
冷凍食品技術研究

(Frozen Foods Technical Research)

NO. 99
2013年6月
発行

目 次

	頁
〈講 演 要 旨〉 「食品多糖類の基礎特性と食品応用」 ～冷凍食品への応用例の紹介～ 三栄源エフ・エフ・アイ(株) 第一事業部 ハイドロコロイド研究室 豊泉 智…………… 1	1
〈講 演 要 旨〉 「食品の凍結過程再考—緩慢凍結、急速凍結」 東京海洋大学 海洋科学部食品生産科学科 食品冷凍学研究室 教授 鈴木 徹…………… 17	17
〈文 献 紹 介〉 『ここがポイントかな？ 食品冷凍技術』 公益社団法人日本冷凍空調学会 参与 東京海洋大学 食品冷凍学研究室 白石 真人…………… 38	38
〈国 内 情 報〉 株式会社明治の工場見学会報告 (株)宝幸 環境品質保証部 鹿股 悠奈…………… 48	48
〈編 集 後 記〉 ……………… 51	51

冷凍食品技術研究会

<講演要旨>

食品多糖類の基礎特性と食品応用

冷凍食品への応用例の紹介

三栄源エフ・エフ・アイ株式会社
第一事業部 ハイドロコロイド研究室
豊泉 智

女性の社会進出による共稼ぎの増加や高齢者人口の増加など、ダイナミックな社会環境の変化は加工食品に対する消費者ニーズを多様化させている。おいしさや栄養への要求は勿論のこと、食の安全・安心に対する関心もますます高くなっている。多様化する消費者のニーズを満たすために食品添加物が果たす役割は大きく、特に新しい加工食品の開発には食品添加物の活用が必要不可欠であるといっても過言ではない。

食べて幸福感や満足感が得られてこそ食品であり、おいしい食開発が産業界に課せられた変わらぬテーマである。食品のおいしさの二大要因は食感（テクスチャー）と風味（フレーバー）であるといわれている。中でも食感は、食のおいしさだけでなく、噛みやすい、飲みやすいなど、近年の超高齢社会における摂食の安全という点でも重要性が増している。

食感を制御する食品成分として多糖類（本稿では食品多糖類と称す）があり、食品衛生法上は増粘安定剤として、加工食品に使用する場合は食品添加物として扱われる。食品多糖類は、ゲル化性、増粘性、保水性、分散性、乳化性、起泡性など多様な機能を有し、いわゆるテクスチャーモディファイヤーとしても有効である。冷凍食品では、食品構造の主成分としてだけでなく、解凍後の離水や食感変化を抑制する目的などで既に使用されている。食品多糖類の基礎特性を理解することは、食感を機軸にした新しい加工食品の開発において非常に重要である。


本講演では、食品多糖類の一般的な基礎特性と食品応用について概説する。食品多糖類の基礎特性として、粘度やゲル強度などの力学特性を指標にした冷凍解凍耐性および冷凍解凍時のゲルの離水を中心に説明する。次に、当社多糖類製剤の冷凍食品への使用例、効果を説明する。

本講演が、新たな冷凍食品の開発、品質の向上の一助になれば幸いである。

San-Ei Gen F.F.I., Inc. GOD ARTIST

食品多糖類の基礎特性と食品応用 冷凍食品への応用例の紹介

三栄源エフ・エフ・アイ株式会社
第一事業部 ハイドロコロイド研究室
豊泉 智



内容

I 食品多糖類について

- ・ 序論(食品開発における食品多糖類の有用性)
- ・ 主な食品多糖類の基礎特性と冷凍食品を含む食品用途例
 - 1) 増粘剤(キサンタンガム、グァーガム、ローカストビーンガム)
 - 2) ゲル化剤(ジェランガム、カラギナン)

II 当社の多糖類製剤について

- ・ 特徴と冷凍食品を含む食品用途例
 - 1) スマートテイスト® (特殊デキストリン)
 - 2) サンアーティスト® PN, PG(発酵セルロース製剤)
 - 3) ビストップ® ND-33(麵用の品質改良剤製剤)
 - 4) ビストップ® D-4023(加工米飯用の品質改良剤製剤)
 - 5) サンサポート® Gシリーズ(介護食用のゲル化剤製剤)

2
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc. 2013.3.6

I 食品多糖類について 序論

3
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc. 2013.3.6

食品開発における食品多糖類の有用性

- ・ 食品を美味しくする
- ・ 食品の美味しさを保つ

どちらにも食品多糖類が必要

4
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc. 2013.3.6

食品のおいしさ

化学的な味

「味 (Taste)」(水溶性成分の味蕾への吸着)
「匂い (Aroma)」(揮発成分の嗅粘膜への吸着)

物理的な味

「テクスチャー (Texture)」(歯、歯茎、口蓋、喉、舌で感じる力学的刺激) ← 食品多糖類が関与

5
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc. 2013.3.6

食品多糖類とテクスチャー(食感)

- ・ 食品多糖類のゲル化能や増粘能により、食品の力学特性や構造を変えることができる。
- ・ これによって口あたり、歯ざわり、喉越しなどのテクスチャーを変えることができる。
- ・ 食品多糖類をテクスチャーモディファイヤーと呼ぶ場合がある。

6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc. 2013.3.6

食品多糖類の多様な機能



増粘
(調味料、ドレッシングなど)



ゲル化
(プリン、ゼリーなど)



保水、スライス性向上
(畜肉加工品)



安定
(酸性乳飲料)



乳化+安定
(ミルク入りコーヒー)

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

食品添加物の種類と役割

食品添加物の種類	役割
増粘安定剤※、乳化剤、香料、甘味料、酸味料、調味料、着色料、発色剤、漂白剤、光沢剤	食品の嗜好性や品質の向上
保存料、酸化防止剤、日持向上剤、殺菌剤、防かび剤	食品の保存性の向上
凝固剤、かんすい、酵素、消泡剤、酸、アルカリ剤などの製造用剤	食品の製造や加工に必須
栄養強化剤	栄養成分の調整

※ 増粘安定剤は、食品への使用目的の分類を示す用語であり、食品への用途名表示には使用できないので注意が必要。

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

増粘安定剤の種類

既存添加物	指定添加物
アウレオヒンジウム塩類	キチン
アグロバクテリウムスタングリカン	キトサン
アモニドガム	グアーガム
アラビガム	グアーガム関連分画物
アラビノガラクトン	グルコマンナン
アルギン酸	卵巣抽出物
ウランガム	サイロムレードガム
ユシ糖類	サイロムレードガム
カンパガム	シヤンガム
カラヤガム	カラヤガム
カラメル	カラメル
カラゲニン	カラゲニン
カラヤガム	カラヤガム
カラブーガム	カラブーガム
キサンタンガム	キサンタンガム

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

主な食品多糖類の基礎特性と 冷凍食品を含む食品用途例

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

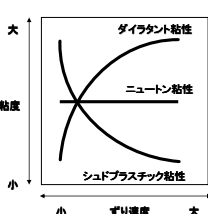
増粘剤とは

- 一般に、食品に粘度を付与する目的で使用されるものを増粘剤と称する。
- 個々の増粘剤の種類により粘度や粘性は異なる。
- 室温で溶解可能であるものから、加熱しなければ溶解されないものまで、種々の性質がある。
- 増粘剤の添加により、粘度付与、ボディ感の付与、コクミ付け、食感改良、油や不溶性の固形物等の均一な分散安定化が可能である。
- 増粘剤の粘性には、主にシュドプラスチック粘性、ダイラタント粘性、ニュートン粘性の3種類があり、食品の物性に大きな影響を与える。

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

増粘剤の粘性

- シュドプラスチック粘性 (キサンタンガム等)
ずり速度の増加につれ、粘度が低下する粘性
食品の中で最も一般的な粘性
- ニュートン粘性 (ローカストビーンガム等)
ずり速度を変化させても、粘度変化のない粘性
- ダイラタント粘性 (澱粉の懸濁液等)
ずり速度の増加につれて、粘度が上昇する粘性



ダイラタント粘性
ニュートン粘性
シュドプラスチック粘性

粘度 (縦軸)
ずり速度 (横軸)

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 主な増粘剤

	キシランタンガム	グアーガム	ローカストビーンガム	タマリンドシードガム	カラギナン (λ-タイプ)
溶解性	常温	常温	加熱 (80℃)	加熱 (80℃) (普通グレード者)	常温
粘度 (0.5%) (mPa·s)	200 ~ 400	5 ~ 450	50 ~ 200	10 ~ 20	50 ~ 150
粘性	シュドプラスチック性	弱いシュドプラスチック性	ニュートン粘性	ニュートン粘性	ニュートン粘性
耐熱性	◎	△	△	○	○
耐酸性	◎	△	△	○	△
耐塩性	◎	△	△	○	○
耐酵素性	◎	×	×	△	○
耐冷凍性	◎	○	△	○	◎
相乗効果	グアーガムとの相乗効果で増粘。 ローカストビーンガムとの相乗効果でゲル化。	キシランタンガムとの相乗効果で増粘。	キシランタンガムとの相乗効果でゲル化。 ローカストビーンガムとの相乗効果でゲルの弾力性が向上。	なし	なし

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 キサンタンガム

起源 : 微生物 (*Xanthomonas campestris*) 発酵
組成 : 主鎖は β-1,4 結合した D-グルコース
 : 側鎖は主鎖 2 個に対しマンノース、グルクロン酸、マンノース

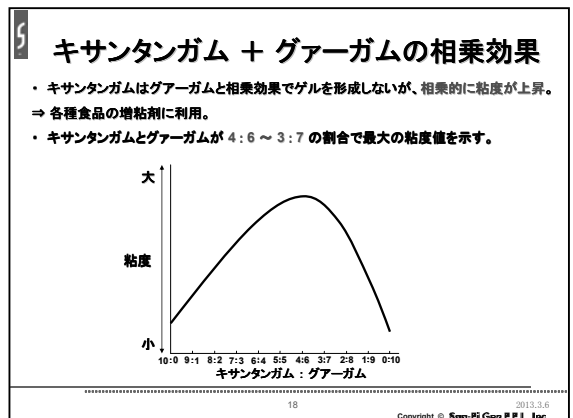
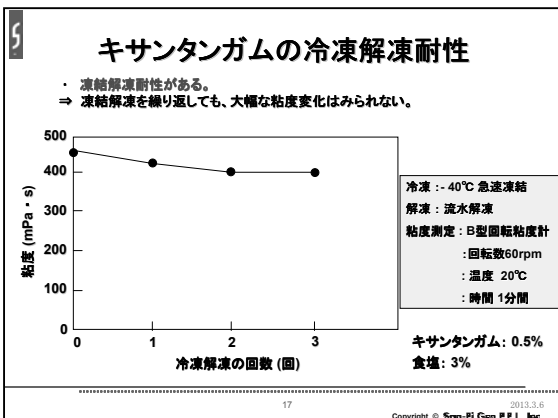
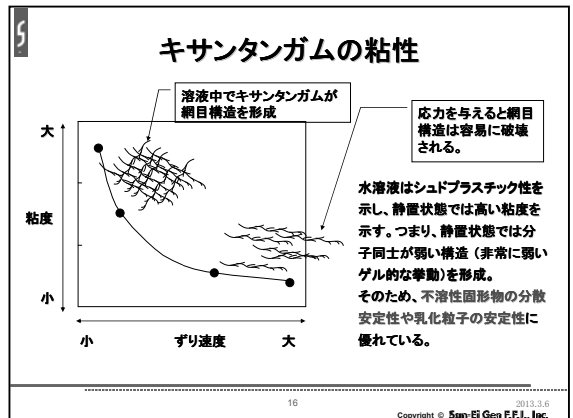
溶解性 : 冷水可溶
粘性 : シュドプラスチック粘性
相乗効果 : ローカストビーンガム (ガラクトマンナン) やグルコマンナンとの相乗効果で非常に弾力のあるゲルを形成
 : グアーガムやカラガム (ガラクトマンナン) との相乗効果で粘度上昇
安定性 : 耐熱性、耐酸性、耐塩性、耐酵素性、耐凍結凍性 (主鎖を側鎖が保護)

