

アイスクリームの保存温度の変動による 氷結晶形態の変化

Observation of Ice Crystal Shapes in Ice Cream by Changes of Preservation Temperature

則竹(安藤) 寛子*[†] 加藤 豊望* 梶原 一人*

鈴木 徹**

Hiroko NORITAKE-ANDO Toyomi KATO Kazuhito KAJIWARA

Toru SUZUKI

* 東京工科大学応用生物学部 (192-0982 東京都八王子市片倉町 1404-1)

School of Bioscience and Biotechnology, Tokyo University of Technology
 (1404-1 Katakura-machi, Hachioji-ci, Tokyo 192-0982)

** 東京海洋大学海洋科学科食品生産科学部 (108-8477 東京都港区港南 4-5-7)

Department of Food Science and Technology, Tokyo University of Marine Science and
 Technology (4-5-7 Kounan, Minato-ku, Tokyo, 108-8477)

Summary

The quality of ice cream surface degrades significantly from alteration of the surface properties due to the repetition of thaw-recrystallizing accompanied with temperature vibration at subzero temperature, a little above the melting temperature. For understanding the phenomena in detail, ice crystals in ice cream after once thawed and recrystallized was observed morphologically, and evaluated quantitatively by fractal analysis. It was shown that the shape of ice crystal recrystallized from once thawed ice cream was modified from round shape to complex shape, of which the degree depended on thawing temperature at subzero temperature. However, the ice crystal returned gradually into round shape with increasing the holding time at the thawing temperature. These phenomena would be caused by spatial micro distribution of high concentration part which was organized in thawed ice cream by freezing concentration. That is, the complex ice crystal formed in thawed ice cream at subzero temperature would be induced by losing the micro uniformity of concentration.

Key words: Ice, Thawing, Ice cream, Refreezing, Fractal

[†]Fax:+81 3-3456-7890 E-mail: hiando@bs.teu.ac.jp

Paper presented at 2011 JSRAE Annual Conference, September 14 - 17, 2011, Tokyo, Japan.

1. 緒言

アイスクリームは数多くの食品の中で、“凍ったまま”食する特異な食品である。そのおいしさを決定するファクターの1つに、氷結晶の量・サイズ・形状がある。保存中、氷結晶は成長・凝集を繰り返し、アイスクリームの品質を低下させる¹⁻³⁾。多くの場合、氷結晶の成長は、オストワルドライプニングと言われる熱的な変化によって説明されている⁴⁾。これによれば、氷結晶サイズに依存した融点の差により、2 μm 以下の小さな氷結晶はより大きな結晶へ取り込まれ成長する。また近年、保存中の氷結晶形態の変化は、2次元画像のフラクタル解析より検討された。その結果、アイスクリーム中には、フラクタル次元1で示される粒径が小さい氷結晶とフラクタル次元2の大きな氷結晶が存在することが示された。そして、保存時間に伴い大きな氷結晶のフラクタル次元は小さくなることが示された⁵⁾。

一方、製品としてのアイスクリームは、輸送中に起こる温度変動によって熱的なショックを絶えず受けている。アイスクリームの融点は、その組成によって異なるものの、いずれも0 $^{\circ}\text{C}$ よりも低い。従って、温度変動がマイナス温度域に限定されていても、温度が融点付近になると、その状態はダイナミックに変化していることが予想される。特に、表面付近は温度変動に敏感であり、氷結晶の完全な融解が起きる可能性がある。凍結食品の表面における氷結晶の完全な融解は、既往の研究においても予想されており、再凍結時に核形成をコントロールできないため、著しい品質低下を引き起こすと言われている⁶⁾。しかし、アイスクリームにおいて、このような一時的な解凍、そして再凍結のプロセスに注目して研究が行われることはなかった。

そこで本研究では、マイナス温度域における解凍の影響を理解することを目的に、解凍・再凍結後にアイスクリーム中に形成される氷結晶を観察することとした。光学顕微鏡観察によって得られた氷結晶の形態を、フラクタル解析することで、解凍した温度が再凍結後の氷結晶形態に及ぼす影響を確認した。

2. 試料と実験方法

2.1. DSC 測定

Table 1 に示す成分で構成されたアイスクリームミックスを40 μL アルミニウムセル(Mettler Toledo, USA)に約6mg入れた。水分量の変動を防ぐため、蓋をしてセルクリンパを用いてシールした。基準として空のアルミニウムセルを用い、キャリブレーションには純水(融点0.0 $^{\circ}\text{C}$)を用いた。

DSC(DSC821 $^{\circ}$, Mettler Toledo, USA)本体に液体窒素タンクを装着し、走査範囲-30~25 $^{\circ}\text{C}$ 、走査速度10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ にて測定を行った。測定終了後、ソフトウエアSTAR $^{\circ}$ (Mettler Toledo, USA)を用いて、DSC曲線より融点(T_m)を求めた。

Table 1 Composition of the ice cream mix.

Content	%
Water	63
Sugar	15
Solid no fat	9.0
Vegetable oils and fats	5.3
Milk fat	3.0
Others	4.7

2.2 光学顕微鏡観察

アイスクリームミックス3.0 μL をスライドガラス上に滴下し、気泡が混入しないように注意しながらカバーガラスを被せた。これをコールドステージ(LK-600MS, ジャパンハイテック)にセットし、-30 $^{\circ}\text{C}$ まで温度を降下、凍結させた。走査速度は10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ とし、詳しい測定条件をFig.1に示す。次いで、アイスクリームを解凍させるため、所定の解凍温度(-0.6, -0.1, 0.2, 0.4 $^{\circ}\text{C}$)まで温度を上昇させた。その後、各解凍温度にて0, 10, 20, 30分間解凍状態を保持した後、再び、-30 $^{\circ}\text{C}$ まで温度を降下、再凍結させた。明瞭に氷結晶形態を観察するため、-5 $^{\circ}\text{C}$ まで温度を上昇、20分間温度を保持し氷