

別添3

平成 28 年度畜産物輸出特別支援事業(27 補正予算)
牛乳乳製品輸出促進関連事業 牛乳乳製品の冷凍・輸送技術の実証

「牛乳・乳製品の風味を損なわずに冷凍可能な急速冷凍技術等の実証、分析」
報告書

2016 年 11 月 25 日

一般社団法人 日本乳業協会

仕様書

1. 事業名

「牛乳・乳製品の風味を損なわずに冷凍可能な急速冷凍技術等の実証、分析」

2. 業務の目的

牛乳乳製品の風味を損なわずに冷凍可能な急速冷凍技術の実証・分析を実施し、賞味期限の延長に資する技術を開発し、日本からの輸出を検討する乳業メーカーに提供することで、日本産牛乳乳製品の輸出促進を図ることとする。

3. 対象商品

- ①牛乳 ②クリーム ③乳等を主要原料とした食品 ④ヨーグルト ⑤洋生菓子(プリン)
- ⑥ナチュラルチーズ

4. 業務の内容

(1)実証・分析

- ①上記 6 品目において、急速冷凍(2 種類)及び緩慢冷凍による実証試験を実施し、凍結方法の違いによる製品に対する影響を検証すること。

その際、風味を損なわないようにするための条件設が可能となるよう取り組むこと。

- ②凍結前及び解凍後の上記 6 品目において、微生物及び官能検査を公的検査機関等において実施し、凍結による風味の変化・劣化の有無等を検証すること。

(2)調査結果の取りまとめ

- (1)で得た情報をとりまとめたうえで、試験実施者の独自の考察を入れ、多角的かつ専門的な見地から報告すること。

5. 期間

契約日から平成 28 年 11 月 30 日まで

6. 成果品

評価結果報告書(A4 版カラー30 ページ程度) 1 部

目次

第1章 試験方法

1. 試験概要	1
2. 凍結方法 2	
2-1. 凍結装置	2
2-2. 凍結品目	3
3. 分析方法	4

第2章 結果

1. 凍結過程及び凍結物	
(1)凍結製品の全工程の温度	5
(2)凍結曲線	7
(3)氷結晶の状態	12
(4)凍結後の外観	15
2. 解凍後サンプル	
(1)凍結後内容物の外観	17
(2)粒度分布	22
(3)沈殿量	24
(4)硬度	24
(5)微生物検査	25
(6)官能検査	32

第3章 考察

1. 牛乳	37
2. クリーム	39
3. 乳等を主要原料とする食品	40
4. 発酵乳	41
5. 洋生菓子	42
6. ナチュラルチーズ	43

第1章 試験方法

1. 試験概要

牛乳、乳製品は①10℃以下の保冷車で株式会社前川製作所(本社 東京都江東区)の守谷工場へ搬入し、②冷蔵コンテナにて一時保管した。③製品のほぼ中心に温度センサーを取り付け、保管と凍結の温度を計測した。

凍結には④-1 恒温機(緩慢凍結)、④-2 サーモジャックフリーザー(急速凍結)、④-3 パスカル冷凍機(超低温急速凍結)を使用した。製品中心凍結温度が-18℃以下になったことを確認し、各冷凍機より製品を取り出し、⑤段ボールに詰め替え恒温機で保管した。

⑥製品は冷凍保冷車に積み替え協同乳業株式会社の指定保管庫に移し、約1ヶ月保管した。

⑦品質評価は、P4の分析方法にて各凍結方法、各品目で比較し評価した。



①冷蔵保冷車で搬入

②冷蔵コンテナで保管

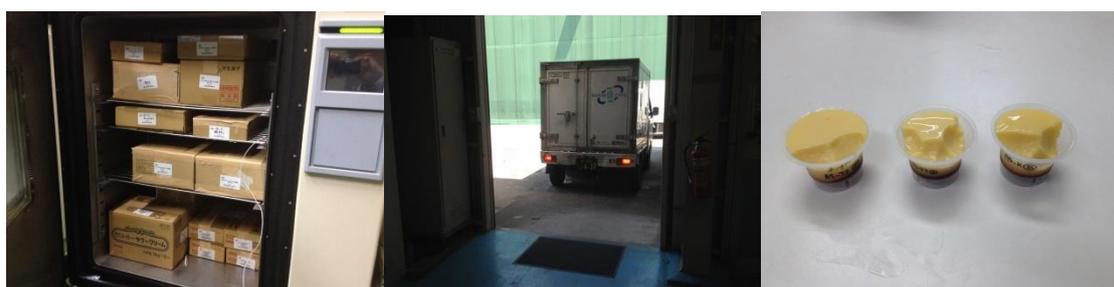
③温度センサーの取り付け



④-1恒温機で凍結

④-2 サーモジャックで凍結

④-3 パスカル冷凍機で凍結



⑤ダンボールに入れ替え

⑥冷凍保冷車で搬出

⑦品質評価

図1. 搬入から評価までの流れ

2. 凍結方法

2-1 凍結装置

(1)緩慢凍結は恒温機を使用。-25℃にセットし製品を凍結した。



図 2. 緩慢凍結に使用した恒温機

(2)急速凍結は、サーモジャックフリーザーを使用。庫内温度を-40℃に設定し、製品には風速およそ 15m/sec.の冷風が当たる環境を作り、ステンレスメッシュベルトにて製品を凍結した。



図 3. 急速凍結に使用したサーモジャックフリーザー

(3)超低温急速凍結は、パスカル冷凍機と防熱チャンバーを使用。チャンバー内を約-80℃になるように冷凍機を調整し、製品を投入、凍結した。



図 4. 超低温急速凍結に使用したパスカル冷凍機とチャンバー

2-2. 凍結品目

凍結品は下記(表 1)の6品目を用いた。

表 1. 品目と記号の一覧表

品目	容量	種類別	規格、成分等	緩慢凍結 記号	急速凍結 記号	超低温急速 凍結 記号
① 牛乳	1,000ml	牛乳	MF 3.7%以上 SNF 8.5%以上	A1-K	A1-TJ	A1-PA
② クリーム ホワイト	1,000ml	クリーム	MF 47%	A2-K	A2-TJ	A2-PA
③ ニュー ホイップ	1,000ml	乳等を主要 原料とする 食品	MF6.0% VF 27.0%	A3-K	A3-TJ	A3-PA
④ ヨーグルト	100g	発酵乳	MF 2.1% SNF 10.0%	A4-K	A4-TJ	A4-PA
⑤ カスタードプリン	70g	洋生菓子		A5-K	A5-TJ	A5-PA
⑥ クリーム チーズ	100g	ナチュラル チーズ		A6-K	A6-TJ	A6-PA



図 5. 使用した牛乳、乳製品

3. 分析方法

3-1 凍結過程及び凍結サンプル

(1)凍結製品全工程の温度

牛乳、ヨーグルト、カスタードプリンについて凍結過程、冷凍保管、冷凍輸送及び冷凍保管の全工程の温度を測定した。

(2)凍結曲線

前川製作所各凍結装置にて、凍結中の各品目中心温度を測定し凍結曲線を作成、分析した。

(3)氷結晶の状態

前川製作所にて、各凍結装置で採取した各品目の氷結晶の大きさを観察した。(牛乳、クリームホワイト、ニューホイップ、カスタードプリンのみ)

(4)凍結後の外観

前川製作所にて、各凍結装置で採取した各品目の外観を目視にて観察した。

3-2 解凍後サンプル (解凍は 10°C2 日間)

(1)解凍後内容物の外観

前川製作所にて、各凍結装置にて採取した各品目を10°Cで解凍。内容物の外観を目視にて確認した。

(2)粒度分布

一般財団法人日本食品分析センターにて、10°C解凍品の粒度分布を測定した。(牛乳のみ)

(3)沈殿量

協同乳業研究所にて、遠心分離による沈殿量を測定した。(牛乳のみ)

(4)硬度

協同乳業研究所にて、硬度を測定した。(カスタードプリンのみ)

(5)微生物検査

一般財団法人日本食品分析センターにて、各品目の細菌数(生菌数)、大腸菌群を測定した。

(6)官能評価

一般財団法人日本食品分析センターにて、12 人のパネリストが濃厚感、甘味、後味、舌触り、鼻に抜けるにおい等の項目を「-3」~「3」の7段階で評価した。0 はコントロール(未凍結品)とした。

第2章 結果

1. 凍結過程及び凍結物

(1)凍結製品の全工程の温度

牛乳、ヨーグルト、カスタードプリンについて凍結、冷凍保管、冷凍輸送および冷凍保管の全工程の温度を計測した。

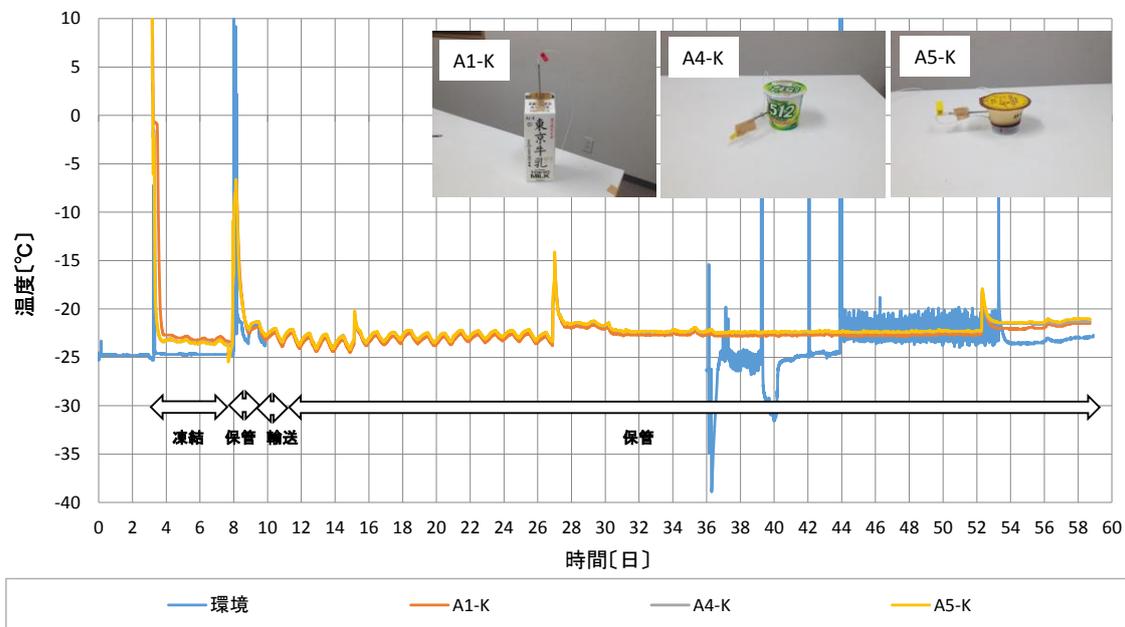


図 1. 各緩慢凍結製品の全工程温度

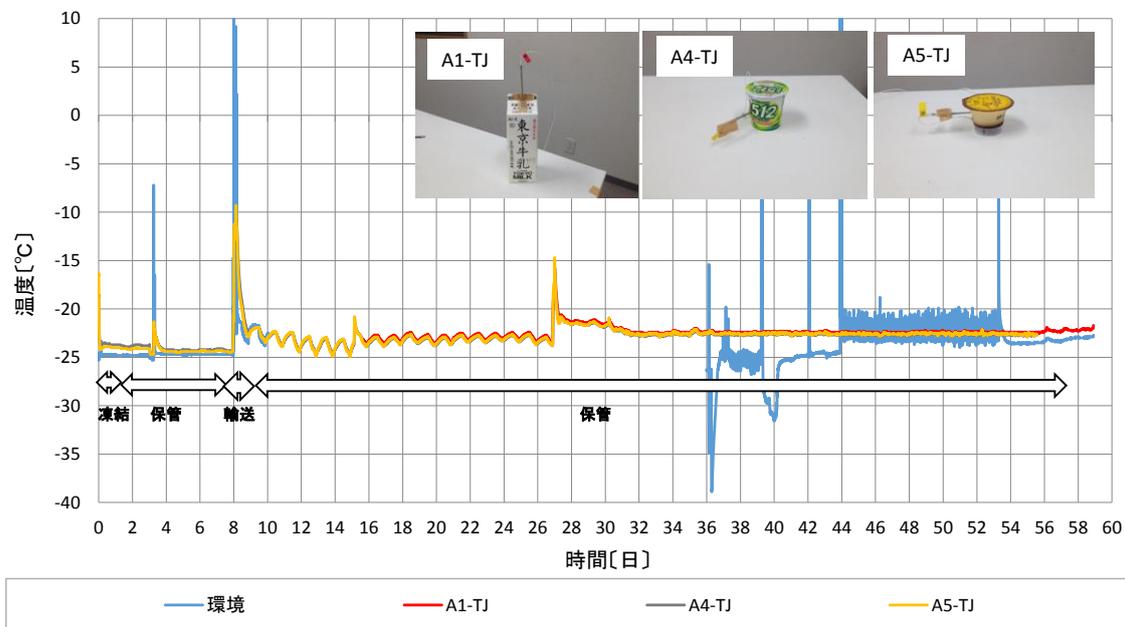


図 2. 各急速凍結製品の全工程温度

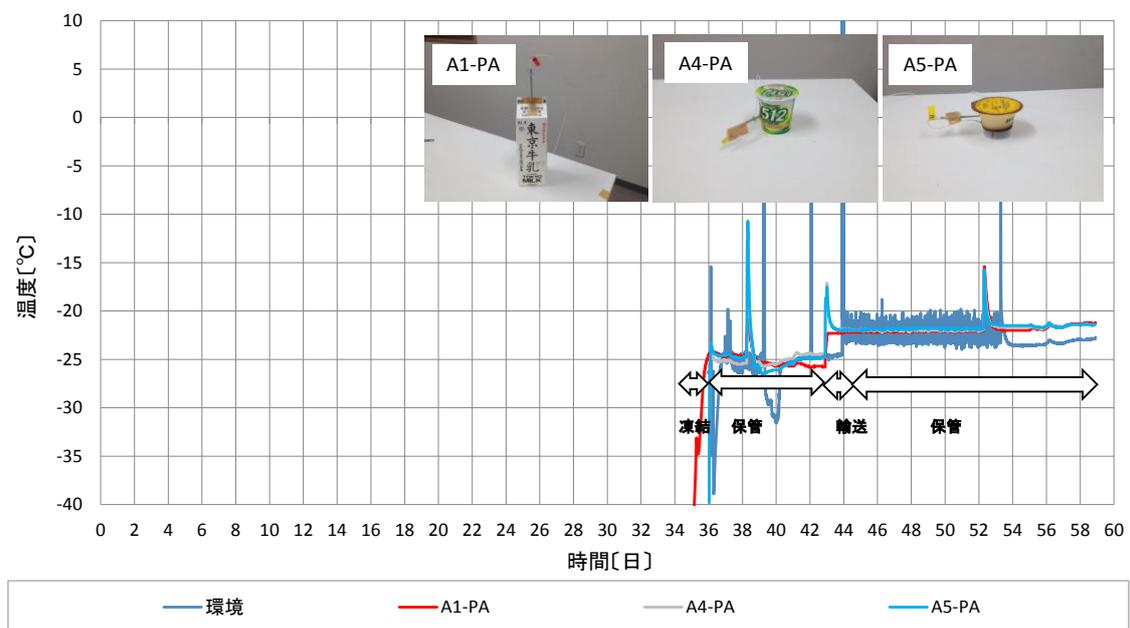


図 3. 各超低温急速凍結製品の全工程温度

(2)凍結曲線

凍結曲線は製品の凍結履歴を示し、特に潜熱帯または最大氷結晶生成帯と呼ばれる水から氷へ状態変化する温度帯の通過時間を比較することで品質の差を予測することが出来る。そこで各製品について3つの凍結方法における凍結曲線の比較を図6に、潜熱帯通過時間を図7に示す。