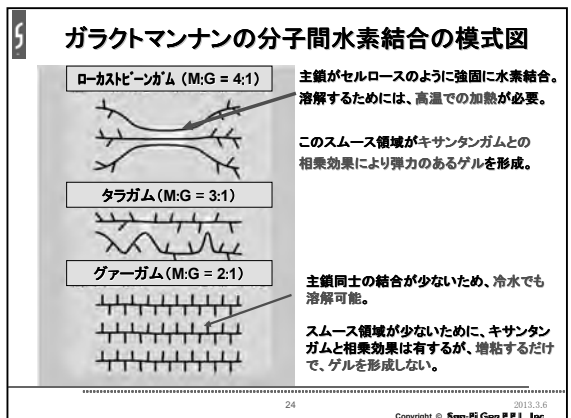
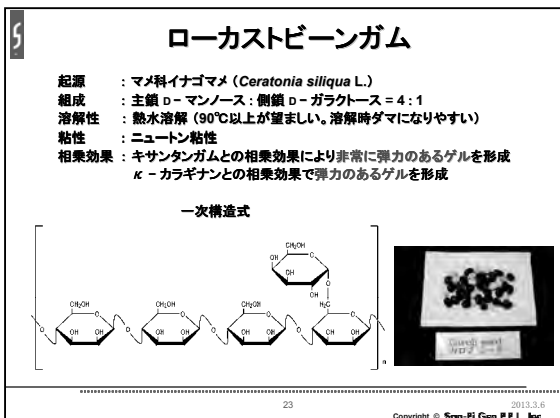
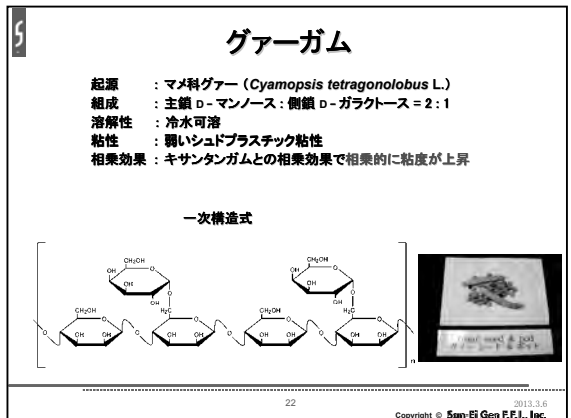
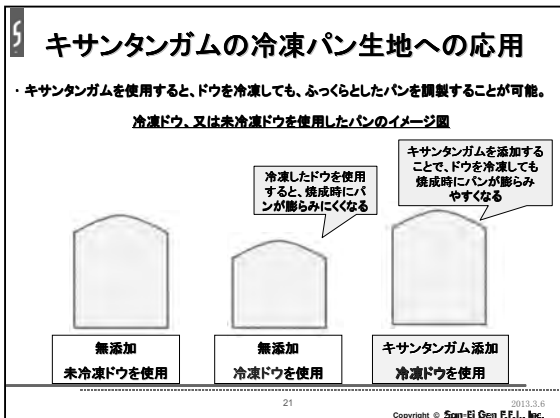
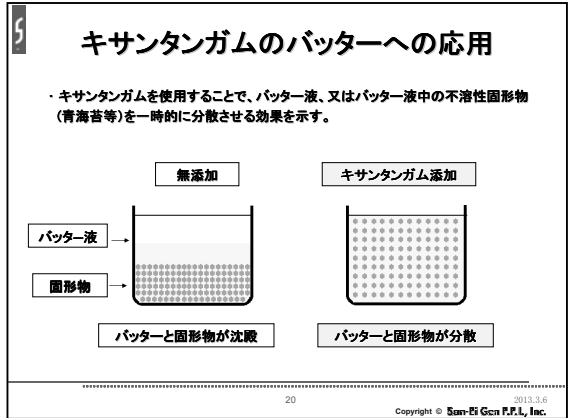
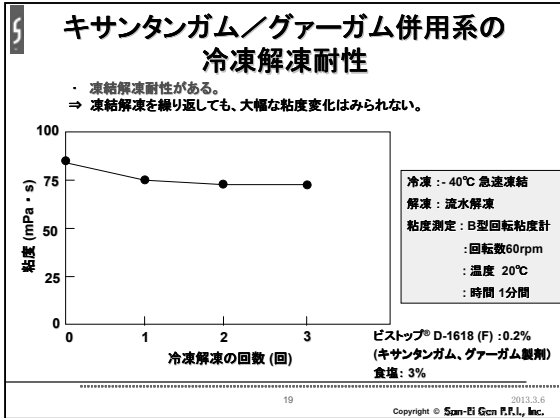
2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 キサンタンガムの用途

使用食品例	使用目的
乳化ドレッシング	油脂の安定化、粘度付与
マヨネーズ風味調味料	油脂の安定化、粘度付与
たれ、ソース	粘度付与、不溶性固形物の分散、照り出し
ケーキミックス	粘度付与、ボリュームアップ
細麦	粘度付与、成形向上、照り出し
漬物・塩辛	粘度付与、離水抑制
飲料	食感改良 (コク味付与、のど越し改良)
チーズ	離水防止、成形性向上
パン、ケーキ	食感改良 (しっとり感アップ)、ボリュームアップ、加水率向上
フルーツゼリー	ゲル化 (テクスチャーの調整)、耐熱性付与、製造工程中の品質向上
睡下補助食品	粘度付与
パンター液	粘度付与、沈殿防止
冷凍	氷結晶のコントロール、食感改良 (ソフト化)
冷凍食品全般	衣の剥離防止、保水性向上
冷凍ゼリー、冷凍プリン	冷凍耐性付与、ゲル化 (テクスチャーの調整)
冷凍パン生地	冷凍変性防止、ボリュームアップ、食感改良

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.





5 グァーガム／ローカストビーンガムの用途

グァーガム

使用食品例	使用目的
焼き菓子	保湿度向上、ソフト感付与
ドレッシング、たれ	食感改良、流動性改良
冷菓	食感改良、氷結晶の微細化、ミックスの増粘
パッカー液	粘度付与、沈殿抑制

ローカストビーンガム

使用食品例	使用目的
ドレッシング、タレ	食感改良、流動性改良
ゼリー、プリン	ゲル化剤(κ -カラギナンとの併用で弾力性向上)
冷菓	食感改良、氷結晶の微細化、ミックスの粘度付与、保形性の向上

25 2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 グァーガムの冷凍解凍耐性

冷凍解凍耐性はキサンタンガムほど高くない。
⇒ 凍結解凍を繰り返すと、徐々に粘度が低下する。

冷凍解凍の回数 (回)	粘度 (mPa・s)
0	300
1	250
2	200
3	170

26 2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 ローカストビーンガムの冷凍ゲル化

・ローカストビーンガムは凍結解凍により、部分的にゲル化する。

分子会合によるゲル化

0.5% ローカストビーンガム溶液を冷凍解凍

27 2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 ローカストビーンガムの冷菓への応用

アイスクリーム

アイスキャンディー

効果

- ・保形成付与
- ・濃厚感のある食感付与
- ・気泡保持効果
- ・氷結晶の安定化によるクリーミーな食感付与

- ・なきの防止
- ・氷結晶の調節
- ・食感改良

28 2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5

ゲル化剤

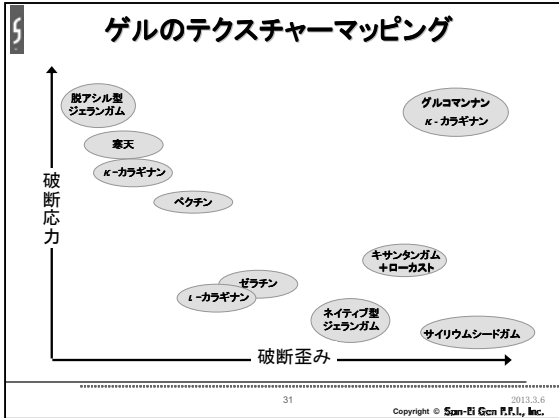
29 2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5

ゲル化剤とは

- ・ゲルとは、液体を分散媒とし、固体を分散相とする分散系のうち流動しないものと定義される（コロイド科学）。
- ・ゲル化剤とはゲル状組織を形成する目的で使用されるもので、食品では多くの場合、多糖類である（デザートゼリー、ミルクプリン等）。
- ・一般的に多糖類の使用量は数%以下であり、残りの液体成分を固化化することが可能である。
- ・ゲルは大きな変形を与えると破壊する場合が多い。破壊時の応力を破断応力またはゲル強度、歪み(距離)を破断歪み(距離)として測定し、ゲル物性の指標とする。
- ・ゲル化剤は多種多様であり、非常に崩れやすい脆い食感から、非常に弾力のある食感まで幅広い食感のゲルを調製することができる。

30 2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

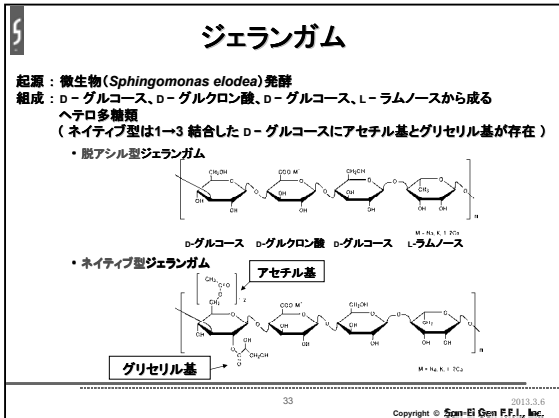


5 主なゲル化剤

ゲル化剤	分類	溶解条件	ゲル化条件		ゲルの特徴			
			温度	他	ゲル化温度	ゲル融解温度	物性	離水
脱アシル型GG	酸性多糖類	約90℃	冷却	Ca, (K)	約40℃	不可逆	非常に強い	多い
ネイティブ型GG	酸性多糖類	約80℃	冷却	-	約70℃	約80℃	ソフトで弾力	なし
寒天	中性多糖類	約90℃	冷却	-	約30℃	約90℃	強い	有り
K-CGN	酸性多糖類	約70℃	冷却	(K, Ca)	約40℃	約90℃	強い	有り
I-CGN	酸性多糖類	約60℃	冷却	(Ca, K)	約40℃	約60℃	ソフトで弾力	なし
K CGN+L BG	酸性+中性多糖類	約80℃	冷却	(K, Ca)	約50℃	約60℃	弾力有り	やや有り
XG+L BG	酸性+中性多糖類	約80℃	冷却	-	約50℃	約60℃	弾力有り	なし
ゼラチン	タンパク質	約60℃	冷却	-	約25℃	約30℃	弾力有り	なし

GG : ジェランガム, CGN : カラギナン, LBG : ローカストビーンガム, XG : キサンタンガム

2013.3.6 Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.



5 ジェランガムの応用例

種類	使用食品例	使用目的
脱アシル型ジェランガム	フルーツゼリー	ゲル化、耐熱性付与、製造工程中の品質向上
	ミルクプリン	ゲル化、食品の安定化、製造工程中の品質向上
	みつば、くずきり	シロップ凝固での融解防止、ゲル化 (テクスチャーの調整)
	プリンクッキー	ゲル化、フレーバーリリース
	漬物 (マイロシロガク)	固形物の分散
	ジャム、ジャム状食品	耐熱性付与、ゲル化、焼成時融解防止
	グアキョウゼイ、アズビウゼリー	ゼラチンの凝固向上、ゲル化
	海藻類食品 (F1-F3) (凍干、たらこ)	食塩との凝固でゲル化、コーティング
	スタック菓子	食塩との凝固、蒸気防止、コーティング
	冷凍食品 (ハンバーグ等)	ジュース感アップ
ネイティブ型ジェランガム	アイスキャンディー	固形物の分散、氷結晶のコントロール
	和風ゼリー (くずもち、くずきり)	ゲル化、凍結ゲル様食感、老化学しない
	レトルトプリン	レトルト耐性向上、蛋白安定、離水防止
	フラワーペースト	澱粉との凝固、チクトロビーク、保水性向上、離水防止
	ジャム、ジャム状食品	離水防止、テクスチャーの調整
	ドレッシング	不溶性固形物の分散、粘度付与、油滴の安定化
	果汁・野菜飲料	ビーズレバルムの分散安定化
	ココア飲料	ココア玉の分散安定、酸味味の安定化
	冷凍食品	冷凍耐性付与、離水防止
	冷凍ゼリー	冷凍耐性付与、離水防止
冷凍	氷結晶のコントロール、固形物の分散	

2013.3.6 Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

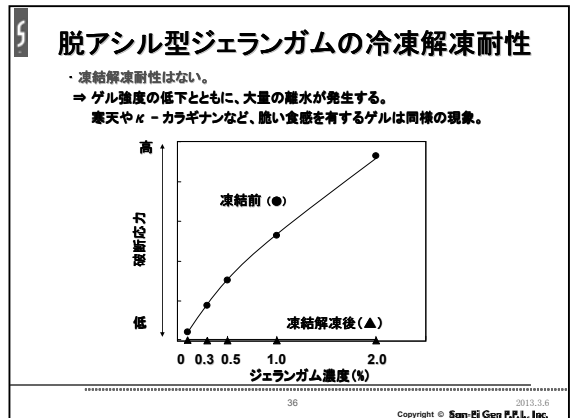
5 脱アシル型ジェランガム

組成 : D-グルコース、D-グルクロン酸、D-グルコース、L-ラムノースから成るヘテロ多糖類
 溶解性 : 熱水に溶解 (90℃以上が望ましい)
 : キレート剤を使用することで、溶解温度を下げる事が可能
 ⇒ ゲルアップ® K-S (F) (脱アシル型ジェランガム製剤)
 性質 : 強いゲルを形成
 : カチオン類 (Ca, K, Mg 等) 添加で透明ない食感のゲルを形成
 : 優れたフレーバーリリース
 : 二価カチオン形成ゲルは耐熱性を示し、レトルト殺菌時も融解しない
 用途例 : フルーツゼリー (ゲル化目的、耐熱性付与)
 : フラワーペースト (保形性の向上、耐熱性付与)
 : ジャム、ジャム状食品 (ゲル化目的、耐熱性付与)

ゲル化させるための因子
 : カチオン類添加, pHを下げる。

脱アシル型ジェランガムのゲル

2013.3.6 Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.




