤の効果は, ミックスの粘度保持, 乳化性の向上, 氷晶を微細に抑えて滑らかな食感を与える³⁾などが知られているが, オーバーランや硬度に対する影響は明らかとなっていない。そこで, 5種類の安定剤について, その効果を確認した。基本配合は, 乳脂肪8.5%

(w/w), SNF 9.0% (w/w), 全固形38.1% (w/w) とし, 糖類としてショ糖を使用した。添加物の使用量は, F社混合添加物は1% (w/w), 他の添加物は0.3% (w/w) とした。オーバーランに関しては, 添加物の使用によって変化は見られなかった (図3A) が, 硬度は, F社混合添加物とローカストビーンガムでは無添加とほぼ同等で, キサンタンガム, ペクチンおよびゼラチンの使用により, 硬度が上昇した (図3B)。

前述したとおり, ブドウ糖の使用は, 全固形を維持しつつ甘味度を抑え, アイス硬度を低下させるのに有効であるが, アイスが融解しやすく, 喫食中に融解したミックスが分離しやすい側面を持つ。融解ミックス分離の対策としては, 添加物の使用によりミックスの粘度を高めることが有効である³⁾が, 図3Bのとおり, 添加物の種類によっては, アイス硬度に影響を与えることから, 添加物の使用にあたっては, アイス硬度への影響の少ないものを選択することが重要であることが示唆された。

3. 要約

バッチ式フリーザーによるカップ詰アイスクリーム製造において, 原料配合と物性の関係を検討した。オーバーランは, SNFの増大, およびブドウ糖の使用により上昇,

乳脂肪12%以上では低下した。アイス硬度は、全固形の増大により低下，乳脂肪の増大により上昇した。また，糖類としてブドウ糖を使用することで硬度は低下，粉末水飴およびデキストリンにより硬度は上昇したことから，硬度の変化はミックス成分の凝固点降下に起因することが示唆された。

文 献

- 1) 北海道の酪農・畜産をめぐる情勢，平成27年，北海道。
- 2) 前橋健二（2011）．甘味の基礎知識，日本醸造協会誌，**106**，12，818-825.
- 3) アイスクリームの製造，光琳。