また、図4、図5に凍結曲線の見方を示す。氷結晶の成長は潜熱帯の通過時間で決まる。今回の試験では緩慢凍結が最もゆっくり凍結し、急速凍結、超低温急速凍結の順に速度が上がる。ほとんどの試験区がこの順で凍結速度が上がっているが、A1のみ緩慢凍結と急速凍結はほとんど変わらない通過時間であった。

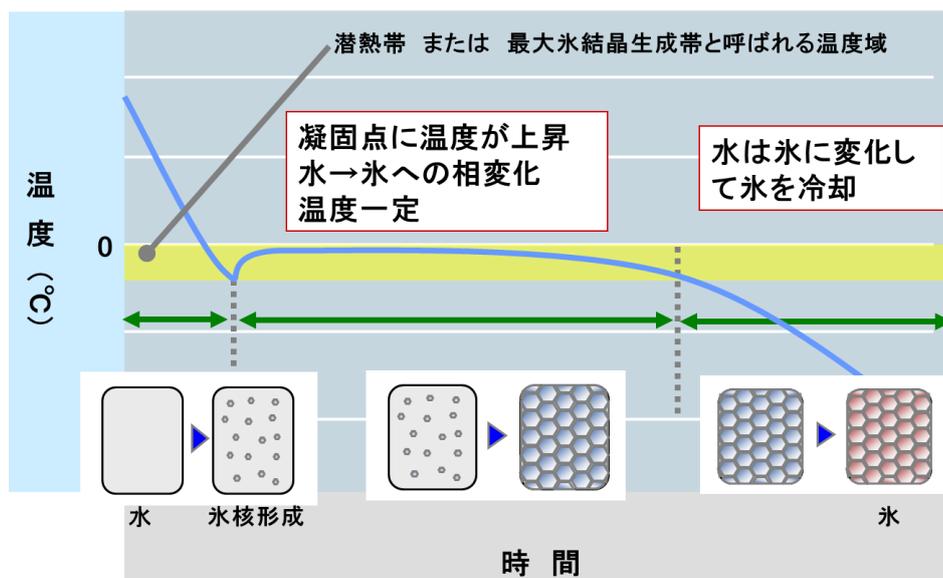


図 4. 凍結曲線の見方

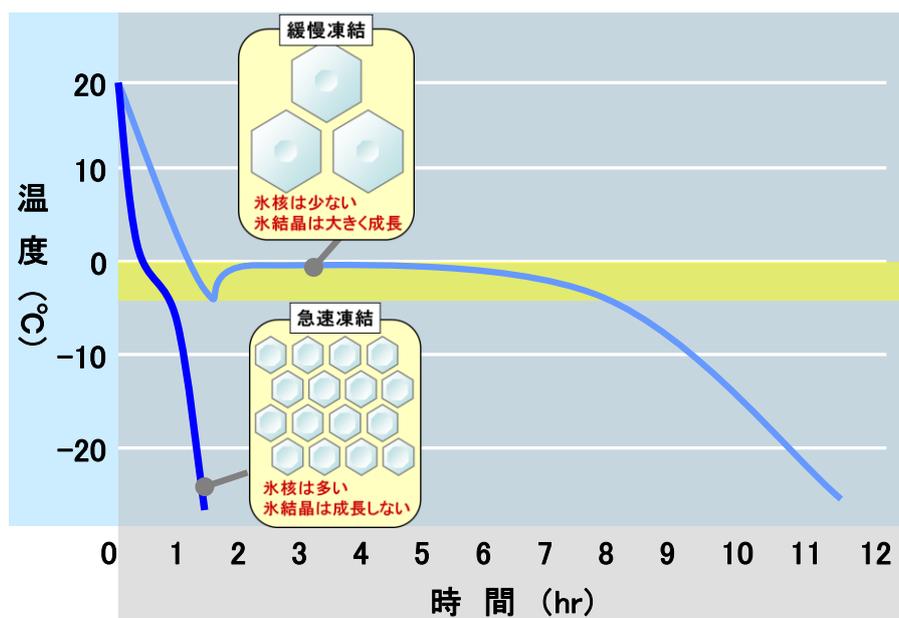


図 5. 緩慢凍結と急速凍結のイメージ

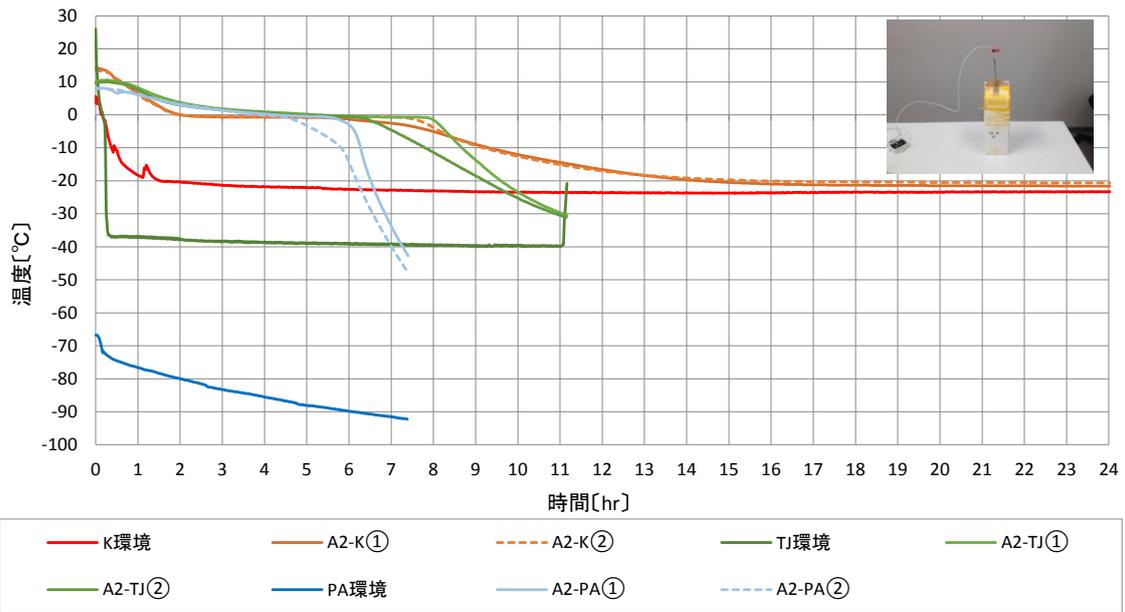
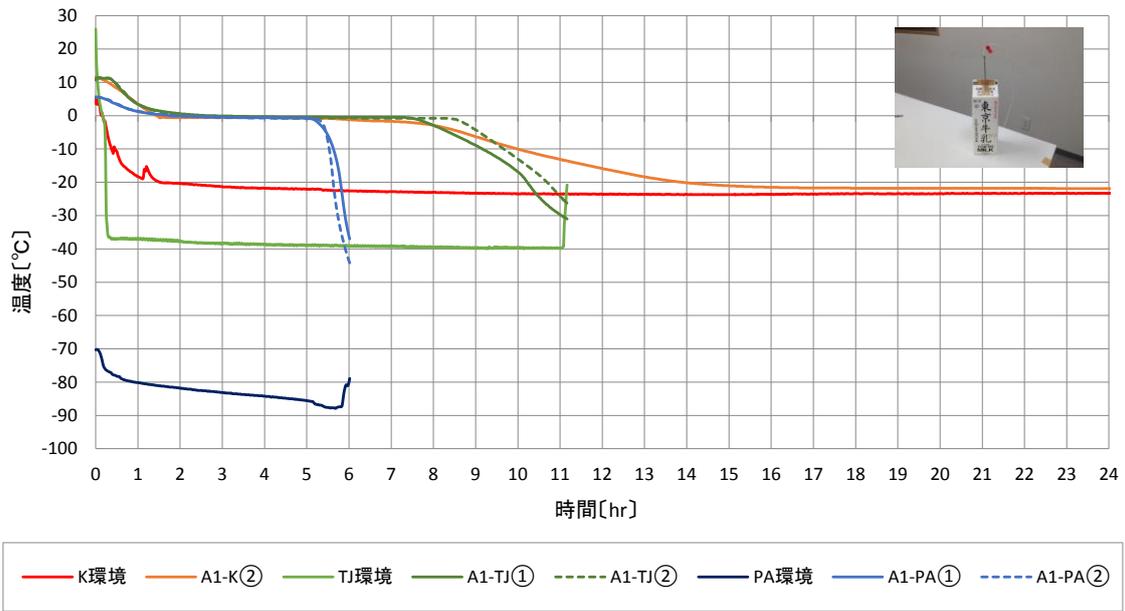


図 6-①凍結曲線の比較(上:牛乳、下:クリーム)

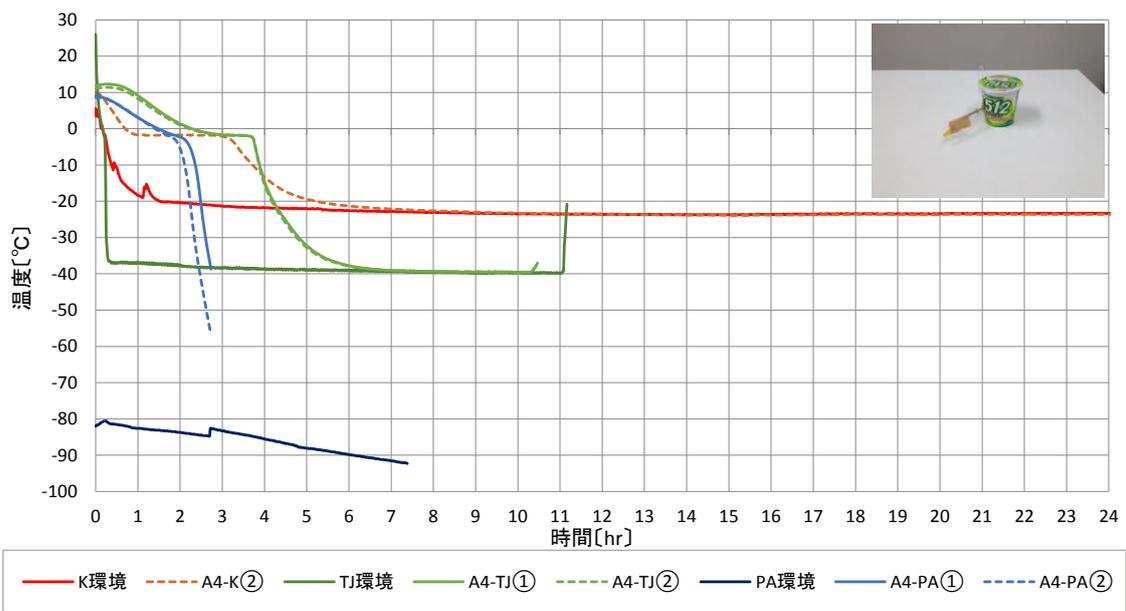
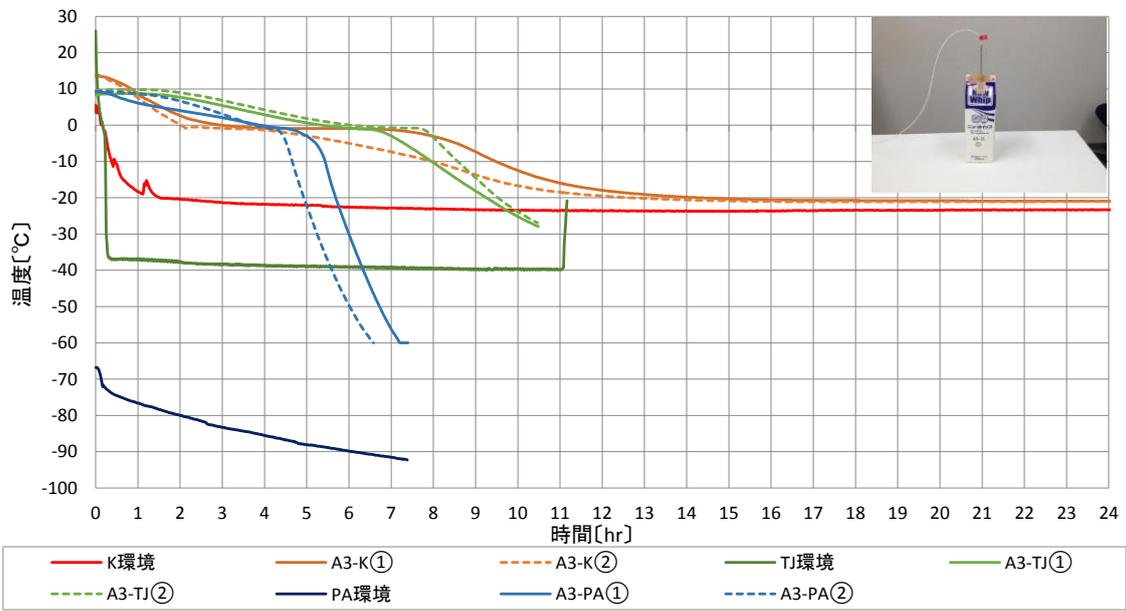


図 6-②凍結曲線の比較(上:乳等を主要原料とした食品、下:発酵乳)