5 ネイティブ型ジェランガム

溶解性 : 熱水に溶解
性質 : 非常に高温でゲルネットワークを形成
 : 弾力のある餅様の白濁ゲルを形成
 : カチオン類との親和性は弱い
 : 凍結解凍耐性を有する
 : 低濃度でシドプラスティック粘性の溶液

用途例 : 和風ゼリー (ゲル化目的)
 : ココア飲料 (固形成分の分散安定)
 : メレンゲ (気泡安定)

ゲル化させるための因子
 : 冷却

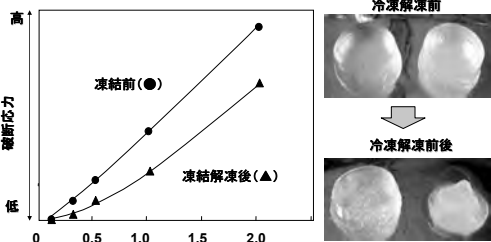


ネイティブ型ジェランガムのゲル

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 ネイティブ型ジェランガム凍結解凍耐性

・ 凍結解凍しても大幅にゲル強度は低下しない。⇒ 凍結耐性あり。



凍結前 (●)
 凍結解凍後 (▲)

高
 凍結耐力
 低

0 0.5 1.0 1.5 2.0
 ジェランガム濃度 (%)

凍結解凍前
 ↓
 凍結解凍前後

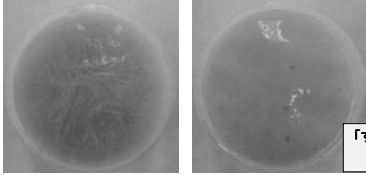
ネイティブ型 脱アシル型

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 ネイティブ型ジェランガムの 冷凍茶碗蒸しへの応用

・ 冷凍しても組織がスポンジ状になりにくく滑らか。
 ・ 離水が少ない。

流水解凍した茶碗蒸し



無添加
 ネイティブ型ジェランガム

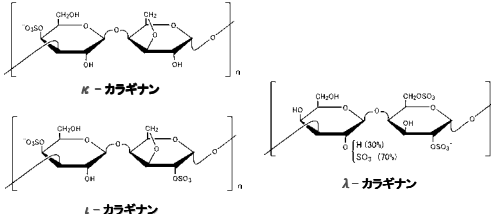
「す」が入りにくく滑らか!

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 カラギナン

起源 : 紅葉類 (スギノ目目のスギノリ、イバラベニ、ミリン等)
組成 : D-ガラクトースが基本骨格の直鎖状の酸性多糖類
構造 : 硫酸基の結合部位と構成糖の相違により κ 、 λ 、 λ タイプに大別

構造



κ -カラギナン
 λ -カラギナン
 λ -カラギナン

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 κ -カラギナン

溶解性 : 熱水に溶解
性質 : 脆い食感のゲルを形成
 : Ca、K 等のカチオン添加でゲル強度上昇
 : ローカストビンガムとの相乗効果で弾力のあるゲルを形成
 : 乳蛋白と相互作用

用途例 : ゼリーやプリン (ゲル化目的)
 : 唐揚げ、メンチカツ (保水性の向上、ドリップ防止)
 : ハム、ソーセージ (結着)

ゲル化させるための因子
 : 冷却及びカチオン (Kイオン) の添加が必要

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 λ -カラギナン

溶解性 : 熱水に溶解
ゲル形成 : 弾力性に富んだゲルを形成
性質 : 弾力のあるゲルを形成 (添加量が多く必要)
 : Ca、K 等添加でゆるやかにゲル強度上昇
 : 乳蛋白と相互作用

用途例 : ゼリーやプリン (少量添加で離水防止)
 : 惣菜 (少量添加で離水防止)
 : ドレッシング (不溶性物質の分散安定)

ゲル化させるための因子
 : 冷却及びカチオン (Caイオン) の添加が必要

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

カラギナンの用途

種類	食品使用例	使用目的
κ-カラギナン	フルーツゼリー	ゲル化 (チクスターの調整)
	ミルクプリン	ゲル化 (チクスターの調整)、蛋白の変性
	インスタントゼリー、プリン	ゲル化 (チクスターの調整)、滑触性良好
	ハム	脂肪の凝集性向上、凝水防止、スライス操作性向上
	唐揚げ、揚げカツ	凝水性向上、ジュース性の向上
	冷凍ゼリー、プリン	ゲル化 (チクスターの調整)
ι-カラギナン	アイスクリーム	乳しよ分離の防止 (蛋白の変性)
	アイスキャンディー	氷結晶のコントロール (固くけりがした食感)
	フクラパーセント	チキントロビー性、弾性向上、凝水防止
	ジャム食品	凝水防止、チクスターの調整
	ドレッシング、たれ	不溶性固形物の分散、粘度付与
	ココア飲料	ココア末の分散安定、脂肪球の変性
λ-カラギナン	魚、PETコヒー	脂肪球の変性 (クリーミング防止)、沈降防止
	調味料	凝水防止、不溶性固形物の分散
	ゼリー、ミルクプリン	凝水防止、チクスター調整
	インスタント飲料	粘度付与、冷水可溶、固形物の分散安定
	インスタントスープ	粘度付与、冷水可溶、固形物の分散安定
	乳飲料	粘度付与 (コク増強)
μ-カラギナン	ジャム状食品	凝水防止、チクスターの調整
	餅サラダ	弾性向上、凝水防止
	コヒーフレッシュ	粘度付与、脂肪球の変性

43 2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

κ-カラギナン + ローカストビーンガムの 冷凍デザートへの応用

- κカラギナンとローカストビーンガムの併用で弾力のあるゲルを形成。
- ローカストビーンガムの比率を増やすと弾力が増す。⇒ 冷凍耐性の向上。
- 蛋白との相互作用あり。⇒ プリンに適する。

フルーツゼリー



コーヒーゼリー



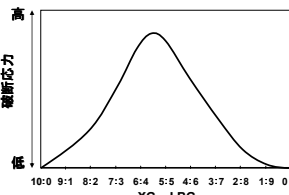
プリン



44 2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

キサンタンガム + ローカストビーンガムの 相乗効果


キサンタンガムとローカストビーンガムの併用により、ソフトで弾力のあるゲルを形成。
⇒ 冷凍耐性があり、冷凍ゼリー用のゲル化剤や冷凍食品の凝水防止に使用可能。



高
縦断芯力
低

10:0 9:1 8:2 7:3 6:4 5:5 4:6 3:7 2:8 1:9 0:10
XG : LBG

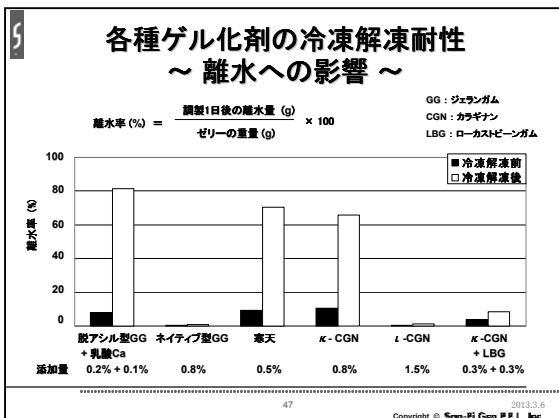
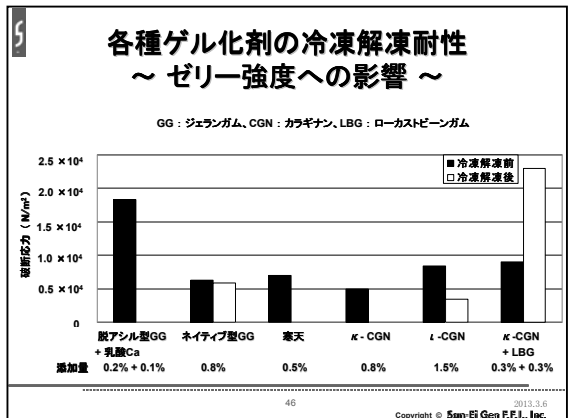
シートゲル



XG : LBG = 1 : 1 (total 0.5%)

XG : キサンタンガム
LBG : ローカストビーンガム

45 2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.



冷凍ゼリー解凍時の離水の原因と防止策

＜原因＞

ゼリーを凍結。

↓

ゼリー中の水が氷結晶となり(体積増加)、多糖類のゲル(ネットワーク)構造が破壊される。

↓

解凍後、良好なゲル構造を保持できず、離水が発生し、その結果ゲルが収縮する。ゼリーはやわらかくなり、不均一な食感になる。

＜防止策＞

ゼリーに凍結解凍耐性を付与するには、ゲル構造が破壊されないことが重要。さらに、水分子の熱運動を抑制して、氷結晶の成長を抑制する。

↓

弾力のあるゲルを形成するゲル化剤を選択する(ゲル構造に柔軟性を付与する)。

素材として、ネイティブ型ジェランガム、ι-カラギナン等が挙げられる。

48 2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 冷凍ニンジンゼリーの処方・製法

原料	B	①	②	③	④	⑤
1. ニンジンピューレ	20	20	20	20	20	20
2. ゲルアップ® WG-F (F)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3. ケルコゲル® LT-100 キチン質抽出物	—	0.3	—	—	—	—
4. カラギニン CSI-1 (F) イモ多糖	—	—	0.4	—	—	—
5. ビストップ® D-20 アラビアゴム	—	—	—	0.4	—	—
6. ゲルアップ® SA-3 キサンタン・ロー・スタビライゼーション剤	—	—	—	—	0.4	—
7. ゲルアップ® J-1630 ゼラチン	—	—	—	—	—	0.4
8. マンゴーフレーバーNo.76358 (P)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
9. サンスイート® SU-100	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
水にて合計	100	100	100	100	100	100

1) 水を攪拌しながら2~7を追加し、80℃10分間加熱攪拌溶解します。
(⑤のみ90℃10分間加熱攪拌溶解します。)

2) 1, 8, 9 を加入、蒸発水を補正後、容器に充填し冷却固めます。

3) -20℃で凍結します。



2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 冷凍解凍による物性変化 (かたさ、離水率)

原料	B	①	②	③	④	⑤
ニンジンピューレ	20	20	20	20	20	20
ゲルアップ® WG-F (F)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
ケルコゲル® LT-100	—	0.3	—	—	—	—
カラギニン CSI-1 (F)	—	—	0.4	—	—	—
ビストップ® D-20	—	—	—	0.4	—	—
ゲルアップ® SA-3	—	—	—	—	0.4	—
ゲルアップ® J-1630	—	—	—	—	—	0.4
マンゴーフレーバーNo.76358 (P)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
サンスイート® SU-100	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
かたさ (N/m ²) 冷凍前	2.0 × 10 ⁴	1.9 × 10 ⁴	2.0 × 10 ⁴	2.2 × 10 ⁴	3.5 × 10 ⁴	3.4 × 10 ⁴
かたさ (N/m ²) 冷凍解凍後	1.7 × 10 ⁴	1.7 × 10 ⁴	1.4 × 10 ⁴	2.2 × 10 ⁴	3.4 × 10 ⁴	1.7 × 10 ⁴
離水率 (%) 冷凍前	0	0	0	0	0	0.1
離水率 (%) 冷凍解凍後	6.2	2.3	0.8	4.3	3.6	6.6