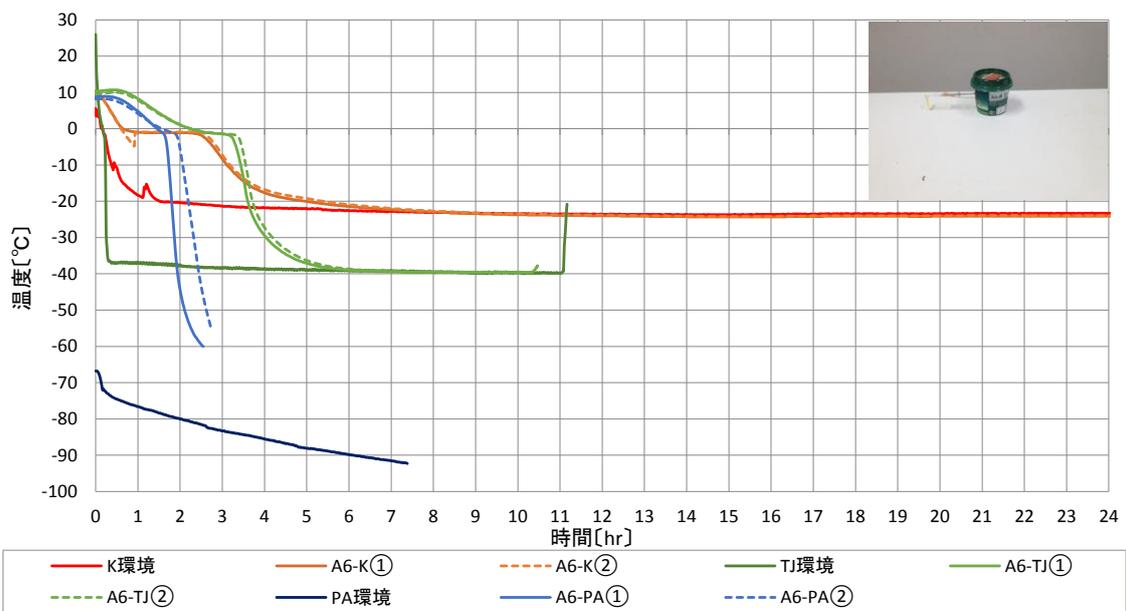
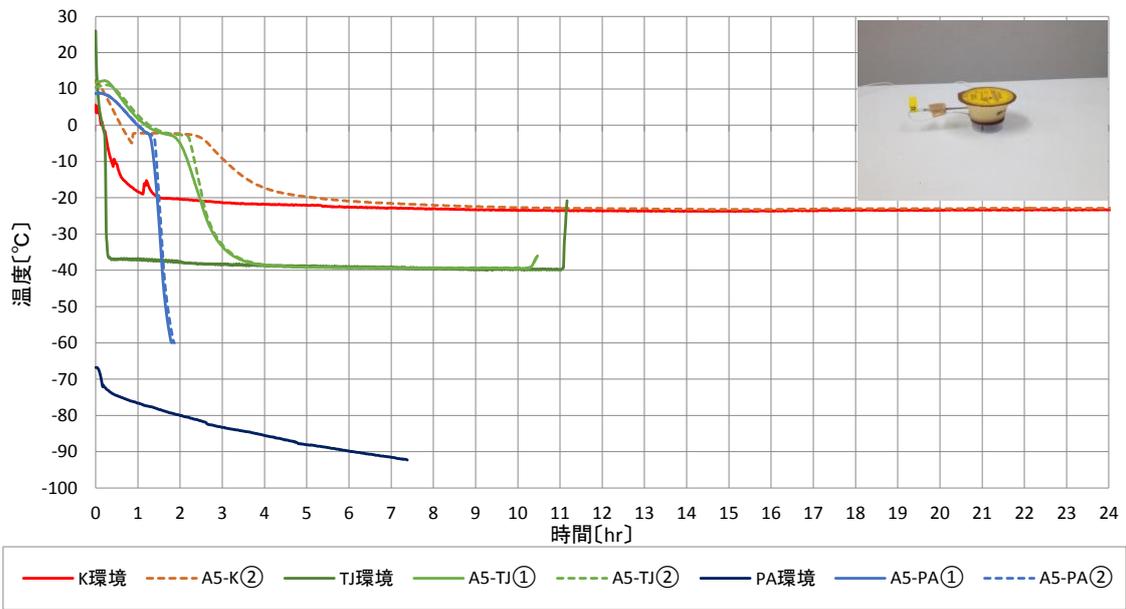


図 6-③凍結曲線の比較(上:洋生菓子、下:ナチュラルチーズ)

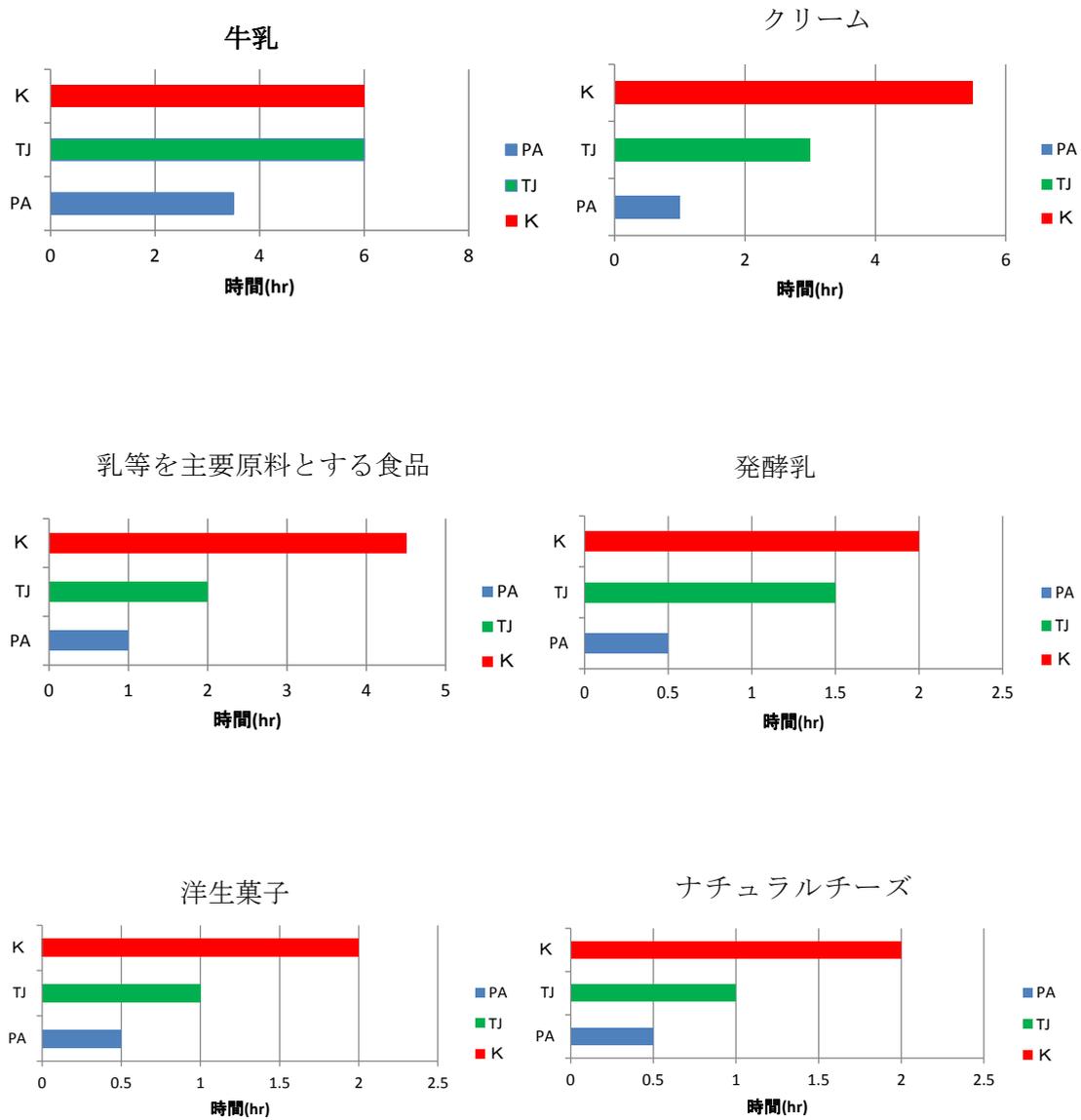


図 7. 潜熱帯通過時間の比較

(3)氷結晶の状態

水は凍結速度が遅いと集まり大きな結晶が出来、凍結速度が速いとそこにとどまり小さい結晶が多数できる傾向がある。食品の凍結では細胞の破壊や分子の濃縮、凝集などの現象が発生して、品質に変化をもたらす。このため、凍結曲線と氷結晶の状態を観察することで凍結の判断が出来る。そこで牛乳、クリームホワイト、ニューホイップおよびカスタードプリンについて凍結品の組織(氷結晶)を観察した結果を図 10、図 13 に示す。

また、サンプリング部位、氷結晶の見方を牛乳、クリームホワイト、ニューホイップについては図 8、図 9 に、カスタードプリンについては図 11、図 12 に示す。

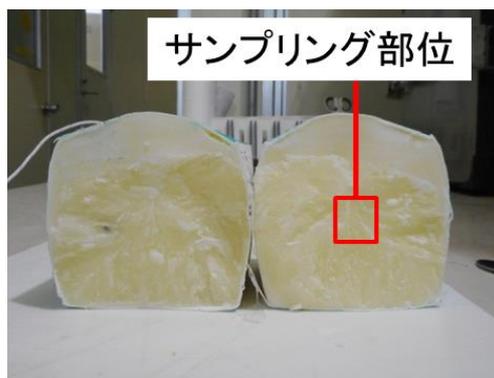


図 8. A1、A2、A3 のサンプリング部位

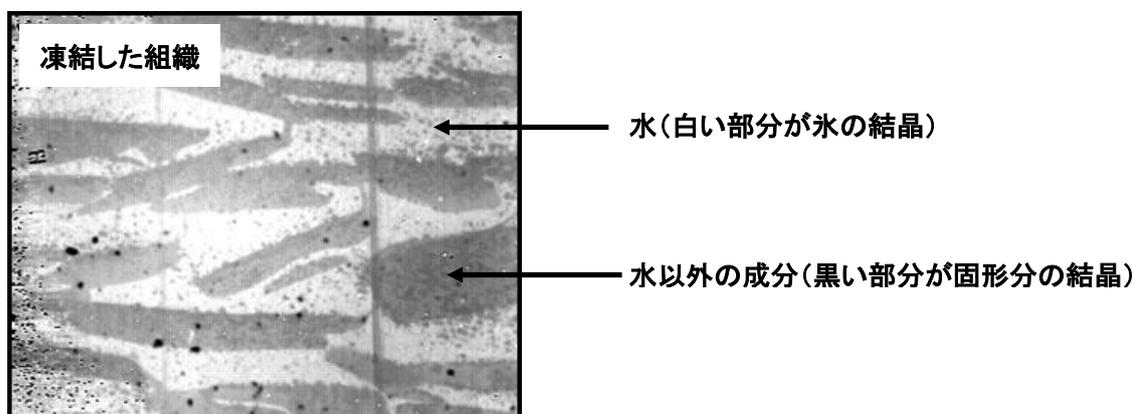


図 9. A1、A2、A3 の氷結晶の見方
凍結速度が遅いほど白い部分が大きく成長する。

	緩慢凍結 (K)	急速凍結(TJ)	超急速凍結(PA)
 A1			
 A2			
 A3			

図 10. 牛乳、クリームホワイト、ニューホイップ製品と緩慢(K)、急速(TJ)、超低温急速凍結(PA)の比較

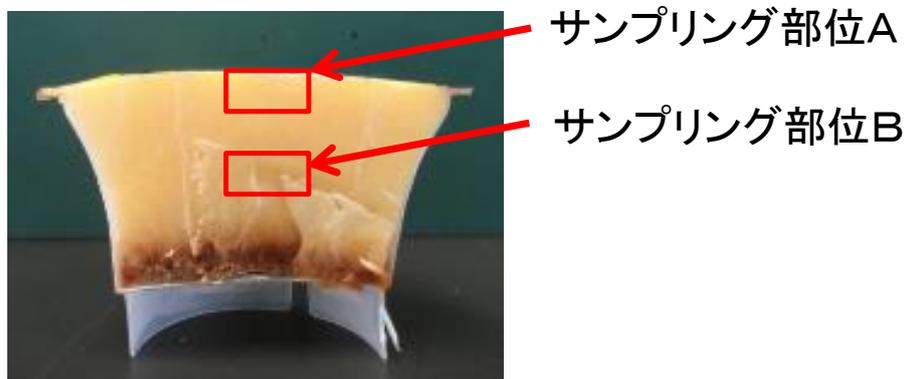
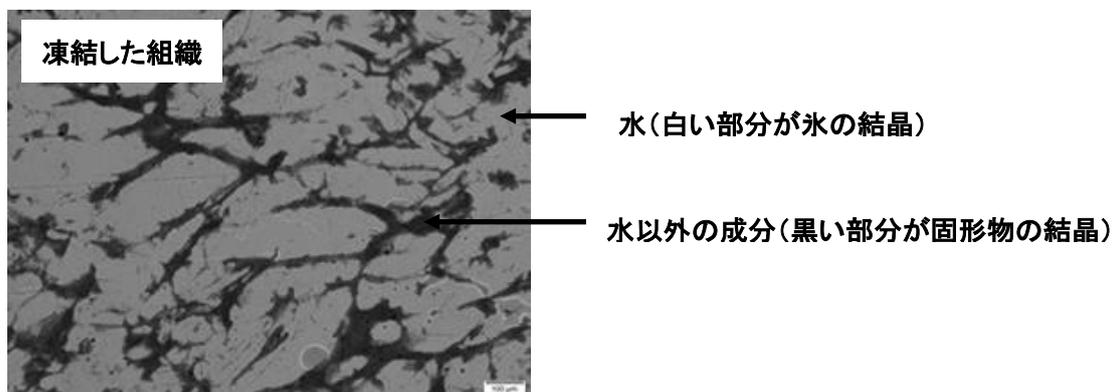


図 11. カスタードプリン of サンプルング部位



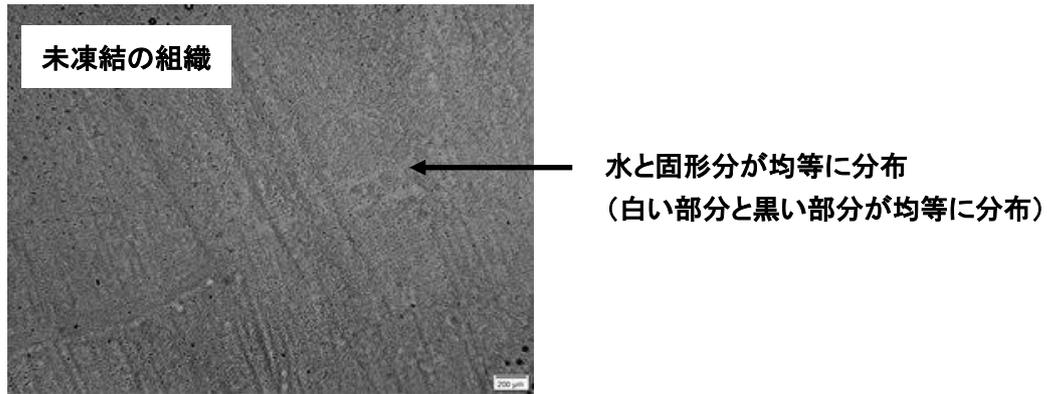


図 12. カスタードプリン氷結晶の見方

凍結速度が遅いほど白い部分が大きく成長する。未凍結の組織は水と固形分が均等に分布する。

		緩慢凍結(K)	急速凍結(TJ)	超急速凍結(PA)
部位 A	低倍率 (Bar=200μm)			
	中倍率 (Bar=100μm)			
部位 B	低倍率 (Bar=200μm)			
	中倍率 (Bar=100μm)			