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

II 当社の多糖類製剤

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

スマートテイスト® (特殊デキストリン)

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

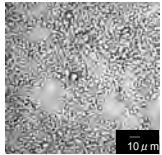
5 スマートテイスト®とは

- 厳密に管理した酵素処理で澱粉を分解、生産した特殊なデキストリン (DE=4)。
- 水に溶解後静置すると、結晶化して微粒子 (2 ~ 5 μm) を形成。
- 粒子が脂肪感、滑らかな濃厚感、保形性を付与
- 加熱溶解後に静置すると、再結晶化 (熱可逆性)。

スマートテイスト® 15%水溶液

溶解直後 (20℃) → 静置 (20℃ 1日) → 加熱 (80℃ 10分)

無色透明 → 白濁、ペースト状 → 再度無色透明へ



スマートテイスト®の結晶化粒子 (光学顕微鏡、倍率: 630倍)

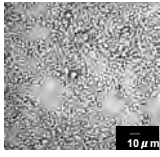
2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 スマートテイスト®の効果

- 結晶粒子が脂肪代替素材として優れた効果を発揮。
- 従来の多糖類と比較してねっとりせずに、ボディ感を付与。
- 球状粒子が、乳化粒子のような白濁を付与。

各種粒子サイズと食感

スマートテイスト®の結晶粒子 (約 2.7 ± 0.29 μm)	マヨネーズの乳化粒子 (約 2.5 ± 0.17 μm)	生乳に含まれる脂肪球 (3~7 μm)	市販の牛乳に含まれる脂肪球 (0.8~1 μm)
1 μm以下: 脂肪的なボディ感が低い。	1~5 μm: 滑らかで脂肪的なボディ感を付与。	5 μm以上: 粉っぽさ、ざらつきがある。	



2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 スマートテイスト®の спреッド製品への応用 (脂肪代替、カロリー低減目的)

効果：spreッド製品の脂肪代替、脂肪感付与。
spreッド性が良好。
マーガリンやクリームチーズ様の滑らかな食感。



脂肪 0%でも脂肪感
があり、良好なspre
ッド性！

スマートテイスト®を使用した無脂肪オレンジチーズspreッド

55

Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 スマートテイスト®の調味料への応用 (脂肪代替、カロリー低減目的)

効果：マヨネーズ風調味料や乳化タイプドレッシングの脂肪代替。
乳化様の白濁感付与。
多量類のヌメリや粘りがない。



脂肪 0%でも脂肪感
があり、マヨネーズのよ
うな保形性や白濁感！

スマートテイスト®を使用したノンオイルマヨネーズ風調味料

56

Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 スマートテイスト®の冷凍たこ焼きへの応用

効果：澱粉の糊っぽい食感を低減し、口溶けを改善。
冷めても良好な口溶けを維持。



良好な口溶け！

57

Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 冷凍たこ焼き：処方

	ブランク	添加区
1. 薄力粉	93.4	93.4
2. サンオーバー® O-62	1.0	1.0
3. サンライク® だし 0103P	1.2	1.2
4. サンライク® テイストベース 1207P	0.1	0.1
5. サンライク® ホンブシ 4223E	0.3	0.3
6. レーグルタミン糖ナトリウム	2.0	2.0
7. 食塩	2.0	2.0
8. 全卵	20.0	20.0
9. スマートテイスト®	—	1.0
10. 水	400.0	400.0
合計	520.0	521.0

- 1) 1~9 を10に添加し、ダマがなくなるまで十分に攪拌します。
- 2) たこ焼き器を十分に熱し、1)を流し込みます。
- 3) 弱火で4分間焼き、返して4分間、再度返して5分間焼成します。
- 4) -20℃で凍結します。

58

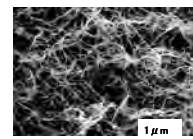
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 サンアーティスト® PN, PG (発酵セルロース製剤)

5 発酵セルロース

起源：酢酸菌 (*Acetobacter aceti*) が産出するセルロース
ナタデココの範疇 (一般飲食添加物)

特徴：水に不溶性発酵セルロース繊維は溶液中で三次元網目構造を形成。
優れた耐酸、耐熱、耐塩性を示す。
低粘度で、不溶性固形物の懸濁、分散安定効果を示す。
分散安定効果は、共存成分、温度、pH等の影響を受けにくい。
優れた乳化安定効果、蛋白の凝集防止効果を示す。



Scanning Electron Microscope (SEM) 写真

59

Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

60

Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 サンアーティスト® PNの効果

- ・微粒子から大きな素材まで分散が可能。
- ・熱時でも優れた分散性を示す。

各種素材の分散
(室温で24時間保存後)

ブラックペッパー ココア 抹茶 ウコン 苺ビュレ

常温、熱時における分散性の比較

サンアーティスト® PN	キサンタンガム

温度 20°C 80°C 20°C 80°C

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 サンアーティスト® PN による製造ラインの工程改善

効果：高温時でも、均一に具材を分散。
：充填時の具材のパラツキを抑制。⇒ 充填ラインの工程改善。

高温充填時のイメージ

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 ゲルアップ® PI-1210P によるレトルトプリンへの応用

効果：熱処理による蛋白の凝集を抑制。
：レトルト殺菌をしても、滑らかなプリンの調製が可能。

121°C 20分間のレトルト処理をしたプリンの様子

従来のゲル化剤

ゲルアップ® PI-1210P
(従来のゲル化剤 + サンアーティスト® PG)

レトルト殺菌でも滑らか食感！

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 サンアーティスト® PN のバター液への応用

効果：長時間、バター液の分散が可能。
⇒ 連続生産中のバターの沈殿防止に効果的。
：バター中の固形物の分散安定が可能。

調製12時間後の青のり入りバター液の様子 (保存温度 5°C)

キサンタンガム

サンアーティスト® PN

バターと青のりの分散性が良好！

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 ビストップ® ND-33 (麺用の品質改良剤製剤)

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 ビストップ® ND-33の麺への応用

- ・ビストップ® ND-33 (大豆多糖類製剤) はフィルム形成能が強い。
- ・麺の表面をビストップ® ND-33の溶液でコーティングすることで、麺同士の付着性を低減。⇒ 麺のほぐれが向上。

冷凍解凍後の中華麺を箸で持ち上げた時の様子

無添加

ビストップ® ND-33

良好な麺のほぐれ！

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 麺のほぐれ ビストップ® ND-33、サラダ油の比較

	添加量 (対種)	ほぐれ	味	におい
水	2.0%	×	○	○
サラダ油	2.0%	○	×	×
ビストップ® ND-33	0.05%	△	○	○
	0.1%	○	○	○

○ 良好 △ やや良好 × 不良

- 1) 水にビストップ® ND-33を添加して、所定濃度の水溶液を調製します。
- 2) 中華麺を茹でて、冷水でしめたのち、水を切ります。
- 3) 水、サラダ油、1) で調製した溶液を、麺に対して2% (w/w) 噴霧します。
- 4) -40℃で急速凍結します。
- 5) 流水解凍後、麺のほぐれ、風味を観察します。

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 ビストップ® D-4023 (加工米飯用の品質改良剤製剤)

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 ビストップ® D-4023 (アラビアガム製剤)の効果

作業性の向上

- ・ 米粒同士の粘着を防ぎ、ほぐれをよくする
- ・ 機械や容器への付着を低減する
- ・ 米飯への調味料の分散をよくする

米飯の品質向上

- ・ 保存時の食感維持(やわらかさ、しっとり感)
- ・ 外観の改良(光沢の付与)
- ・ 香味の改良(油脂感の改良)

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 ビストップ® D-4023の用途例

1. 液体調味料に添加

↓

米飯 → 調理

2. 粉末調味料に添加

↑

生米 → 炊飯

3. 炊き水に添加

↑

生米 → 炊飯

寿司飯
ケチャップライス

チャーハン

炊き込みご飯
おこわ

冷凍

・ 炊飯後の米飯に添加する方法、および炊き水に添加して炊飯する方法があり、いずれにおいても効果を発揮します。

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 ビストップ® D-4023を使用したケチャップライス: 処方

【調味液】	ブランク	添加区
1. ケチャップ	30.0	30.0
2. 砂糖	15.0	15.0
3. 食塩	10.0	10.0
4. コーン油	7.0	7.0
5. トマトペースト	5.0	5.0
6. CLEAR TOMATO CONCENTRATE 60°BX	1.0	1.0
7. サンライフ® ソードオニオン 2011E	3.0	3.0
8. サンライフ® ガーリックエキス	0.2	0.2
9. サンライフ® アミノベース UR (N)	1.0	1.0
10. パブリカ オレレジン 400	0.1	0.1
11. ビストップ® D-4023	—	8.3
水にて合計	100.0	100.0

- 1) 事前に上記調味液を調製し、容器に充填後、85℃、30分調製します。
- 2) フライパンで、バター10gを熱めます。
- 3) 炊飯後の米飯250gを60秒間炒めます。
- 4) 上記液体調味液30gを加え、さらに50秒間炒めます。
- 5) 容器に30gずつ充填し、-20℃で凍結します。

米飯に対して
1% (w/w)

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 ビストップ® D-4023の効果1. 作業性向上 (液体調味料の混和性向上)

Blank

ビストップ® D-4023 1% (対米飯)

冷凍解凍後の
ケチャップライスの評価

画像解析
(緑色=ムラ)

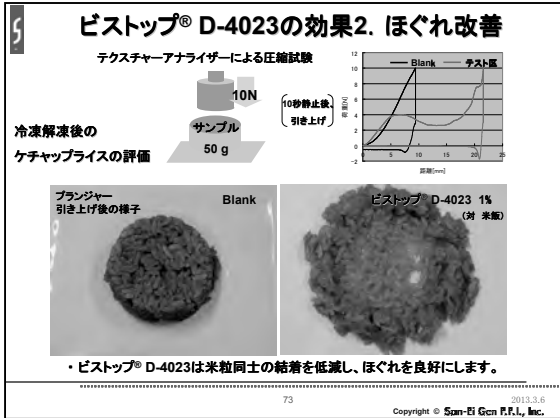
色ムラ部分の面積
(mm²)

7,368

4,160

・ ビストップ® D-4023の添加により、調味液が早く、均一に米飯になじみます。

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.



ピストップ® D-4023の効果3. 油脂感改善

冷凍解凍後のケチャップライスで評価

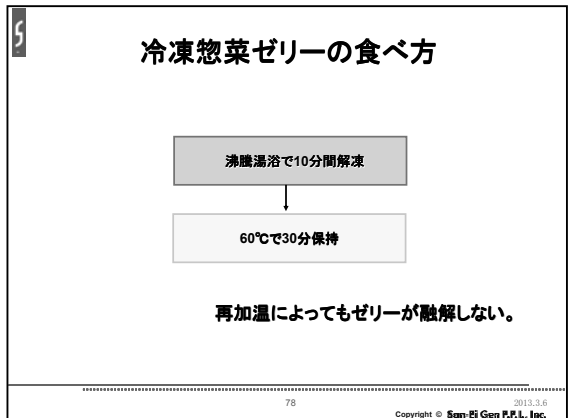
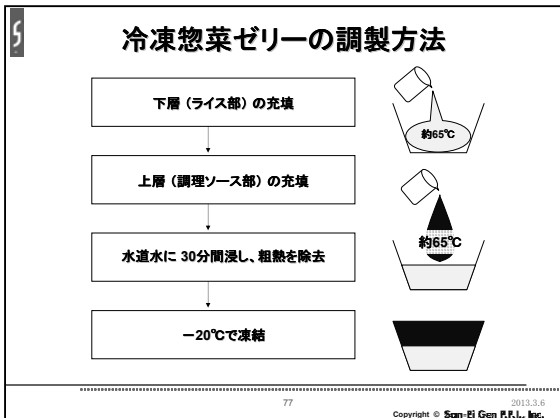
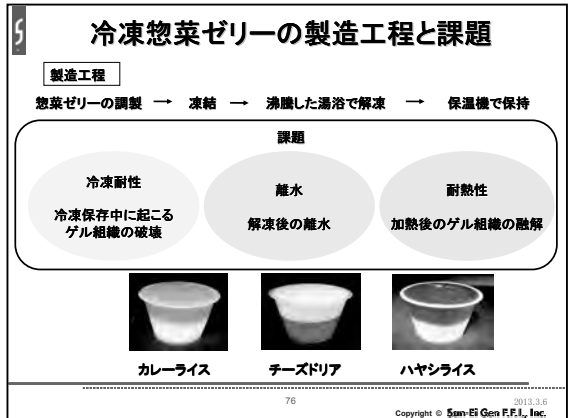
	添加量 (対米飯)	油脂感	備考
Blank	-	×	油脂の香り立ちが少ない。
ピストップ® D-4023	0.2%	△	やや油脂感あり。
	0.5%	○	油脂感があり、食感が軽い。
	1.0%	◎	0.5%より油脂感があり、食感が軽い。

・ピストップ® D-4023の添加により、油脂の風味を引き立てます。

74 Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc. 2013.3.6

サンサポート® Gシリーズ (惣菜ゼリー用のゲル化剤製剤)

75 Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc. 2013.3.6



5 冷凍惣菜ゼリー用ゲル化剤

サンサポート® G-1047 + 乳酸カルシウム

- ・冷凍ライスゼリー用ゲル化剤
- ・米由来の付着感の低減
- ・離水が少ない
- ・沸騰水で解凍後もゲルを保持

サンサポート® G-1048 + 乳酸カルシウム

- ・冷凍調理ソースゼリー用ゲル化剤
- ・離水が少ない
- ・沸騰水で解凍後も弾力のある滑らかなゲルを維持

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 カレーライス(下層): 処方・製法

【下層: ライス】

1. アルファー米	10.0
2. サンサポート® G-1047	1.5
3. 乳酸カルシウム	0.1
3. 食塩	0.3
4. ライスフレーバー SV-6396	0.15
水にて合計	100.0

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 カレーライス(上層): 処方・製法

【上層: カレールー】

1. 精製ラード	5.0	4. サンライク® ソーテッドオニオン 9Y55E	3.0
2. 粉末還元澱粉糖化合物	5.0	4. リンゴビュール	1.0
2. 焙焼小麦粉	3.0	4. トマトペースト	1.0
2. トレハロース	2.0	4. サンライク® 和風だし L	1.0
2. サンサポート® G-1048	1.0	4. サンライク® チキンエキス 2822E	0.5
2. カレー粉	0.8	4. CLEAR TOMATO CONCENTRATE 60°BX	0.2
2. マッシュポテトパウダー	0.5	4. ジンジャーペースト	0.2
3. サンライク® チキンコンソメ	1.0	4. サンライク® 香味野菜 CE	0.2
3. 食塩	0.12	4. ガーリックペースト	0.1
3. サンライク® テイストベース	0.2	5. カレーオレオレジン SV-1525	0.1
3. 乳酸カルシウム	0.08	5. 水にて合計	100.0
3. 乳酸カルシウム	0.08		
4. ニンジンビュール	5.0		

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 カレーライスゼリー: 力学特性

(物性: 測定値一例)

	カレーゼリー		ライスゼリー	
	20 °C	45 °C	20 °C	45 °C
かたさ (N/m ²)	6.0 × 10 ³	3.0 × 10 ³	1.2 × 10 ⁴	9.1 × 10 ³
付着性 (J/m ²)	310	134	273	609
凝集性	0.33	0.37	0.24	0.27
えん下困難者用 食品許可基準	Ⅲ			
UDF区分	3	-	3	-

* 測定方法
 容器: ステンレスシャーレ (直径 40 mm、高さ 15 mm) 器具: 直径 20 mm、高さ 8 mm 樹脂製
 圧縮速度: 10 mm/sec クリアランス: 5 mm
 圧縮回数: 2回 測定温度: 20°C、45°C

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 冷凍擬似果肉入りゼリーの製造工程と課題

製造工程
ゼリーの調製 → 凍結 → 流水解凍

課題

冷凍耐性

冷凍保存中に起こる
ゲル組織の破壊

離水

解凍後の離水

食感

果肉様の繊維感と
滑らかな食感

擬似果肉入りゼリー

- ・メロンゼリー
- ・マンゴゼリー
- ・ラフランスゼリー

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 冷凍擬似果肉入りゼリー用ゲル化剤

サンサポート® G-1045 + 乳酸カルシウム

- ・擬似果肉ゼリー用ゲル化剤
- ・離水が少ない
- ・果肉様の繊維感のある食感

サンサポート® G-1046

- ・外側のゼリー用ゲル化剤
- ・透明性が高く、離水が少ない
- ・弾力のある滑らかな食感

2013.3.6
Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 冷凍疑似果肉入りゼリーの製法

疑似果肉ゼリーをカットし、容器に充填

↓

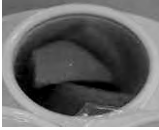
外側ゼリーの充填

↓

水道水に30分間浸し、粗熱を除去

↓

-20℃で凍結



疑似メロン果肉入りゼリー

85 2013.3.6 Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 サンサポート® G-1016 冷凍ハンバーグへの利用

・ハンバーグの食感改良効果

ゲル化剤の添加により、保水力が高まり、
ジューシーでやわらかい食感に！

再加温によってもゼリーが融解しない。

86 2013.3.6 Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 サンサポート® G-1016を使用した 冷凍やわらかハンバーグ処方・製法

	対照区	試験区
1 牛モモ (3mmφ)	38.6	38.6
1 食塩	0.5	0.5
2 豚脂 (5mmφ)	16.1	16.1
2 生パン粉	10.7	10.7
2 サンサポート® G-1016	-	0.3
2 加工でん粉	4.3	4.3
2 ミルブロ® L-1 (乳清タンパク)	3.2	3.2
2 サンライク® ビーフ DX-1	0.5	0.5
2 サンライク® ソードオニオン 9Y55E	0.5	0.5
2 サンライク® スライスミックス BW-1	0.2	0.2
2 ネオサンマルゲ® AG	0.1	0.1
水にて合計	100.0	100.0

① 混合1 (ロボクーブ 2, 水) → 混合2 (ロボクーブ) → 成型 (80g) → 表面焼成 (ホットプレート180℃ 90℃ 片面1分ずつ (中心達温80℃)) → スチーム → 放冷後、冷凍

87 2013.3.6 Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 冷凍やわらかハンバーグ: 評価結果

(歩留まり) (%)

	対照区	試験区
焼成時 歩留まり	95.9	97.5
スチーム時 歩留まり	99.3	99.4
最終 歩留まり	95.2	96.9

歩留まりが約1.5%改善

(力学特性) (N)

	対照区	試験区
圧縮荷重	6.58	5.71

やわらかさの改善

*測定方法
 試験形状: 焼成された表面を除いた後、幅50mmにカット
 治具: 幅60mmフレード型、プラスチック製
 圧縮速度: 1mm/sec
 圧縮距離: 15mm
 試験温度: 室温

88 2013.3.6 Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

5 まとめ

- 食品多糖類は、食品の力学特性や構造を制御
⇒ 様々な食感調整が可能。
- 食品多糖類を使いこなすためには、各々の特徴を理解した上で使用することが重要。

↓

冷凍食品の品質の向上、新しい商品開発、製造工程の改善に繋がる可能性がある。

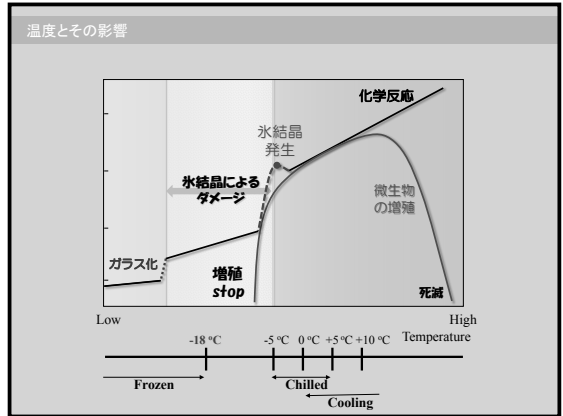
89 2013.3.6 Copyright © San-Ei Gen F.F.I., Inc.

<講演要旨>

食品の凍結過程再考—緩慢凍結、急速凍結

東京海洋大学

鈴木 徹



食品の冷凍技術のメリット

食品の食品保存方法(塩、酢、乾燥...)の中で最も
安全性、添加物不要
高品質、添加物 : 高度的・高品質維持可能
 貯蔵を越える技術
賞味無期限化・ロス削減、資源の有効利用
エコ?
迫る食料危機の救世主
安心安全神話から 美味しさ追求へ

冷凍技術の弱点
 水結晶生成に伴う諸々のダメージ

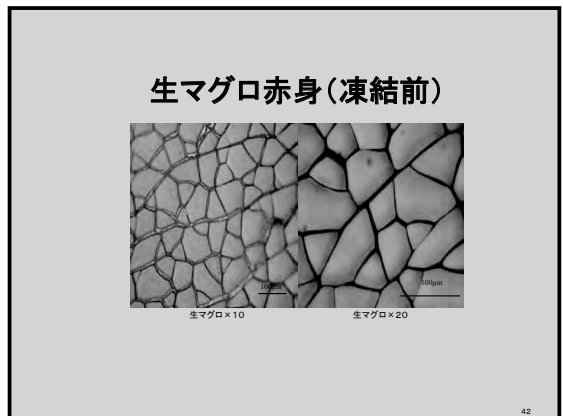
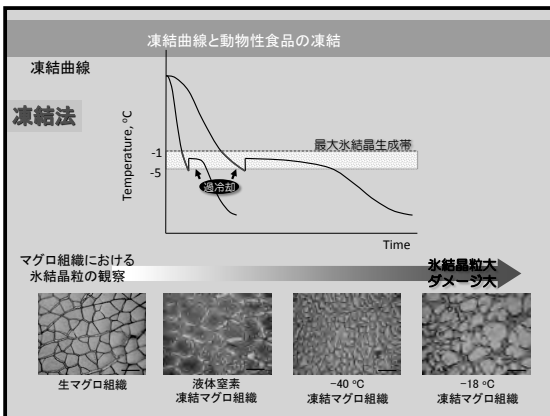
● 凍結食品の品質を決めるもの

品質を支配する要素

1. 素材・調理
2. **凍結**
3. 貯蔵
4. 解凍・調理

システムとしての認識の必要性

品質美味しさ = 素材・調理 × 凍結 × 貯蔵 × 解凍・調理



Liquid N2 -40degC -18degC

Micrographs showing the effect of cooling rate on ice crystal size. The top row shows samples cooled at -40°C, and the bottom row shows samples cooled at -18°C. The -40°C samples show significantly smaller and more uniform ice crystals compared to the -18°C samples.

＞氷結晶生成に伴う品質ダメージが大きい
氷結晶を小さくすれば復元性がよくなる

液体窒素凍結マグロ
凍結置換写真(上段)と解凍置換写真(下段)

Micrographs comparing frozen and thawed tuna muscle. The top row shows the muscle after freezing, and the bottom row shows it after thawing. The thawed muscle shows a more organized structure with smaller ice crystals.

Fig. 凍結置換写真(上段)と解凍置換写真(下段)

-18℃凍結マグロ
凍結置換写真(上段)と解凍置換写真(下段)

-40℃凍結マグロ
凍結置換写真(上段)と解凍置換写真(下段)

Micrographs comparing frozen and thawed tuna muscle at two different temperatures. The left column shows samples frozen at -18°C, and the right column shows samples frozen at -40°C. The -40°C samples show much smaller ice crystals and less damage upon thawing.

＞氷結晶生成に伴う品質ダメージが大きい

-18℃凍結牛肉
凍結置換写真(上段)と解凍置換写真(下段)

-40℃凍結牛肉
凍結置換写真(上段)と解凍置換写真(下段)

Micrographs comparing frozen and thawed beef muscle at two different temperatures. The left column shows samples frozen at -18°C, and the right column shows samples frozen at -40°C. The -40°C samples show smaller ice crystals and less damage upon thawing.

凍結過程における氷結晶生成

氷結晶の生成機構

1. 核発生過程
2. 氷晶生長

The graph shows the rate of ice crystal development as a function of temperature. The x-axis represents temperature from -40°C to 0°C. The y-axis represents the 'Ice Crystal development rate'. Two curves are shown: one for '核発生' (nucleation) which peaks at a higher temperature (around -20°C), and one for '成長' (growth) which peaks at a lower temperature (around -10°C).