図 13. カスタードプリンの緩慢(K)、急速(TJ)、超低温急速凍結(PA)の比較

(4)凍結後の外観

(4)-1 緩慢凍結後の外観

凍結後の製品を確認したところ、牛乳については膨張、カスタードプリンについてはフィルムの膨張が確認された。容器の破損は見られなかった。



図 14. A1-K の膨張 左:未凍結品 図 15. A5-K ふたの膨張
右:A1-K

(4)-2 急速凍結後の外観

凍結後の製品を確認したところ、牛乳については容器の膨張と一部破損、ヨーグルトやカスタードプリンについてはフィルムの膨張が確認された。

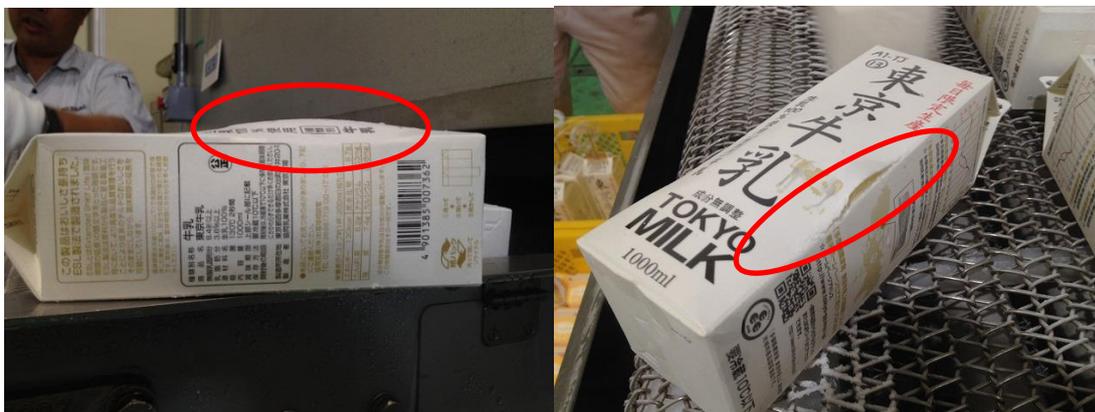


図 16. A1-TJ で確認された容器の膨張と破損



図 17. A4-TJ のフィルムの膨張
左:未凍結品 右:A4-TJ



図 18. A5-TJ のフィルムの膨張
左:未凍結品 右:A5-TJ

(4)-3 超低温急速凍結後の外観

凍結後の製品を確認したところ、牛乳についてはほとんどの製品で容器の破損が確認された。またカスタードプリンについてはフィルムの膨張と同時にカップ容器下部の破損が確認された。



図 19. A1-PA の容器の破損

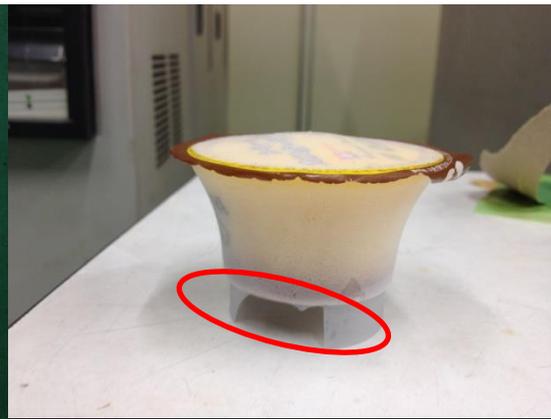


図 20. A5-PA の一部に見られた容器の破損

2. 解凍後サンプル

(1) 解凍後内容物の状態

各製品を 10℃以下のチルド温度にて解凍して状態を比較した。結果を下記に示す。

牛乳は外見上、色や流動性に大きな違いが見られなかった。

クリームホワイトは凍結することですべて凝固した。凍結速度が速いほどなめらかになるが未凍結とは差があった。

ニューホイップも凍結することで凝固した。凍結速度を上げても凝集は防げなかった。

ヨーグルトは凍結速度が遅いと固液の分離が目立った。凍結速度を上げることで未凍結に近づくが、差はあった。

カスタードプリンは凍結速度が遅いと固液の分離が見られたが、固形の製品の中では最も差は小さかった。A5-K との差は大きい、A5-TJ、A5-PAと未凍結の差はわずかであった。

クリームチーズは凍結速度が速いほど製品の割れが多かった。食感は、A6-K は固液の分離を強く感じた。A6-TJと A6-PAは未凍結に近いが差は感じた。



図 21. 牛乳の比較

外見上、色や流動性に大きな違いが見られなかった。



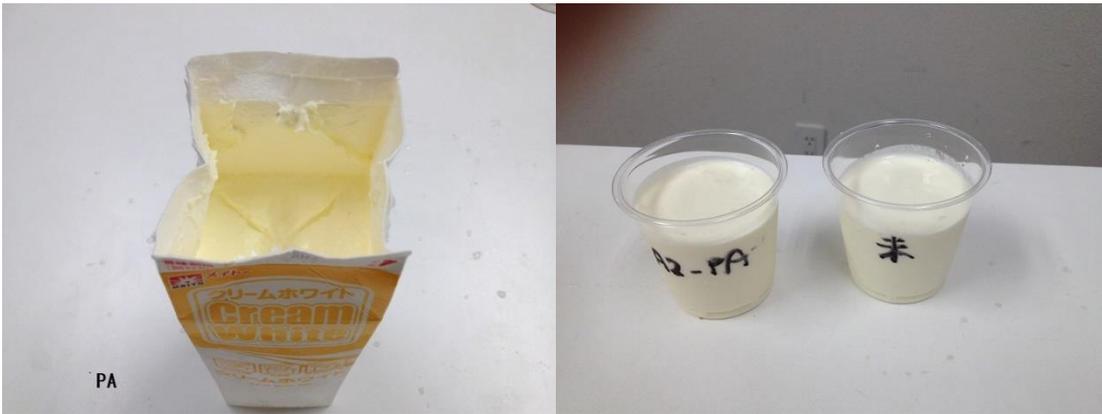


図 22. クリームホワイトの比較

凍結により固形化した。凍結速度が速いほどなめらかになるが未凍結とは差があった。

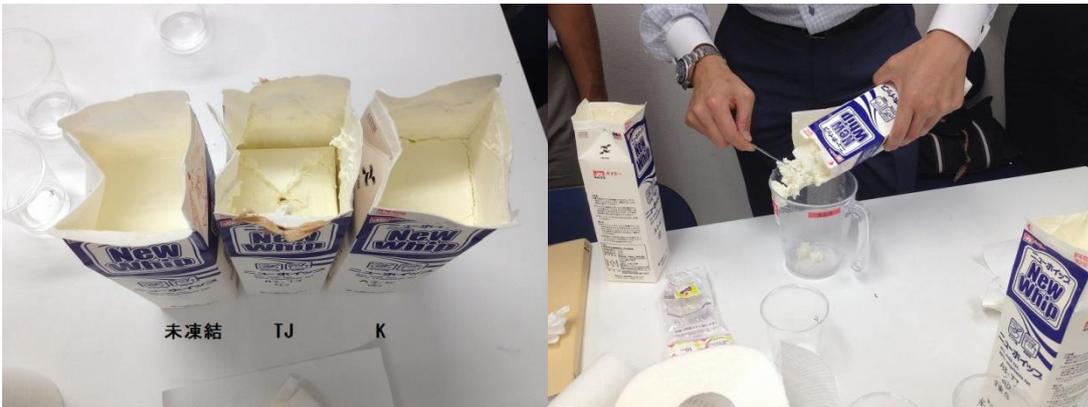


図 23. ニューホイップの比較

凍結により固形化した。凍結速度を上げても凝集は防げなかった。



図 24. ヨーグルトの比較

凍結速度が遅いと固液の分離が目立った。凍結速度を上げることで未凍結に近づくが、差は見られた。

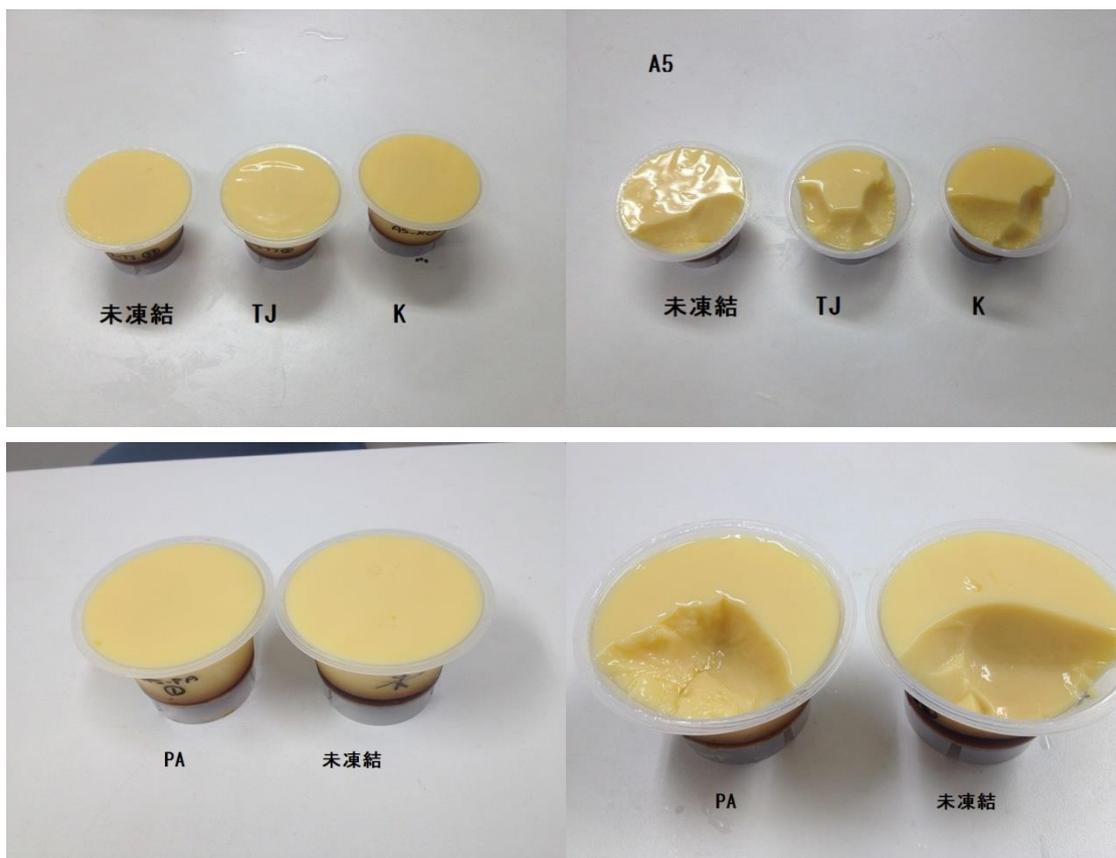


図 25. カスタードプリンの比較

凍結速度が遅いと固液の分離が見られたが、固形の製品の中では最も差は小さかった。A5-Kとの差は大きいですが、A5-TJ、A5-PAと未凍結の差はわずかであった。



図 26. クリームチーズの比較

凍結速度が速いほど製品の割れが多かった。食感は、A6-K は固液の分離を強く感じた。A6-TJと A6-PAは未凍結に近いが差は感じた。

(2)粒度分布

日本食品分析センターにて粒度分布を計測した。レーザー回折式粒度分布測定装置 島津製作所 SALD-2200 を用いて計測した。屈折率は 1.70-0.20i の標準屈折率を用い、分散媒には水を使用した。結果、凍結することで粒軽のピークが大きい方にシフトした。A1-TJと A1-PAでは大きな差がないが、A1-Kはピークが大きい方へシフトするとともに分布が広がる傾向があった。

表 1 粒度分布

検体 1:A1-K、検体 2:A1-TJ、検体 3:A1-PA、検体 4:未凍結

粒子径(μm)	検体1)		検体2)		粒子径(μm)	検体3)		検体4)	
	積算Q3	頻度q3	積算Q3	頻度q3		積算Q3	頻度q3	積算Q3	頻度q3
1000.000	100.000	0.000	100.000	0.000	1000.000	100.000	0.000	100.000	0.000
811.975	100.000	0.000	100.000	0.000	811.975	100.000	0.000	100.000	0.000
659.303	100.000	0.000	100.000	0.000	659.303	100.000	0.000	100.000	0.000
535.337	100.000	0.000	100.000	0.000	535.337	100.000	0.000	100.000	0.000
434.680	100.000	0.000	100.000	0.000	434.680	100.000	0.000	100.000	0.000
352.949	100.000	0.000	100.000	0.000	352.949	100.000	0.000	100.000	0.000
286.586	100.000	0.000	100.000	0.000	286.586	100.000	0.000	100.000	0.000
232.700	100.000	0.000	100.000	0.000	232.700	100.000	0.000	100.000	0.000
188.947	100.000	0.000	100.000	0.000	188.947	100.000	0.000	100.000	0.000
153.420	100.000	0.000	100.000	0.000	153.420	100.000	0.000	100.000	0.000
124.573	100.000	0.000	100.000	0.000	124.573	100.000	0.000	100.000	0.000
101.150	100.000	0.000	100.000	0.000	101.150	100.000	0.000	100.000	0.000
82.131	100.000	0.000	100.000	0.000	82.131	100.000	0.000	100.000	0.000
66.689	100.000	0.000	100.000	0.000	66.689	100.000	0.000	100.000	0.000
54.149	100.000	0.006	100.000	0.000	54.149	100.000	0.000	100.000	0.000
43.968	99.994	0.093	100.000	0.000	43.968	100.000	0.000	100.000	0.000
35.701	99.901	0.379	100.000	0.004	35.701	100.000	0.000	100.000	0.000
28.988	99.523	0.606	99.996	0.050	28.988	100.000	0.000	100.000	0.000
23.538	98.917	0.969	99.946	0.026	23.538	100.000	0.000	100.000	0.000
19.112	97.948	1.317	99.919	0.001	19.112	100.000	0.000	100.000	0.000
15.518	96.631	2.001	99.918	0.035	15.518	100.000	0.000	100.000	0.008
12.601	94.630	2.409	99.883	0.070	12.601	100.000	0.000	99.992	0.043
10.231	92.221	3.056	99.813	0.158	10.231	100.000	0.000	99.949	0.003
8.308	89.165	3.858	99.654	0.592	8.308	100.000	0.000	99.946	0.000
6.746	85.307	4.742	99.062	1.505	6.746	100.000	0.000	99.946	0.000
5.477	80.565	5.683	97.557	2.756	5.477	100.000	0.034	99.946	0.000
4.447	74.882	6.832	94.801	4.642	4.447	99.966	0.644	99.946	0.000
3.611	68.050	8.432	90.159	7.697	3.611	99.321	3.466	99.946	0.000
2.932	59.618	10.228	82.462	11.693	2.932	95.855	8.334	99.946	0.020
2.381	49.389	11.133	70.769	14.860	2.381	87.521	13.745	99.926	1.172
1.933	38.256	10.683	55.909	15.827	1.933	73.777	17.565	98.755	7.159
1.570	27.573	9.076	40.082	14.245	1.570	56.212	18.153	91.596	15.236
1.275	18.497	6.997	25.837	11.043	1.275	38.059	15.431	76.359	20.972
1.035	11.500	5.006	14.794	7.513	1.035	22.628	10.918	55.388	22.222
0.840	6.493	3.319	7.281	4.420	0.840	11.710	6.529	33.166	18.744
0.682	3.175	1.941	2.861	2.054	0.682	5.181	3.191	14.422	11.186
0.554	1.234	0.896	0.807	0.631	0.554	1.989	1.339	3.236	3.176
0.450	0.338	0.284	0.176	0.155	0.450	0.650	0.605	0.060	0.060
0.365	0.054	0.051	0.022	0.022	0.365	0.045	0.045	0.000	0.000
0.297	0.003	0.003	0.000	0.000	0.297	0.000	0.000	0.000	0.000
0.241	0.000	0.000	0.000	0.000	0.241	0.000	0.000	0.000	0.000
0.196	0.000	0.000	0.000	0.000	0.196	0.000	0.000	0.000	0.000
0.159	0.000	0.000	0.000	0.000	0.159	0.000	0.000	0.000	0.000
0.129	0.000	0.000	0.000	0.000	0.129	0.000	0.000	0.000	0.000
0.105	0.000	0.000	0.000	0.000	0.105	0.000	0.000	0.000	0.000
0.085	0.000	0.000	0.000	0.000	0.085	0.000	0.000	0.000	0.000
0.069	0.000	0.000	0.000	0.000	0.069	0.000	0.000	0.000	0.000
0.056	0.000	0.000	0.000	0.000	0.056	0.000	0.000	0.000	0.000
0.046	0.000	0.000	0.000	0.000	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000
0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000
0.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000

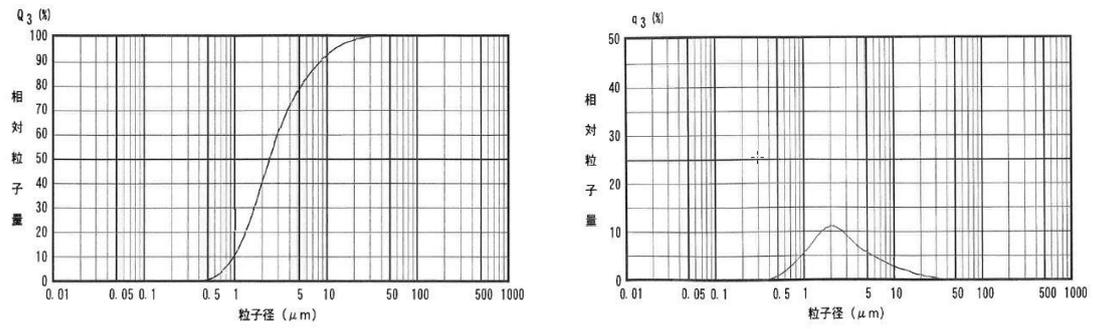


図 27. A1-K の粒子径分布

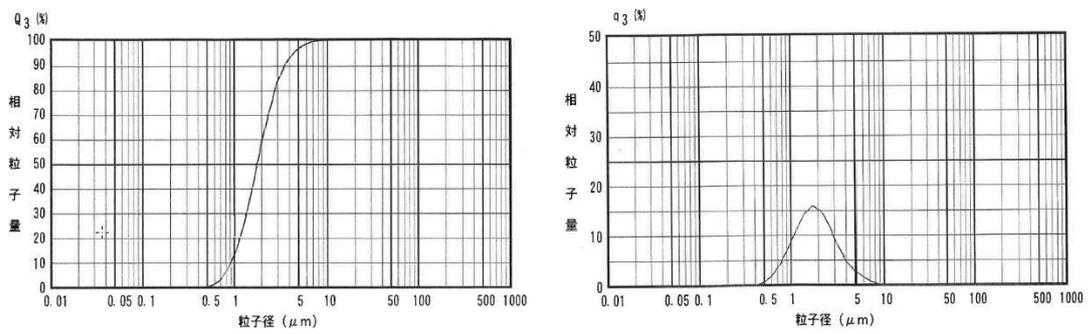


図 28. A1-TJ の粒子径分布

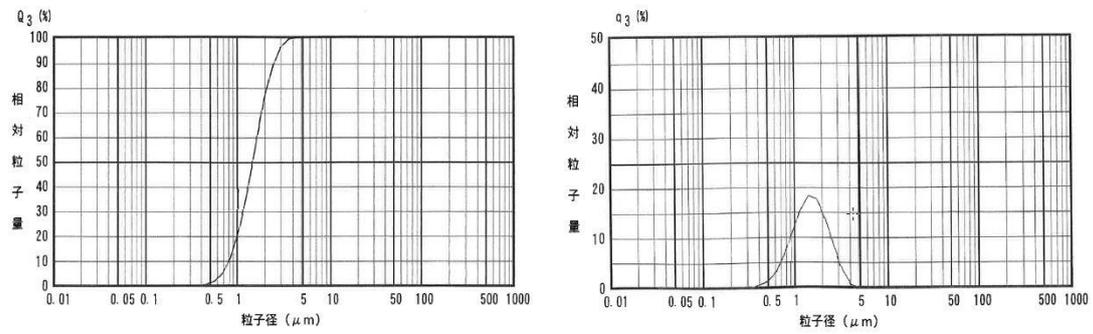


図 29. A1-PA の粒子径分布

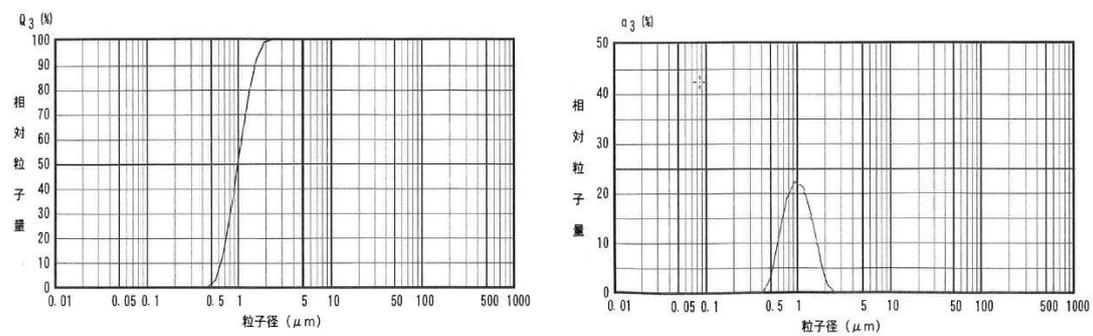


図 30. 未凍結品の粒子径分布

(3)沈殿量

協同乳業分析センターにて、牛乳各検体 50ml を遠沈管に入れ、遠心分離機を用いて 3000rpm、5 分間遠心分離を行い沈殿量の計測を行った。結果、沈殿のサイズに差は見られなかった。

表 2 A1 の沈殿量

サンプル名	沈殿サイズ(mm)	備考
未凍結品	10×10	
A1-K	10×10	液面にクリーム浮上あり
A1-TJ	10×10	液面にクリーム浮上あり
A1-PA	10×10	液面にクリーム浮上あり

※浮上物の量やサイズに差異なし。

(4)硬度

協同乳業分析センターにて、カスタードプリン各検体でレオメーターを使用し、硬度を測定した。結果、未凍結品と比べ、凍結品は硬度が低い傾向があった。3種類の冷凍方法の間には大きな差は見られなかった。

表 3 A5 の硬度

サンプル名	硬度(N)
未凍結品	0.64
A5-K	0.48
A5-TJ	0.44
A5-PA	0.50

※硬度の差が 0.2N あると、官能的に差があると言える。硬度の結果より、冷凍した 3 アイテムでは大きな差はないが、これらと未凍結品との間では、おおよその差があると考えられる。

(5)微生物検査

日本食品分析センターにて各製品の微生物検査を実施した。結果、各項目とも凍結による細菌の増殖は確認されなかった。

表 4. 牛乳の検査結果

A1-K

区分		細菌数(生菌数)	方法	大腸菌群	方法
		結果	注	結果	注
保存開始時	*1	適(30以下/ml)	1	適	1
保存72時間後	*2	適(30以下/ml)	2	適	2
保存120時間後	*3	適(30以下/ml)	3	適	3

*1 検体を10℃恒温で2日間保管した後試験した。

*2 保存条件:冷蔵庫,72時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

*3 保存条件:冷蔵庫,120時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

A1-TJ

区分		細菌数(生菌数)	方法	大腸菌群	方法
		結果	注	結果	注
保存開始時	*1	適(30以下/ml)	1	適	1
保存72時間後	*2	適(30以下/ml)	2	適	2
保存120時間後	*3	適(30以下/ml)	3	適	3

*1 検体を10℃恒温で2日間保管した後試験した。

*2 保存条件:冷蔵庫,72時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

*3 保存条件:冷蔵庫,120時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

A1-PA

区分		細菌数(生菌数)	方法	大腸菌群	方法
		結果	注	結果	注
保存開始時	*1	適(30以下/ml)	1	適	1
保存72時間後	*2	適(30以下/ml)	2	適	2
保存120時間後	*3	適(30以下/ml)	3	適	3

*1 検体を10℃恒温で2日間保管した後試験した。

*2 保存条件:冷蔵庫,72時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

*3 保存条件:冷蔵庫,120時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

未凍結品

区分		細菌数(生菌数)	方法	大腸菌群	方法
		結果	注	結果	注
保存開始時		適(30以下/ml)	1	適	1
保存72時間後	*1	適(30以下/ml)	2	適	2
保存120時間後	*2	適(30以下/ml)	3	適	3

*1 保存条件:冷蔵庫,72時間

*2 保存条件:冷蔵庫,120時間

表 5. クリームホワイトの検査結果

A2-K

区分		細菌数(生菌数)	方法	大腸菌群	方法
		結果	注	結果	注
保存開始時	*1	適(30以下/ml)	1	適	1
保存72時間後	*2	適(30以下/ml)	2	適	2
保存120時間後	*3	適(30以下/ml)	3	適	3

*1 検体を10℃恒温で2日間保管した後試験した。

*2 保存条件:冷蔵庫,72時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

*3 保存条件:冷蔵庫,120時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

A2-TJ

区分		細菌数(生菌数)	方法	大腸菌群	方法
		結果	注	結果	注
保存開始時	*1	適(30以下/ml)	1	適	1
保存72時間後	*2	適(30以下/ml)	2	適	2
保存120時間後	*3	適(30以下/ml)	3	適	3

*1 検体を10℃恒温で2日間保管した後試験した。

*2 保存条件:冷蔵庫,72時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

*3 保存条件:冷蔵庫,120時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

A2-PA

区分		細菌数(生菌数)	方法	大腸菌群	方法
		結果	注	結果	注
保存開始時	*1	適(30以下/ml)	1	適	1
保存72時間後	*2	適(30以下/ml)	2	適	2
保存120時間後	*3	適(30以下/ml)	3	適	3

*1 検体を10℃恒温で2日間保管した後試験した。

*2 保存条件:冷蔵庫,72時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

*3 保存条件:冷蔵庫,120時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

未凍結品

区分		細菌数(生菌数)	方法	大腸菌群	方法
		結果	注	結果	注
保存開始時		適(30以下/ml)	1	適	1
保存72時間後	*1	適(30以下/ml)	2	適	2
保存120時間後	*2	適(30以下/ml)	3	適	3

*1 保存条件:冷蔵庫,72時間

*2 保存条件:冷蔵庫,120時間

表 6. ニューホイツの検査結果

A3-K

区分	一般細菌数(生菌数)		方法	大腸菌群	方法	方法
		結果	注	結果	注	注
保存開始時	*1	300以下/g	1	陰性/2.22g	1	
保存72時間後	*2	300以下/g	2	陰性/2.22g	2	
保存120時間後	*3	300以下/g	3	陰性/2.22g	3	

*1 検体を10℃恒温で2日間保管した後試験した。

*2 保存条件:冷蔵庫, 72時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

*3 保存条件:冷蔵庫, 120時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

A3-TJ

区分	一般細菌数(生菌数)		方法	大腸菌群	方法
		結果	注	結果	注
保存開始時	*1	300以下/g	1	陰性/2.22g	1
保存72時間後	*2	300以下/g	2	陰性/2.22g	2
保存120時間後	*3	300以下/g	3	陰性/2.22g	3

*1 検体を10℃恒温で2日間保管した後試験した。

*2 保存条件:冷蔵庫, 72時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

*3 保存条件:冷蔵庫, 120時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

A3-PA

区分	一般細菌数(生菌数)		方法	大腸菌群	方法
		結果	注	結果	注
保存開始時	*1	300以下/g	1	陰性/2.22g	1
保存72時間後	*2	300以下/g	2	陰性/2.22g	2
保存120時間後	*3	300以下/g	3	陰性/2.22g	3

*1 検体を10℃恒温で2日間保管した後試験した。

*2 保存条件:冷蔵庫, 72時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

*3 保存条件:冷蔵庫, 120時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

未凍結品

区分	一般細菌数(生菌数)		方法	大腸菌群	方法
		結果	注	結果	注
保存開始時		300以下/g	1	陰性/2.22g	1
保存72時間後	*1	300以下/g	2	陰性/2.22g	2
保存120時間後	*2	300以下/g	3	陰性/2.22g	3

*1 保存条件:冷蔵庫, 72時間

*2 保存条件:冷蔵庫, 120時間

表 7. ヨーグルトの検査結果

A4-K

区分	乳酸菌数	方法	大腸菌群	方法	一般細菌数(生菌数)	方法
		注		注		注
保存開始時	*1 適(2.9×10 ⁸ /ml)	1	適	1	2.3×10 ⁸ /g	2
保存72時間後	*2 適(3.8×10 ⁸ /ml)	3	適	3	2.6×10 ⁸ /g	4
保存120時間後	*3 適(2.4×10 ⁸ /ml)	5	適	5	1.4×10 ⁸ /g	6