急速凍結が良い品質を与える根拠

氷結晶を制御する2つの理論

過冷却が深い温度で過冷却解消すると氷核生成が盛んで成長が遅いため小さな氷粒が多くできると考えられる

The graph shows the relationship between nucleation rate (J) and growth rate (U) and temperature. The x-axis is temperature from -40°C to 0°C. The y-axis is '氷結' (ice crystal). The nucleation rate (J) peaks at a higher temperature, while the growth rate (U) peaks at a lower temperature. A shaded region between the two curves is labeled '過冷却制御理論' (supercooling control theory). A label 'ガラス' (glass) is also present near the -40°C mark.

図3.5 核生成頻度と氷成長速度の温度依存性

急速凍結のエンジニアリング

目的 "How to freeze quickly"
考えるべきこと

1. 食品表面での熱伝達

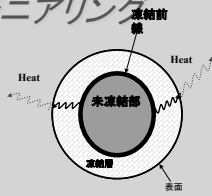
$$q(\text{J/sec}) A(\text{m}^2) = h A T \Delta T$$

2. 食品内部での熱伝導と相変化
プランク Equation
球状の場合

$$t = \frac{L_f \rho}{\lambda T} \left(\frac{L}{a} + \frac{L^2}{b} \right)$$

L : 半径, L_f : latent heat of fusion, λ : heat transfer coefficient
 λ : thermal conductivity of ice, ρ : density, a, b は定数
 t : time when the frozen layer reaches to the center

Plank Eq 凍結プロセスの性質をよく表現している。



急速凍結のための装置

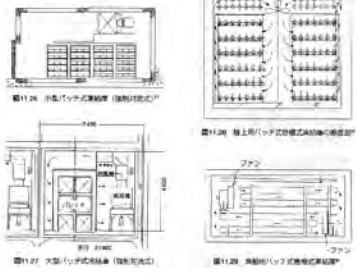
“熱伝達様式による分類”

1. 空気 / 食品: エアブラストフリーザー $h=12\sim23$ [W/m²K]
セミエアブラストフリーザー $h=23\sim35$ [W/m²K]
2. 金属 / 食品: コンタクトフリーザー $h=30\sim100$ [W/m²K]
3. 液体 / 食品: ブラインフリーザー, 浸漬式, スプレイトイプ $h=400\sim500$ [W/m²K]
4. 他、液体窒素 固体炭酸 フリーザー

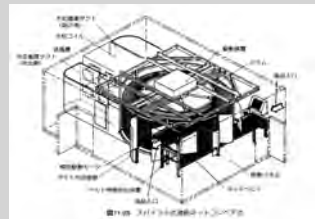
1. 空気 / food:

Semi-air blast freezer

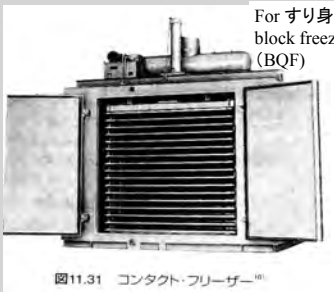
Air blast freezer



連続式 Air blast



2. 金属 / food: コンタクト freezer



For すり身, エビ
block freezing
(BQF)

図11.31 コンタクト・フリーザー⁽¹⁾

食品内部の伝熱

◎定常

相変化が無い場合

◎非定常伝熱 T(位置, 時間)

$$\partial T / \partial t = \rho C_p \lambda \partial^2 \theta / \partial x^2 \quad \text{フーリエの熱伝導方程式}$$

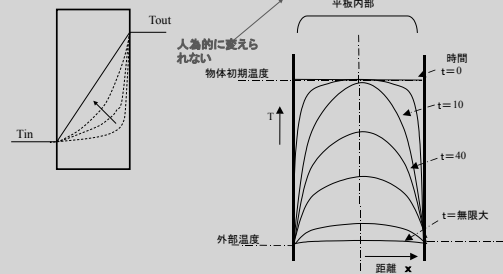


図11 平板の冷却過程における温度分布の推移

相変化がある場合
 解凍・凍結用・未凍結用の物性熱伝導係数の異なる。前熱が入り。

表1 食品構成物質の密度と熱的特性

物質	密度 (kg/m ³)	比熱 (kJ/kg·K)	熱伝導率 (W/m·K)
氷	1000	4.182	0.80
水	917	2.11	0.21
タンパク質	1380	2.02	0.20
脂	930	2.00	0.18
炭水化物	1550	1.57	0.25
空気	1.24	1.00	0.025
糖	2400	1.11	0.33

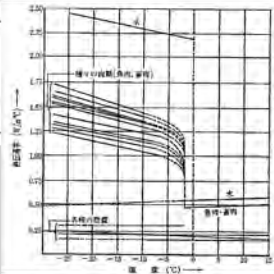


図14 各種食品の熱伝導率

凍結過程 凍結相、未凍結相の物性熱伝導係数が異なる
 潜熱
 凍結速度を予測すること(中心温度の時間的な変化を計算する)は困難

Plank式 長関式

1 平板のモデルを考える。

2 熱伝導係数

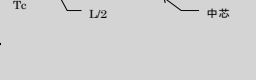
$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{x}{k_2}$$

3 dt 時間に dx 氷が成長したときの熱の授受を考える

$$dQ = L_f \rho A dx = KA \Delta T dt$$

$$dt = \frac{L_f \rho}{\Delta T} \left(\frac{1}{h} + \frac{x}{\lambda_1} \right) dx$$

例 ハンバーグを-20度にするに必要な時間を計算することは難しい。
 式

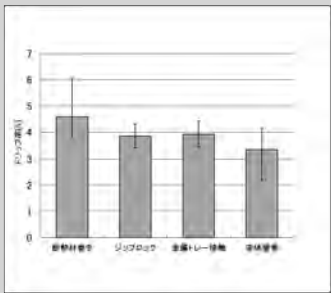
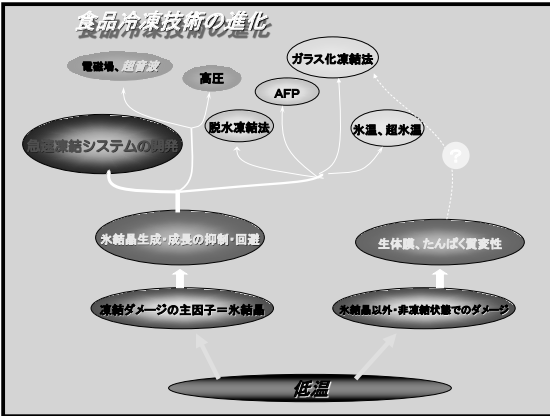


xが0からL/2まで成長する時間 t は

$$t = \int_0^{L/2} \frac{L_f \rho}{\Delta T} \left(\frac{1}{h} + \frac{x}{\lambda_1} \right) dx$$

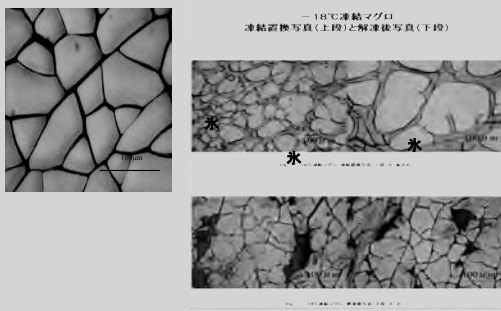
$$t = \frac{L_f \rho}{\Delta T} \left(\frac{L}{2h} + \frac{L^2}{8\lambda_1} \right)$$

食品冷凍技術の進化



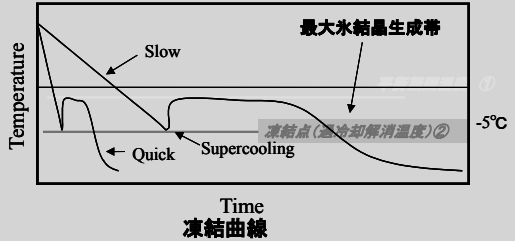
サンマ切り身の家庭用冷凍庫を用いた凍結法によるドリップ流出量の違い。参考に液体置素急速凍結のデータも示す。断熱材巻きとは試料をエアークラップシートで巻いたもの。

冷凍すると何が起きるの？



再び原点にもどって

2 食品の凍結点とは、？氷核発生とは？



氷結晶を制御する2つの理論

過冷却が深い温度で過冷却解消すると氷核生成が盛んで成長が遅いため、小さな氷粒が多くできると考えられる

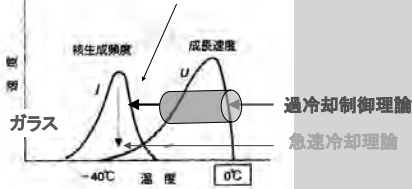


図3.5 核生成頻度と氷成長速度の温度依存性

$$\begin{aligned} \text{水} & G_i = H_i - T \cdot S_i & (1) \\ \text{氷} & G_i = H_i - T \cdot S_i & (2) \end{aligned}$$

$$G(T) = H_i - T \cdot S_i \quad (\text{純水})$$

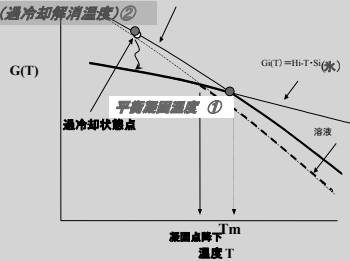


図2 水と氷の自由エネルギーと温度

核生成の古典理論

$$dG(r) = -\frac{4}{3}\pi r^3 \Delta G_v + 4\pi r^2 \Delta G_s \quad (5)$$



揺らぎによる幼核クラスターの生成、消滅

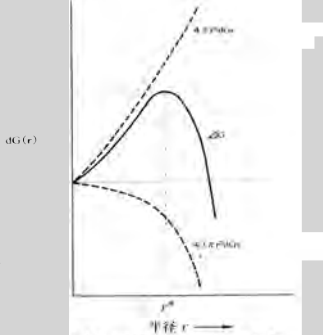
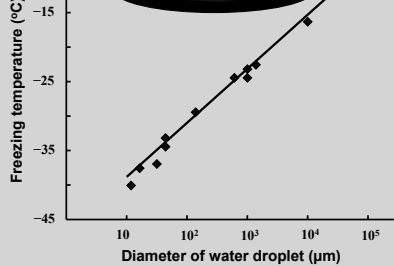


図4 過冷却水中のクラスターの大小と自由エネルギー

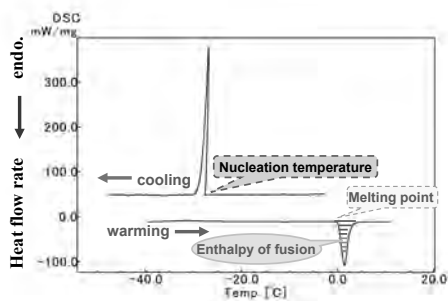
過冷却基礎研究

サイズの影響



Freezing temperature of water drops as function of their diameters.