*1 検体を10℃恒温で2日間保管した後試験した。

*2 保存条件:冷蔵庫, 72時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

*3 保存条件:冷蔵庫, 120時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

A4-TJ

区分	乳酸菌数	方法	大腸菌群	方法	一般細菌数(生菌数)	方法
		注		注		注
保存開始時	*1 適(2.3×10 ⁸ /ml)	1	適	1	2.1×10 ⁸ /g	2
保存72時間後	*2 適(2.3×10 ⁸ /ml)	3	適	3	1.6×10 ⁸ /g	4
保存120時間後	*3 適(1.3×10 ⁸ /ml)	5	適	5	1.5×10 ⁸ /g	6

*1 検体を10℃恒温で2日間保管した後試験した。

*2 保存条件:冷蔵庫, 72時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

*3 保存条件:冷蔵庫, 120時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

A4-PA

区分	乳酸菌数	方法	大腸菌群	方法	一般細菌数(生菌数)	方法
		注		注		注
保存開始時	*1 適(3.9×10 ⁸ /ml)	1	適	1	2.5×10 ⁸ /g	2
保存72時間後	*2 適(6.3×10 ⁸ /ml)	3	適	3	4.4×10 ⁸ /g	4
保存120時間後	*3 適(4.4×10 ⁸ /ml)	5	適	5	3.7×10 ⁸ /g	6

*1 検体を10℃恒温で2日間保管した後試験した。

*2 保存条件:冷蔵庫, 72時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

*3 保存条件:冷蔵庫, 120時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

未凍結品

区分	乳酸菌数	方法	大腸菌群	方法	一般細菌数(生菌数)	方法
		注		注		注
保存開始時	適(6.0×10 ⁸ /ml)	1	適	1	6.4×10 ⁸ /g	2
保存72時間後	*1 適(8.2×10 ⁸ /ml)	3	適	3	7.9×10 ⁸ /g	4
保存120時間後	*2 適(8.1×10 ⁸ /ml)	5	適	5	7.5×10 ⁸ /g	6

*1 保存条件:冷蔵庫, 72時間

*2 保存条件:冷蔵庫, 120時間

表 8. カスタードプリンの検査結果

A5-K

区分	一般細菌数(生菌数)		方法	大腸菌群	方法	方法
	結果		注	結果	注	結果
保存開始時	*1	300以下/g	1	陰性/0.1g	1	
保存72時間後	*2	300以下/g	2	陰性/0.1g	2	
保存120時間後	*3	300以下/g	3	陰性/0.1g	3	

*1 検体を10℃恒温で2日間保管した後試験した。

*2 保存条件:冷蔵庫, 72時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

*3 保存条件:冷蔵庫, 120時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

A5-TJ

区分	一般細菌数(生菌数)		方法	大腸菌群	方法
	結果		注	結果	注
保存開始時	*1	300以下/g	1	陰性/0.1g	1
保存72時間後	*2	300以下/g	2	陰性/0.1g	2
保存120時間後	*3	300以下/g	3	陰性/0.1g	3

*1 検体を10℃恒温で2日間保管した後試験した。

*2 保存条件:冷蔵庫, 72時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

*3 保存条件:冷蔵庫, 120時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

A5-PA

区分	一般細菌数(生菌数)		方法	大腸菌群	方法
	結果		注	結果	注
保存開始時	*1	300以下/g	1	陰性/0.1g	1
保存72時間後	*2	300以下/g	2	陰性/0.1g	2
保存120時間後	*3	300以下/g	3	陰性/0.1g	3

*1 検体を10℃恒温で2日間保管した後試験した。

*2 保存条件:冷蔵庫, 72時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

*3 保存条件:冷蔵庫, 120時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

カスタードプリン未凍結品

区分	一般細菌数(生菌数)		方法	大腸菌群	方法
	結果		注	結果	注
保存開始時		300以下/g		陰性/0.1g	1
保存72時間後	*1	300以下/g	1	陰性/0.1g	2
保存120時間後	*2	300以下/g	3	陰性/0.1g	3

*1 保存条件:冷蔵庫, 72時間

*2 保存条件:冷蔵庫, 120時間

表 9. クリームチーズの検査結果

A6-K

区分	リステリア・モノサイトゲネス	方法	一般細菌数(生菌数)	方法	大腸菌群	方法
		1	注	1	注	2
		結果	結果	結果	結果	注
保存開始時	*1 適(10未満/g)	1	300以下/g	2	陰性/0.1g	2
保存72時間後	*2 適(10未満/g)	3	300以下/g	4	陰性/0.1g	4
保存120時間後	*3 適(10未満/g)	5	300以下/g	6	陰性/0.1g	6

*1 検体を10℃恒温で2日間保管した後試験した。

*2 保存条件:冷蔵庫, 72時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

*3 保存条件:冷蔵庫, 120時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

区分	加数	方法	酵母数	方法		方法
		1	注	1	注	注
		結果	結果	結果	結果	注
保存開始時	*1 陰性/0.1g	1	陰性/0.1g	1	-----	
保存72時間後	*2 陰性/0.1g	2	陰性/0.1g	2	-----	
保存120時間後	*3 陰性/0.1g	3	陰性/0.1g	3	-----	

*1 検体を10℃恒温で2日間保管した後試験した。

*2 保存条件:冷蔵庫, 72時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

*3 保存条件:冷蔵庫, 120時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

A6-TJ

区分	リステリア・モノサイトゲネス	方法	一般細菌数(生菌数)	方法	大腸菌群	方法
		1	注	1	注	2
		結果	結果	結果	結果	注
保存開始時	*1 適(10未満/g)	1	300以下/g	2	陰性/0.1g	2
保存72時間後	*2 適(10未満/g)	3	300以下/g	4	陰性/0.1g	4
保存120時間後	*3 適(10未満/g)	5	300以下/g	6	陰性/0.1g	6

*1 検体を10℃恒温で2日間保管した後試験した。

*2 保存条件:冷蔵庫, 72時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

*3 保存条件:冷蔵庫, 120時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

区分	加数	方法	酵母数	方法
		1	注	1
		結果	結果	注
保存開始時	*1 陰性/0.1g	1	陰性/0.1g	1
保存72時間後	*2 陰性/0.1g	2	陰性/0.1g	2
保存120時間後	*3 陰性/0.1g	3	陰性/0.1g	3

*1 検体を10℃恒温で2日間保管した後試験した。

*2 保存条件:冷蔵庫, 72時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

*3 保存条件:冷蔵庫, 120時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

K6-PA

区分	リステリア・モノサイトゲネス	方法	一般細菌数(生菌数)	方法	大腸菌群	方法
		1	注	1	注	2
		結果	結果	結果	結果	注
保存開始時	*1 適(10未満/g)	1	300以下/g	2	陰性/0.1g	2
保存72時間後	*2 適(10未満/g)	3	300以下/g	4	陰性/0.1g	4
保存120時間後	*3 適(10未満/g)	5	300以下/g	6	陰性/0.1g	6

*1 検体を10℃恒温で2日間保管した後試験した。

*2 保存条件:冷蔵庫, 72時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

*3 保存条件:冷蔵庫, 120時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

区分	加数	方法	酵母数	方法
		1		1
結果		注	結果	注
保存開始時	*1 陰性/0.1g	1	陰性/0.1g	1
保存72時間後	*2 陰性/0.1g	2	陰性/0.1g	2
保存120時間後	*3 陰性/0.1g	3	陰性/0.1g	3

*1 検体を10℃恒温で2日間保管した後試験した。

*2 保存条件:冷蔵庫, 72時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

*3 保存条件:冷蔵庫, 120時間 検体を10℃恒温で2日間保管した後保存した。

未凍結

区分	リステリア・モノサイトゲネス	方法	一般細菌数(生菌数)	方法	大腸菌群	方法
		1		1		2
結果		注	結果	注	結果	注
保存開始時	適(10未満/g)	1	300以下/g	2	陰性/0.1g	2
保存72時間後	*1 適(10未満/g)	3	300以下/g	4	陰性/0.1g	4
保存120時間後	*2 適(10未満/g)	5	300以下/g	6	陰性/0.1g	6

*1 保存条件:冷蔵庫, 72時間

*2 保存条件:冷蔵庫, 120時間

区分	加数	方法	酵母数	方法
		1		1
結果		注	結果	注
保存開始時	陰性/0.1g	1	陰性/0.1g	1
保存72時間後	*1 陰性/0.1g	2	陰性/0.1g	2
保存120時間後	*2 陰性/0.1g	3	陰性/0.1g	3

*1 保存条件:冷蔵庫, 72時間

*2 保存条件:冷蔵庫, 120時間

(6)官能検査

日本食品分析センターにて官能検査を実施した。12 人のパネリストが濃厚感、甘味、後味、舌触り、鼻に抜けるにおい等の項目を未凍結品と比較して、「-3」～「3」の7段階で評価した。

表 10. 牛乳の評価結果

パネリスト No.	問 1												問 2		
	濃厚感			甘味			後味			舌触り			鼻に抜けるにおい		
	検体 1)	検体 2)	検体 3)												
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	-1	0	0	0	0	0
2	-1	-2	-1	-1	-2	-1	-1	-2	-1	0	0	0	1	2	1
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	-1	0	-2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
6	0	2	1	2	2	1	1	1	-2	2	1	0	1	0	0
7	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	-1	-1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	1	1
9	1	0	0	0	1	2	1	0	1	0	0	0	0	1	0
10	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	-2	1	0	-2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
合計値	2	-2	-3	1	0	3	2	-1	0	1	1	0	3	4	2

* 検体 1:A1-K、検体 2:A1-TJ、検体 3:A1-PA、(検体 4:牛乳未凍結品)

表 11. クリームホワイトの評価結果

パネリスト No.	問 1												問 2		
	濃厚感			甘味			後味			舌触り			鼻に抜けるにおい		
	検体 5)	検体 6)	検体 7)												
1	3	2	2	-2	1	1	-2	0	1	-3	-1	-1	3	0	0
2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-1	-1	2	2	2
3	-1	1	0	-1	1	0	-1	1	0	-2	-1	-1	1	1	0
4	0	0	-1	1	1	-1	1	0	0	-2	-1	-1	1	1	1
5	-3	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-3	-1	-1	0	0	0
6	1	1	1	0	0	0	1	0	0	-3	-2	-1	0	0	0
7	1	1	0	-1	-1	-1	2	2	1	-3	-2	-1	2	1	1
8	3	2	2	-1	-1	-1	0	-1	0	-3	-1	-1	0	0	0
9	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-3	0	-2	1	1	1
10	3	2	1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-3	-2	-1	1	1	1
11	1	-1	1	-1	1	0	0	-1	0	-3	1	2	0	0	0
12	-1	1	-1	-1	1	-1	-2	1	0	-3	-1	-1	0	0	0
合計値	6	5	3	-13	-2	-9	-7	-4	-4	-34	-12	-10	11	7	6

* 検体 5:A2-K、検体 6:A2-TJ、検体 7:A2-PA、(検体 8:クリームホワイト未凍結品)

表 12. ニューホイツの評価結果

パネリスト No.	問 1												問 2		
	濃厚感			甘味			後味			舌触り			鼻に抜けるにおい		
	検体 9)	検体 10)	検体 11)												
1	-1	-1	0	-2	-1	0	-1	-1	0	-3	-2	-1	1	1	1
2	-3	-3	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-1	-3	-2	-1	2	2	2
3	-2	-2	-1	-2	-2	-1	-3	0	-1	-3	-2	-1	2	0	1
4	-2	-2	-1	-2	-1	-1	-3	-2	-3	-3	-2	-1	3	2	1
5	1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-2	-3	-2	-1	0	0	0
6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	-1	1	0	0	0
7	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	-1	-1	-3	-1	0	0	0	0
8	1	1	1	-2	-1	-1	1	1	1	-3	-2	-1	1	1	1
9	1	1	1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-3	-2	-1	1	1	1
10	-1	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-1	1	1	1
11	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-3	-2	-1	0	1	1
12	1	1	1	-2	-1	1	-2	-2	1	-2	-1	-1	2	2	0
合計値	-6	-8	-3	-18	-10	-7	-15	-11	-9	-33	-20	-9	13	11	9

* 検体 9:A3-K、検体 10:A3-TJ、検体 11:A3-PA、(検体 12:ニューホイツ未凍結品)

表 13. ヨーグルトの評価結果

パネリスト No.	問 1												問 2		
	酸味			なめらかさ			甘味			後味			鼻に抜けるにおい		
	検体 13)	検体 14)	検体 15)												
1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1
2	-2	-1	-1	-2	-1	1	2	0	1	-2	-1	-3	2	1	1
3	-2	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	-1	1	-1	1	1	1
4	-1	-1	0	-2	-1	0	0	0	0	0	-1	0	1	1	0
5	1	1	0	-1	-2	1	0	0	1	-1	-1	1	0	1	3
6	-1	-1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	-1	-1	-1	-2	0	0	1	-1	1	-2	-1	-1	1	1	1
9	0	-1	-1	1	1	0	0	1	-1	-1	-1	0	0	0	0
10	-1	-1	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	1	-1	0	-2	2	0	0	-2	-1	0	0	0	0	1
12	-2	1	0	-3	-1	-1	0	0	1	-1	0	1	0	0	0
合計値	-10	-5	-4	-11	-9	4	5	0	2	-10	-5	-2	6	6	8

* 検体 13:A4-K、検体 14:A4-TJ、検体 15:A4-PA、(検体 16:ヨーグルト未凍結品)

表 14. カスタードプリンの評価結果

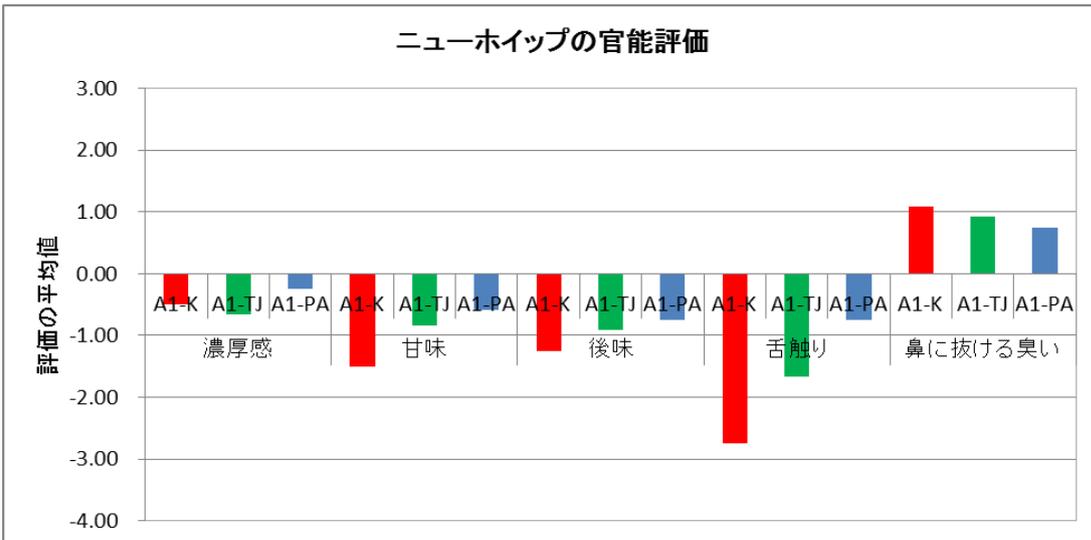
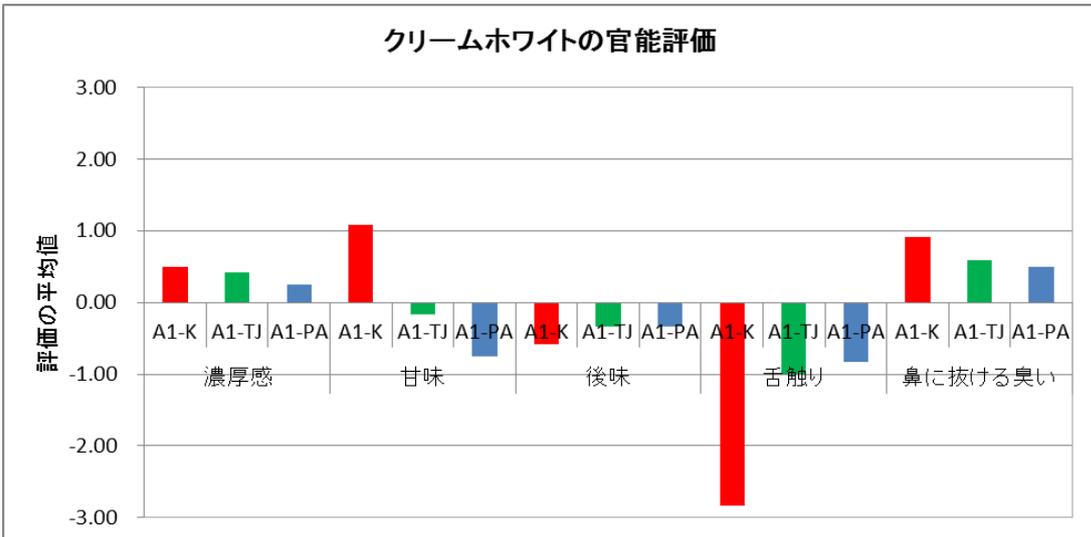
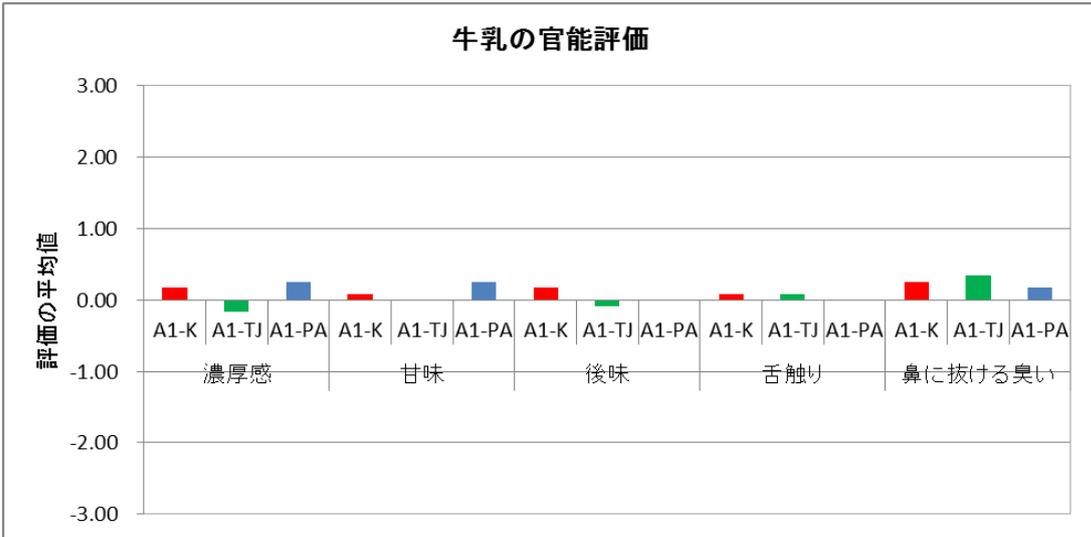
パネリスト No.	問 1												問 2		
	なめらかさ			甘味			後味			濃厚感			鼻に抜けるにおい		
	検体 17)	検体 18)	検体 19)												
1	-3	-1	-1	0	0	0	-1	0	0	-1	0	0	0	1	1
2	-2	-2	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
3	-2	0	-1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-3	-1	-2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
5	0	2	1	2	0	1	2	0	1	1	1	1	1	0	0
6	-1	-1	-1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
7	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
8	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	-1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	-1	-1	0	0	1	1	-1	-1	1	0	-1	-1	0	0	0
12	-1	1	2	0	1	2	0	2	1	0	1	2	0	1	1
合計値	-15	-2	-2	9	7	8	4	4	5	0	2	4	3	4	3

* 検体 17:A5-K、検体 18:A5-TJ、検体 19:A5-PA、(検体 20:カスタードプリン未凍結品)

表 15. クリームチーズの評価結果

パネリスト No.	問 1												問 2		
	なめらかさ			酸味			濃厚感			後味			鼻に抜けるにおい		
	検体 21)	検体 22)	検体 23)												
1	-3	-2	0	1	0	0	-2	0	0	-1	1	1	0	0	0
2	-2	-1	0	-1	0	1	1	2	2	-1	1	2	1	1	0
3	-2	0	1	1	0	-1	1	1	0	0	2	1	0	0	0
4	-3	-2	-1	-2	-1	-1	-2	-1	-1	-2	-1	1	1	0	0
5	-2	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	0
6	-3	-1	0	-1	-1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0
7	-3	-2	0	1	-1	2	-2	-1	-1	-2	0	0	0	0	2
8	-1	-1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
9	-2	-1	0	-2	-2	-1	-2	-1	0	-2	-1	-1	2	1	0
10	-2	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	1	0	0	0	0
11	-2	-2	0	-1	-1	-1	1	-1	0	1	2	2	0	0	0
12	-3	-1	2	1	0	0	-1	-1	1	-1	-1	-1	2	1	1
合計値	-28	-15	2	-3	-6	-1	-8	-3	1	-7	5	5	7	5	3

* 検体 21:A6-K、検体 22:A6-TJ、検体 23:A6-PA、(検体 24:クリームチーズ未凍結品)



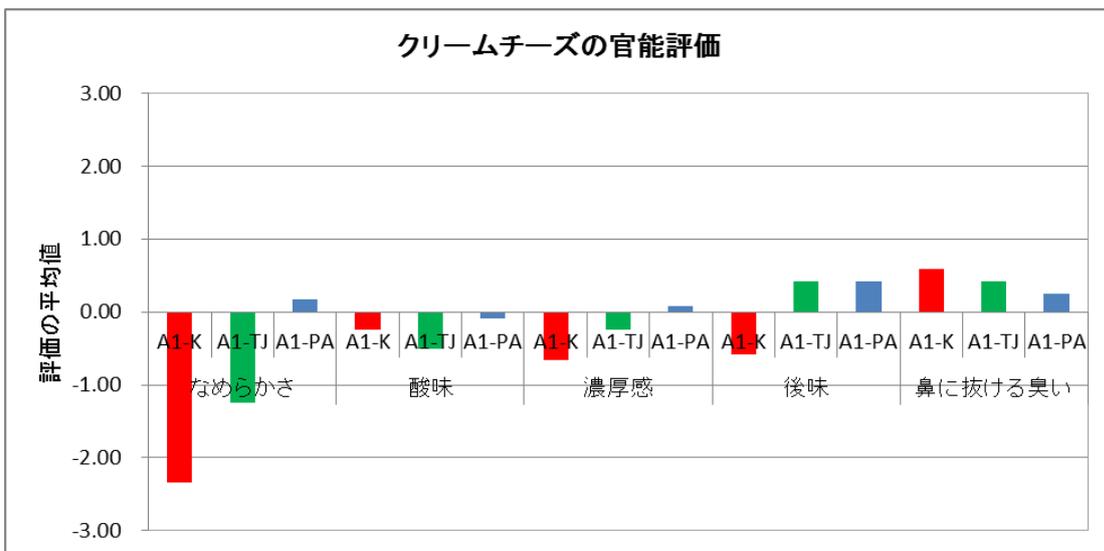
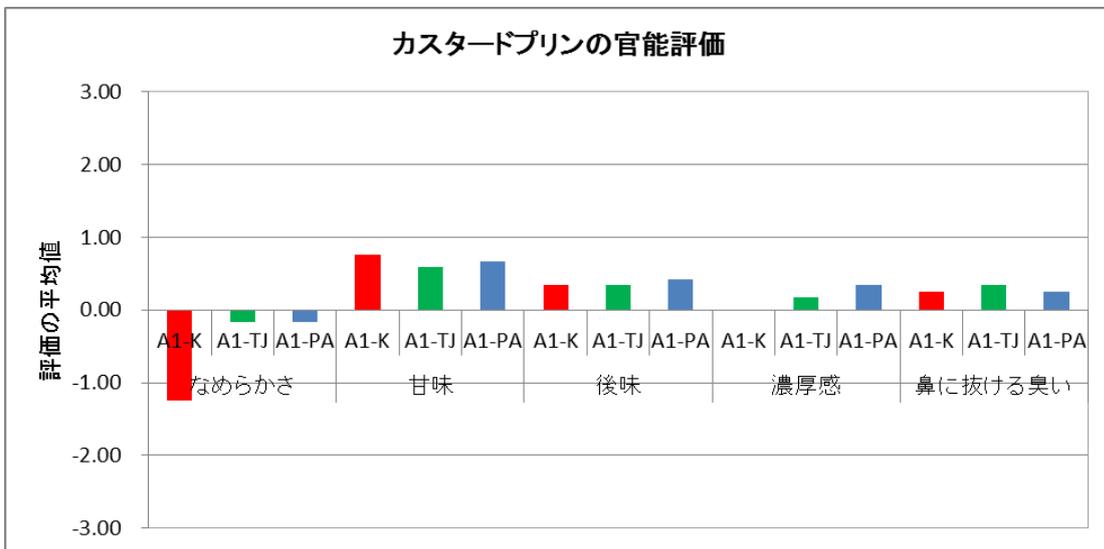
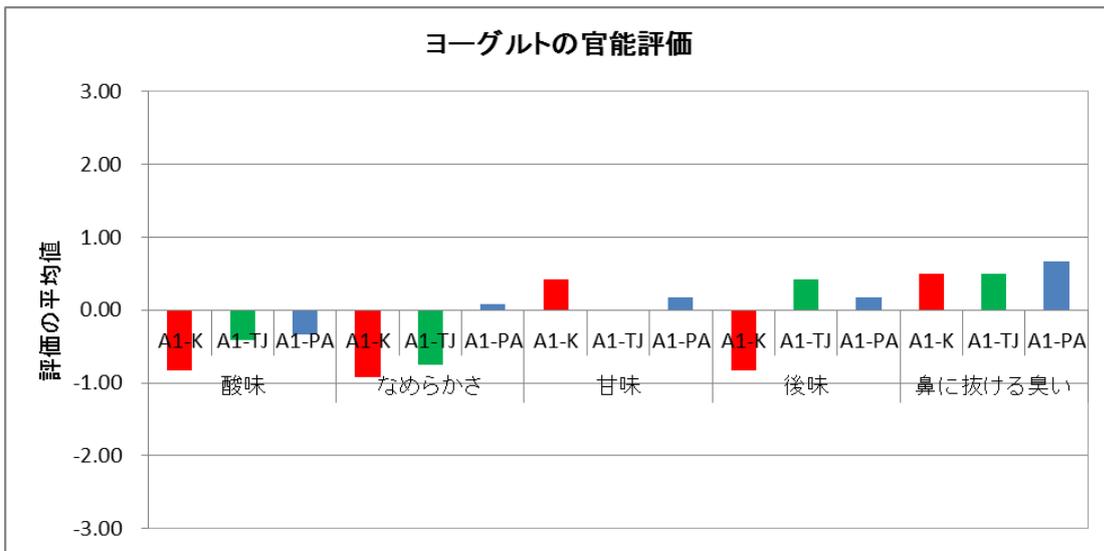


図 31. 官能検査のレーダーチャート

第3章 考察

1. 牛乳

商品名	凍結方法	緩慢凍結	急速冷凍	超低温急速冷凍
東京牛乳	記号	A1-K	A1-TJ	A1-PA

1-(1) 凍結過程及び凍結サンプルについて

P8 図 6 より、牛乳の凍結曲線を比較した結果、他のアイテムと同様、緩慢凍結では非常に緩やかに品温が低下しているのに対し、急速凍結および超低温急速凍結では、これよりも短い時間で且つ急速に凍結された。

P11 図 7 より、潜熱帯通過時間を比較した結果、A1-TJ は A1-K と同等であり、A1-PA は A1-K の約 1/2 の時間で潜熱帯を通過した。

一方、P13 図 10 より、氷結晶の組織写真を比較した結果、A1-K と A1-TJ では、白い部分が点在している面積が大きく、これが両者に共通しているように見えた。反対に、A1-PA では白い部分と黒い部分の間隔が小さく、A1-K、A1-TJ よりも細かな組織を形成していることが分かった。すなわち、A1-PA よりも A1-K および A1-TJ の方が、氷結晶が大きく成長しているということである。

以上のことから、牛乳において、氷結晶の状態が最も良好な凍結方法は、超低温急速凍結 > 急速凍結 ≒ 緩慢凍結であると推測された。

しかしながら、3 つの凍結条件において、一部でカーターの破損が見られた(P15-17 図 16、19)。これは、牛乳中の水分の凍結による膨張に、カーターが耐えきれなかったことが原因と考えられた。

1-(2) 解凍後サンプルについて

P17 図 21 より、解凍後の状態を比較した結果、外見上、色や流動性に大きな違いは見られなかった。

P22-23 表 1 および図 27-30 より、粒度分布の比較を行った結果、未凍結品の粒度分布に最も近い分布を示したのは A1-PA であった。次いで A1-TJ が近く、A1-K が最も遠かった。よって、凍結時間が短いほど、タンパク質変性や脂肪球膜破壊が起こり難くなっている可能性が示唆された。