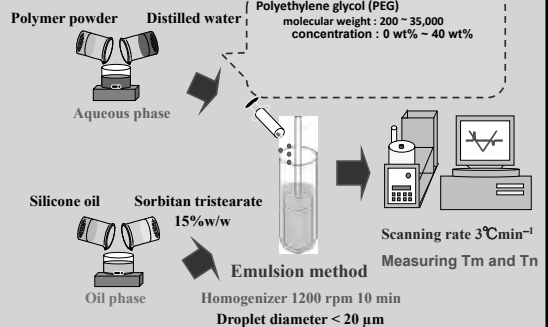
From : Franks, Water and Aqueous Solutions at Subzero Temperature, 1982

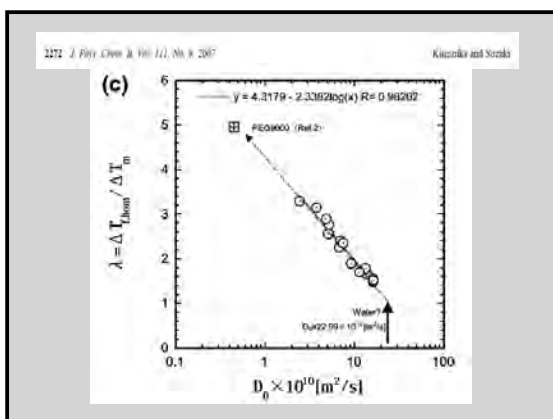
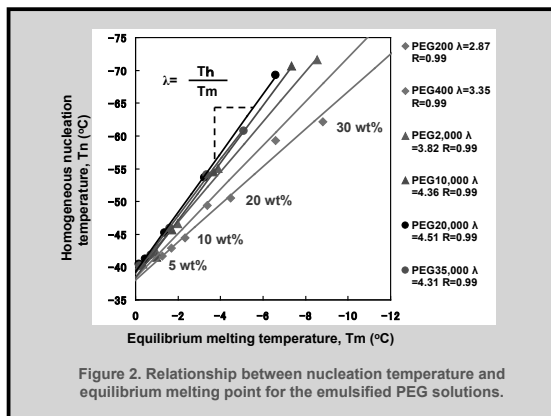
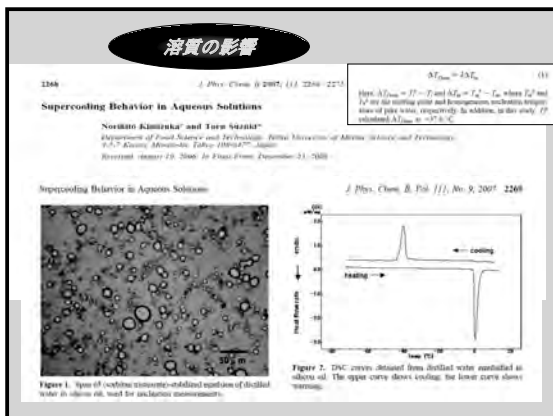


DSC curve for pure water.

$$\text{Free water volume (cm}^3\text{)} = \frac{\text{Enthalpy of fusion (J)}}{\text{Latent heat of fusion of ice (J/g)} \times \text{Density of pure water (g/cm}^3\text{)}}$$

Experiment エマルジョン法による





2011年過冷却応用化研究例

近年、新たに

過冷却解消点の制御

より低い温度まで液体状態を維持することにより、凍結状態での滞在時間を短くすることが可能となる

を利用した方法が提案されている。

しかしながら...

過冷却の有無

過冷却解消温度の違い

が食品に及ぼす影響の検証例は極めて少ない

⇒ これらの影響を検証

大きな物体の過冷却状態の維持法

• 温度分布制御による方法

過冷却維持容易

中芯 -4°C

表面近く -5°C

雰囲気 -5°C

過冷却維持困難

中芯 -4°C

表面 -18°C

雰囲気 -20°C

過冷却制御の本質ではない

サンプルの選択

充填豆腐

選択理由

- ▶主にタンパク質で構成されており、氷結晶が観察しやすい。
- ▶野菜や魚介類と異なり、組織が複雑でない。

実験①

➤ 過冷却の有無が品質に及ぼす影響

比較対象：過冷却、急速凍結、緩慢凍結

実験②

➤ 過冷却解消温度の影響

比較対象：解消温度-2~-8℃のサンプル(4条件)

実験①

➤ 過冷却の有無が品質に及ぼす影響

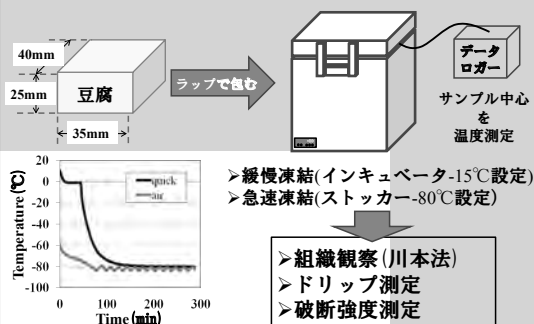
比較対象：過冷却、急速凍結、緩慢凍結

実験②

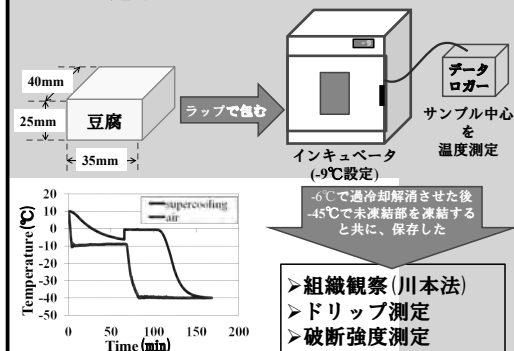
➤ 過冷却解消温度の影響

比較対象：解消温度-2~-8℃のサンプル(4条件)

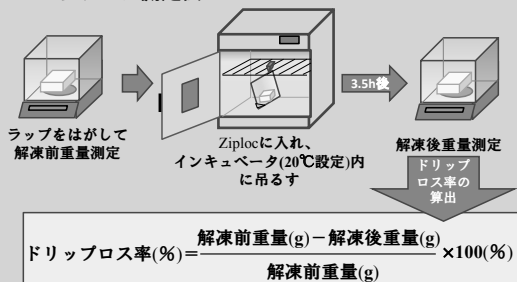
➤ 急速凍結、緩慢凍結



➤ 過冷却凍結

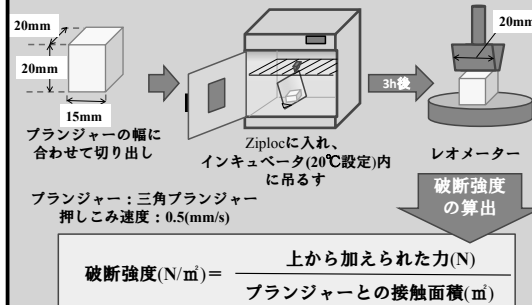


ドリップ測定法



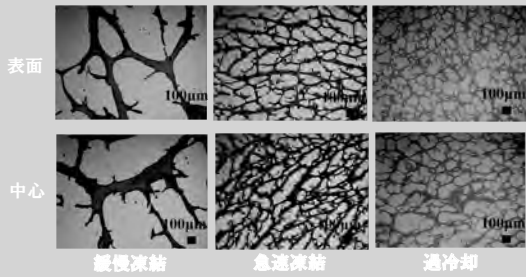
41

破断強度測定法

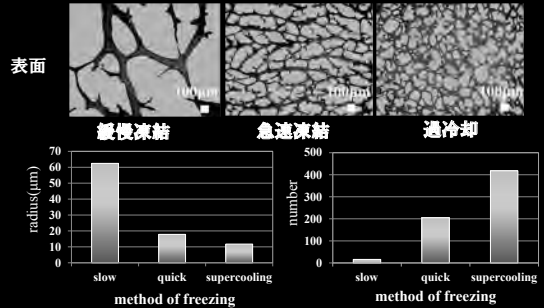


42

実験①(組織観察結果)

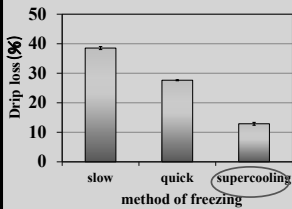


実験①(画像解析結果)



ドリップロス率

※n=4



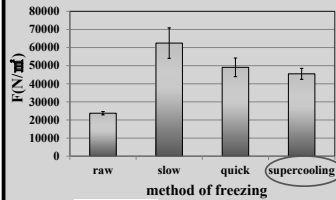
従来最適な凍結法とされてきた急速凍結に比べ、過冷却は約1/2倍に抑えられることが確認された。

※実験条件
 解凍方法：自然解凍(20℃)
 解凍時間：3.5 (hour)

⇒ 破断強度測定結果

破断強度

※n=7~10



若干ではあるが、過冷却が急速凍結に比べて破断しやすい(より生に近い品質を維持出来ている)ことが分かる。

※実験条件
 解凍サイズ：20×20×15(mm)
 解凍方法：自然解凍(20℃,3hour)
 プランジャー：三角プランジャー
 押しこみ速度：0.5(mm/s)

⇒ 組織観察結果

実験①

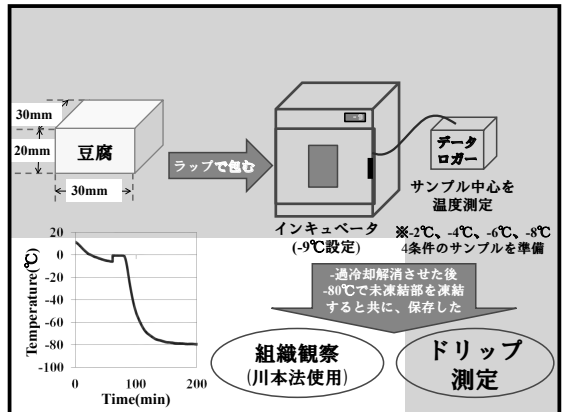
＞過冷却の有無が品質に及ぼす影響

比較対象：過冷却、急速凍結、緩慢凍結

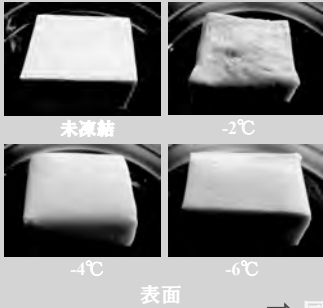
実験②

＞過冷却解消温度の影響

比較対象：解消温度-2~-8℃のサンプル(4条件)



実験②(外観観察結果)

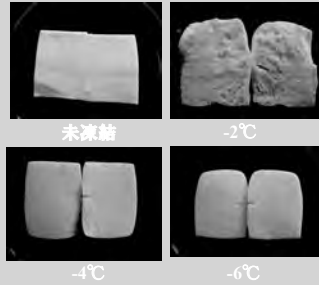


過冷却解消温度が-4°Cと-6°Cのサンプルは未凍結のサンプルとの違いが分かりにくい。

-2°Cに関しては他のサンプルと比較してシワが多いことが分かる。

表面 → 同様に断面を比較

実験②(外観観察結果)

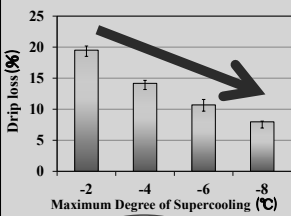


過冷却解消温度が-4°Cと-6°Cのサンプルは未凍結のサンプルとの違いが分かりにくい。

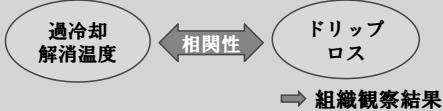
-2°Cに関しては他のサンプルと比較してダメージが多いことが分かる。

断面 → ドリップロスと比較

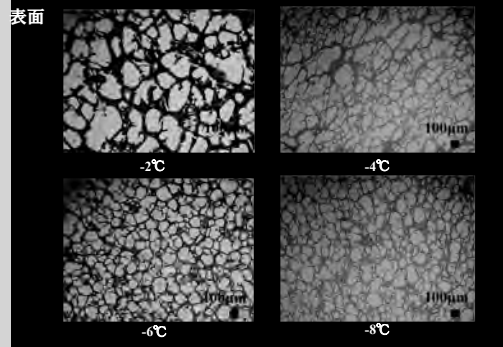
実験②(ドリップロス結果) ※n=3



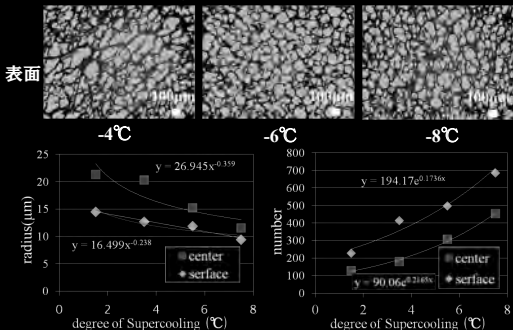
過冷却解消温度が下がるにつれてドリップロスが減っていることが確認された。



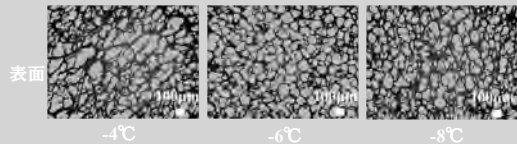
実験②(組織観察結果)



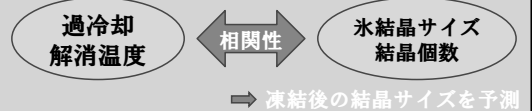
実験②(画像解析結果)



実験②(画像解析結果)