P24 表 2 より、遠心分離による沈殿量を測定した結果、沈殿サイズには違いがなかった。しかし、凍結品の 3 品には液面にクリーム浮上が見られたことから、凍結が与えるダメージは、タンパク質よりも乳脂肪の方が大きいと考えられた。

P25 表 4 より、微生物検査の結果、全ての凍結条件において、保存期間中の大腸菌群および一般細菌の増殖は見られなかった。よって、牛乳は、凍結、解凍による微生物的問題は無いと言える。

P32 表 10 より、官能検査の結果、全体的に風味の評価は未凍結品と大きく変わらなかったが、凍結方法に関わらず、濃厚感の指標で評価が劣る傾向が見られた。これは、全体的に風味が薄くなった印象であった。また、全ての凍結方法で鼻に抜けるにおいが強くなったことが示された。これについて、牛乳は移行臭の影響を受けやすい性質を持っており、凍結時や保管時に周りの環境のおいが移行したものと推測した。

1-(3)容器破損への改善策

対策としては、清涼飲料ではすでに商品化がなされている凍結膨張に対し耐性を有するPETボトル容器を選択し容器自体の耐性を向上させること、また製品容量を少なくする事により製品自体の膨脹量を減らす事でも、改善が期待出来る。

2. クリーム

商品名	凍結方法	緩慢凍結	急速冷凍	超低温急速冷凍
クリームホワイト	記号	A2-K	A2-TJ	A2-PA

2-(1) 凍結過程及び凍結サンプルについて

P8 図 6-①より、クリームホワイトの凍結曲線を比較した結果、他のアイテムと同様、緩慢凍結では非常に緩やかに品温が低下しているのに対し、急速凍結および超低温急速凍結では、これよりも短い時間で且つ急速に凍結された。

P11 図7より、潜熱帯通過時間を比較した結果、A2-TJ は A2-K の約 1/2、A2-PA は A2-K の約 1/5 の時間で潜熱帯を通過していた。

一方、P13 図 10 より、氷結晶の組織写真を比較した結果、A2-K では白い部分が大きく点在しているのに対し、A2-TJ および A2-PA では白い部分と黒い部分が線状に存在し、K よりも明らかに細かな組織を形成していた。すなわち、A2-TJ および A2-PA よりも A2-K の方が、氷結晶が大きく成長していることである。

以上のことから、クリームホワイトにおいて、氷結晶の状態が最も良好な凍結方法は、超低温急速凍結>急速凍結>緩慢凍結であると推測された。

しかしながら、牛乳と同様に、3 つの凍結条件において、一部でカートンの破損が見られた。これは、クリームホワイト中の水分の凍結による膨張に、カートンが耐えきれなかったことが原因と考えられた。

2-(2) 解凍後サンプルについて

P17-18 図 22 より、解凍後の状態を比較した結果、凍結品はその方法に関わらず全てクリーム状に固形化した。この固形化の様子は、A2-PA>A2-TJ>A2-K の順で、滑らかで液状に近付いていったが、未凍結品の粘性とは明らかに差が見られた。この原因は断定できないが、凍結することで乳脂肪の状態に何らかの外的な変化が加わったことが影響しているものと考えられた。

P26 表 5 より、微生物検査の結果、全ての凍結条件において、保存期間中の大腸菌群および一般細菌の増殖は見られなかった。よって、クリームホワイトは、凍結、解凍による微生物的な問題は無いと言える。

P32 表 11 より、官能検査の結果、全体的に舌触りの評価が低く、特に A2-K が顕著に低かった。A2-TJ および A2-PA の舌触りの評価はほぼ同等であり、両者間には大きな差は見られなかった。これは、解凍後の状態の様子からも分かるように、物性が固形化したことが原因であると考えられた。また、全体的に、濃厚感や臭いは、未凍結のものよりも優れている印象が見られたが、甘みや後味の部分では、全体的に劣っている印象であった。濃厚感に高い評価が見られたのは、物性が固形化したことで、口腔内や舌の上に留まる時間が長くなり、濃厚と評価された可能性が考えられた。

2-(3) 容器破損への改善策

対策としては、牛乳同様にペットボトル容器を選択することや、カートンの材質や、製品容量の検討が必要であると結論付けた。

3. 乳等を主要原料とする食品

商品名	凍結方法	緩慢凍結	急速冷凍	超低温急速冷凍
ニューホイップ	記号	A3-K	A3-TJ	A3-PA

3-(1) 凍結過程及び凍結サンプルについて

P 9 図 6-②より、ニューホイップの凍結曲線を比較した結果、他のアイテムと同様、緩慢凍結では非常に緩やかに品温が低下しているのに対し、急速凍結および超低温急速凍結では、これよりも短い時間で且つ急速に凍結された。

P11 図 7より、潜熱帯通過時間を比較した結果、A3-TJ は A3-K の約 1/2、A3-PA は A3-K の約 1/4 の時間で潜熱帯を通過していた。

一方、P13 図 10 より、氷結晶の組織写真を比較した結果、クリームホワイトの結果と同様に、A3-K では白い部分が大きく点在しているのに対し、A3-TJ および A3-PA では白い部分と黒い部分が線状に存在し、A3-K よりも明らかに細かな組織を形成していることが分かった。すなわち、A3-TJ および A3-PA よりも A3-K の方が、氷結晶が大きく成長していることが確認された。

以上のことから、ニューホイップにおいて、氷結晶の状態が最も良好な凍結方法は、超低温急速凍結>急速凍結>緩慢凍結であると推測された。

しかしながら、牛乳およびクリームホワイトと同様に、3 つの凍結条件において、一部でカートンの破損が見られた。これは、ニューホイップ中の水分の凍結による膨張に、カートンが耐えきれなかったことが原因と考えられた。

3-(2) 解凍後サンプルについて

P18 図 23 より、解凍後の状態を比較した結果、クリームホワイトと同様に、凍結品はその方法に関わらず全てクリーム状に固形化した。ただし、クリームホワイトのように凍結方法内での差は見られず、どの凍結方法であっても滑らかな液状にはならなかった。未凍結品の物性は液状である為、これと各凍結品とは物性の面で明らかに差が見られた。この原因は断定できないが、クリームホワイトと同様に、凍結することで乳脂肪の状態に何らかの外的な変化が加わったことが影響しているものと考えられたが、凍結方法はこれに影響を与えないと言える。

P27 表 6 より、微生物検査の結果、全ての凍結条件において、保存期間中の大腸菌群および一般細菌の増殖は見られなかった。よって、ニューホイップは、凍結、解凍による微生物的な問題は無いと言える。

P33 表 12 より、官能検査の結果、クリームホワイトと同様に、全体的に舌触りの評価が低く、特に A3-K が顕著に低かった。A3-TJ および A3-PA の舌触りの評価はほぼ同等であり、両者間には大きな差は見られなかった。これは、解凍後の物性が固形化したことが原因であると考えられた。また、全体的に凍結することで風味の評価が低くなる傾向にあり、ニューホイップは冷凍により風味の劣化を受けやすいアイテムであることが考えられた。

3-(3) 容器破損への改善策

対策としては、牛乳同様にペットボトルなどの容器を選択することや、カートンの材質や、製品容量の検討が必要であると結論付けた。

4. 発酵乳

商品名	凍結方法	緩慢凍結	急速冷凍	超低温急速冷凍
LKM512ヨーグルト	記号	A4-K	A4-TJ	A4-PA

4-(1) 凍結過程及び凍結サンプルについて

P9 図 6-②より、発酵乳の凍結曲線を比較した結果、他のアイテムと同様、緩慢凍結では非常に緩やかに品温が低下しているのに対し、急速凍結および超低温急速凍結では、これよりも短い時間で且つ急速に凍結されていた。

P11 図7より、潜熱帯通過時間を比較した結果、A4-TJはA4-Kの約1/1.3、A4-PAはA4-Kの約1/4の時間で潜熱帯を通過していた。

以上のことから、ヨーグルトにおいて、氷結晶の状態が最も良好な凍結方法は、超低温急速凍結>急速凍結≧緩慢凍結であると推測された。

また、発酵乳の容器では、カートンのアイテム(牛乳、クリームホワイト、ニューホイップ)で見られたような容器の破損は見られなかった。よって、容器や包装形態を変更は必要無いと結論付けた。

4-(2) 解凍後サンプルについて

P14 図 13 より、解凍後の状態を比較した結果、凍結品はその方法に関わらず全てにおいて離水が見られた。しかし、離水の様子は、A4-PA>A4-TJ>A4-Kの順で、離水の少ない状態に近付いていったが、未凍結品の状態とは明らかに差が見られた。この原因として、凍結により乳タンパクや脂肪の乳化状態が変化し離水したと思われ、凍結時間が短くなることで、その量が少なくなる傾向が示された。

P28 表 7 より、微生物検査の結果、全ての凍結条件において、保存期間中の大腸菌群および一般細菌の増殖は見られなかった。(乳酸菌数の測定値より、一般細菌で検出された菌数の全ては乳酸菌であると判断した。) よって、発酵乳は、凍結、解凍による微生物的な問題は無いと言える。

P33 表 13 より、官能検査の結果、凍結時間が短くなるPAが、全体的な評価が優れている傾向が見られた。特に、滑らかさの物性の指標では、A4-K、A4-TJがマイナス評価であるのに対し、A4-PAはプラスであり、その差は明らかであった。その他の風味評価では、A4-TJとA4-PAでは大きな差は見られなかった。

以上のことから、発酵乳の風味は、凍結時間を短くすることで、未凍結品に近い風味を維持できる傾向にあることが分かった。

5. 洋生菓子

商品名	凍結方法	緩慢凍結	急速冷凍	超低温急速冷凍
カスタードプリン	記号	A5-K	A5-TJ	A5-PA

5-(1) 凍結過程及び凍結サンプルについて

P10 図 6-③より、カスタードプリンの凍結曲線を比較した結果、他のアイテムと同様、緩慢凍結では非常に緩やかに品温が低下しているのに対し、急速凍結および超低温急速凍結では、これよりも短い時間で且つ急速に凍結されていた。

P11 図7より、潜熱帯通過時間を比較した結果、A5-TJ は A5-K の約 1/2、A5-PA は A5-K の約 1/4 の時間で潜熱帯を通過したことが分かった。

一方、P14 図 13 より、氷結晶の組織写真を比較した結果、表面部、中心部ともに、A5-K よりも A5-TJ、A5-TJ よりも A5-PA と、氷結晶の白い部分が小さく且つ細くなることが分かった。すなわち、凍結時間が短くなるに従い氷結晶が小さくなり、未凍結の状態に近づくことが確認された。

以上のことから、カスタードプリンにおいて、氷結晶の状態が最も良好な凍結方法は、超低温急速凍結>急速凍結>緩慢凍結であると推測された。

また、カスタードプリンの容器では、凍結によるフィルム部の膨張が見られた。しかしながら、破損は無く解凍後に膨張したフィルムは元に戻ることから、問題無いと結論付けた。

5-(2) 解凍後のサンプルについて

P20 図 25 より、解凍後の状態を比較した結果、全ての凍結品について若干の離水が見られた。特に、A5-TJ、A5-PA と A5-K での離水量の差はごくわずかであった。この主たる原因は断定できないが、カスタードプリンの組織は卵由来のタンパクが含まれており、これが乳化剤として組織を形成し、凍結による物性への影響を防いでいることが考えられた。

P24 表 3 より、解凍後の硬度を測定した結果、未凍結品と比べ各凍結品は硬度が低くなる傾向が見られた。しかしながら、各凍結方法の間には、数値的に大きな差は無いと判断した。

P29 表 8 より、微生物検査の結果、全ての凍結条件において、保存期間中の大腸菌群および一般細菌の増殖は見られなかった。よって、カスタードプリンは、凍結、解凍による微生物的な問題は無いと言える。

P34 表 14 より、官能検査の結果、A5-K の滑らかさの評価が他の凍結方法よりも劣っていたが、それ以外では、A5-TJ、A5-PA において全体的にポジティブな評価で、特に風味に関わる指標では、未凍結品と同等の内容であることが分かった。

以上のことから、カスタードプリンの風味は、凍結時間を短くすることで、未凍結品とほぼ同等の風味、物性を維持できることが分かった。

5-(3) カップの破損について

P 16 図 20 より、容器の破損が確認された。今回使用している容器は、チルド流通を前提に選定している為、冷凍耐性は考慮されていない。耐寒性グレードの包材に変更する事や、形状変更(容器のゲタをなくす)などで改善されると考えられる。

6. ナチュラルチーズ

商品名	凍結方法	緩慢凍結	急速冷凍	超低温急速冷凍
クリームチーズ	記号	A6-K	A6-TJ	A6-PA

6-(1) 凍結過程及び凍結サンプルについて

P 10 図 6-③より、クリームチーズの凍結曲線を比較した結果、他のアイテムと同様、緩慢凍結では非常に緩やかに品温が低下しているのに対し、急速凍結および超低温急速凍結では、これよりも短い時間で且つ急速に凍結されていた。

P11 図7より、潜熱帯通過時間を比較した結果、A6-TJ は A6-K の約 1/2、A6-PA は A6-K の約 1/4 の時間で潜熱帯を通過していた。

以上のことから、クリームチーズにおいて、氷結晶の状態が最も良好な凍結方法は、超低温急速凍結>急速凍結>緩慢凍結であると推測された。

また、クリームチーズの容器では、凍結によるフィルム部の膨張が見られた。しかしながら、破損は無く解凍後に元に戻ることから、問題無いと結論付けた。

6-(2) 解凍後サンプルについて

P21 図 26 より、解凍後の状態を比較した結果、凍結速度が速くなるほど、外観にひび割れが見られることが分かった。また、全体的に離水が見られ、特に A6-K にやや多くの離水が確認された。食感については、A6-K は水が出た分だけ、滑らかさを失いざらざらとしている印象を受けた。A6-TJ と A6-PA は、未凍結品に比較的近い印象を持った。離水や物性のざらざらの原因は、凍結により乳化が壊されたことに起因すると考える。ひび割れの原因の詳細は本試験では特定できないが、クリームチーズの物性に限っては、短時間凍結がベストではなかった。ひび割れは外観の問題であり、官能への影響は少ないことから、ひび割れを改善するには、凍結速度と官能のバランスを見極める必要がある。

P30-31 表 9 より、微生物検査の結果、全ての凍結条件において、保存期間中の大腸菌群および一般細菌の増殖は見られなかった。よって、クリームチーズは、凍結、解凍による微生物的な問題は無いと言える。

P34 表 15 より、官能検査の結果、滑らかさの物性について、凍結時間が短くなるに従い未凍結品と同等の評価であることが分かった。その他の風味の項目については、凍結方法の違いにより大きな差は見られなかった。

以上のことから、クリームチーズの風味は、凍結時間を短くすることで、未凍結品とほぼ同等の風味、物性を維持できることが分かった。しかし、凍結時間を短くする事で表面にひび割れが発生する傾向が見られた。

以上