過冷却解消温度が低くなるにつれて、氷結晶サイズは小さくなり、結晶の個数は多くなることが確認された。



4. 結論

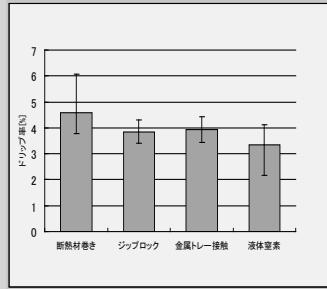
▶凍結方法が食品の品質に及ぼす影響

全ての品質評価において、過冷却は緩慢凍結や従来最適な凍結法として用いられてきた急速凍結に比べて高品質の維持が可能であることが実験的に確認できたと考えられる。

▶過冷却解消温度の影響

氷結晶サイズ、個数、ドリップロス率において解消温度が低い程、サイズは大きく、個数は多く、ドリップロスが少ないという過冷却解消温度との相関性が確認できたと考えられる。

急速凍結なら必ず良いか 誤解→ 限界氷結晶サイズ



サンマ切り身の家庭用冷凍庫を用いた凍結法によるドリップ流出量の違い。参考に液体窒素急速凍結のデータも示す。断熱材巻きとは試料をエアークラップシートで巻いたもの。

脂質の結晶化によるダメージ

顕微鏡観察
マヨネーズ

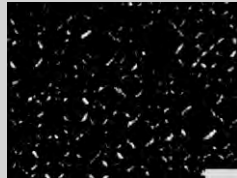


菜種大豆
ブレンド油

Scale bar: 10µm



菜種油



大豆油

凍結貯蔵試験



自作マヨネーズは大豆油で！！

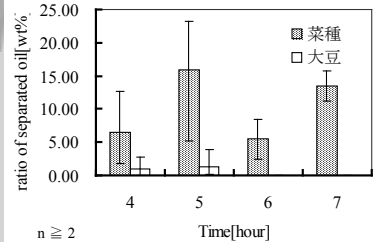


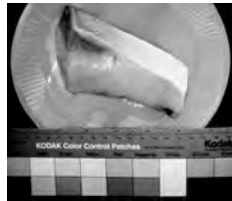
Fig.3 A comparison of freeze-thaw stability between emulsified canola oil and soybean oil.

プリ切り身の液体窒素凍結によるダメージ —極低温凍結の弊害?—

-30°C凍結



液体窒素凍結

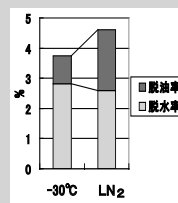


油が大量に流出

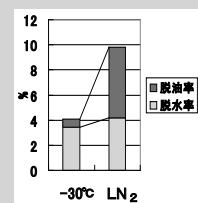
様々な食材の 液体窒素凍結による影響

解凍~18時間保存後
ドリップ量(脱水率・
脱油率)測定結果

マグロ(中トロ)



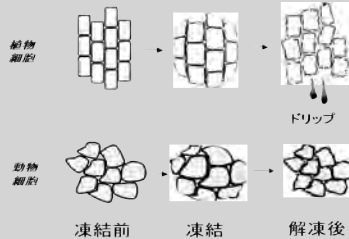
牛肉(バラ)



カジキマグロ・サーモン・サバ 豚肉

動物筋肉細胞組織と植物組織の凍結によるダメージの相違

ダメージメカニズムの古い解釈



For Agricultural products

The quality, such as

- ✓ Texture degradation
- ✓ Drip
- ✓ Color change

degrades significantly after freezing and thawing

Techniques to prevent are proposed

- ✓ Blanching
- ✓ Dehydrofreezing
- ✓ Pressure soft freezing etc...

However, we do not know

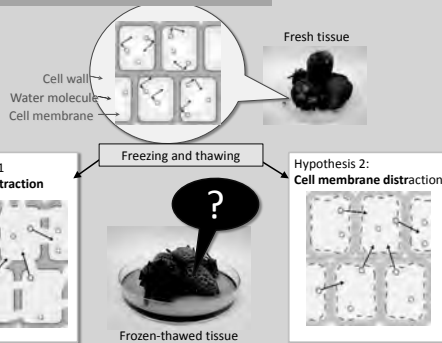
Why the texture of agricultural products does change significantly by freezing and thawing treatment?



Frozen-thawed



Why the texture changes ?



植物組織の凍結ダメージ

冷凍保存 畜肉・魚肉は生鮮と変わらない品質

野菜・果実の復元は不可能

テクスチャー変化が激しい

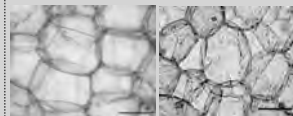
従来測定法

凍結・解凍後の変化は観測可能

変化の原因？

何処が変化？

例) 顕微鏡観察



a) Fresh b) After frozen - thawed
Fig.1 Onion tissues photo by microscopic

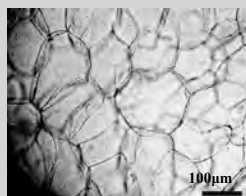
テクスチャー変化の原因を明確にする

凍結・解凍後組織の復元性向上

The results from Microscopic observation showed
? Cell wall was not destroyed ?



Fresh

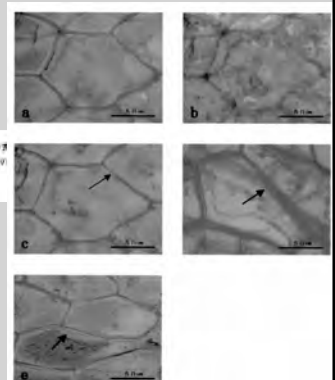


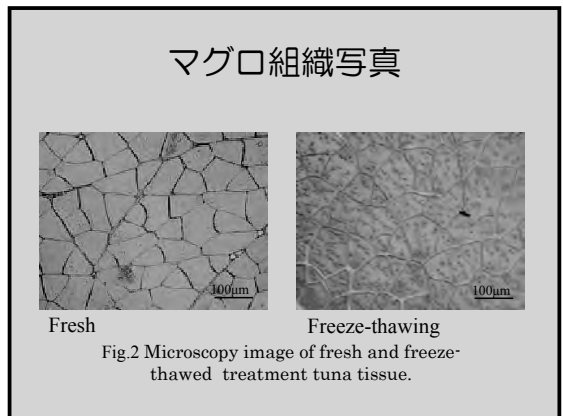
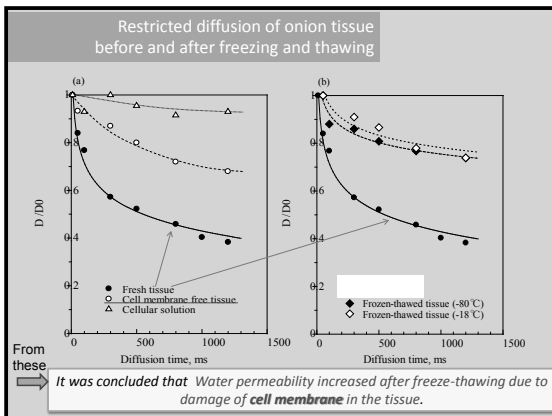
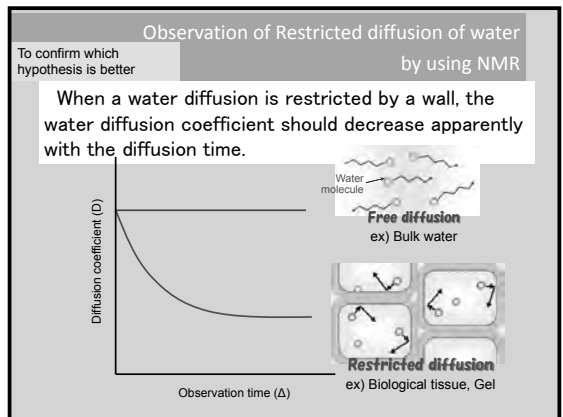
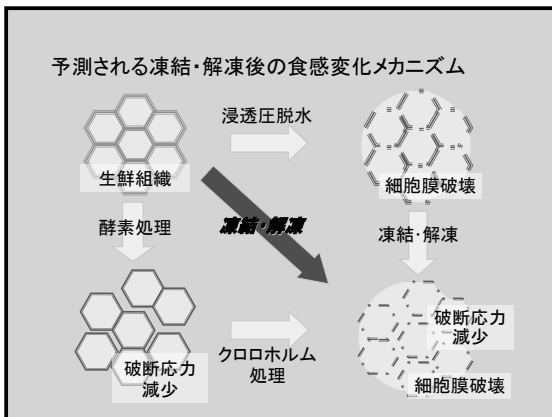
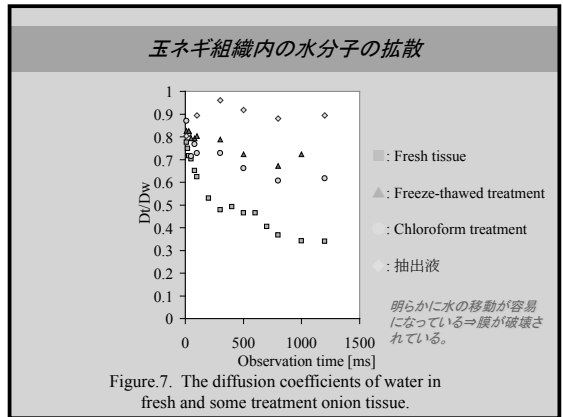
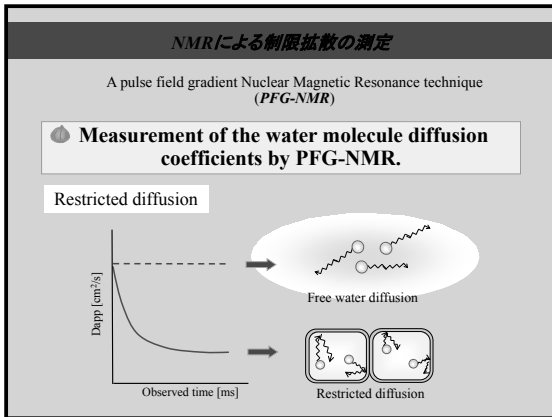
Freeze-thawing

Fig. 1 Microscopy image of fresh and freeze-thawed treatment onion tissue.

植物凍結ダメージ

Fig.2は、15℃/min で凍結・解凍させたトマトの凍結前後のレタスと解凍後のレタス。a)解凍後のレタスで凍結させた後のレタス。b)解凍後に入れた際のレタス。





細胞膜の水透過性の差

生鮮 植物組織 動物組織

$$7.1 \times 10^{-12} \text{ [m/s]} < 3.1 \times 10^{-11} \text{ [m/s]}$$

生鮮組織において1桁の差

凍結・解凍後

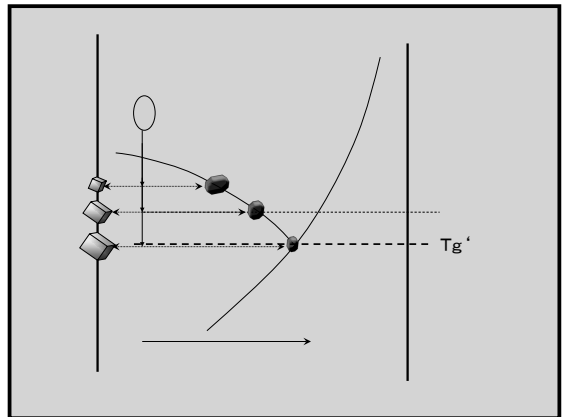
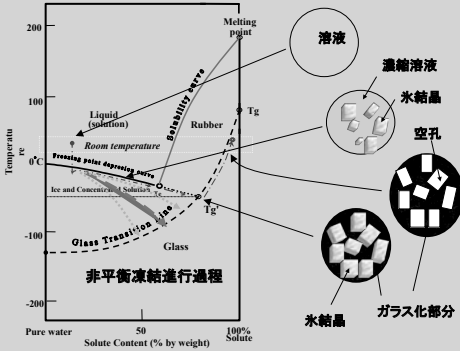
$$4.9 \times 10^{-12} \text{ [m/s]} \approx 5.7 \times 10^{-12} \text{ [m/s]}$$

動物細胞は元々の水透過性が高い
凍結・解凍のダメージを受けにくい

食品種による凍結ダメージ

	ダメージ因子			
	水結晶		凍結濃縮	
	過冷却解消	局所的水結晶発生	塩濃度、pH	水移動、浸透圧
• 溶液	タンパク質、糖	—	—	—
• エマルション	—	○	○	○
• ゲル構造	△	△	○	◎ (凝集)
• 動物細胞組織	△	○	○	△
• 植物細胞組織	△	○	○	◎

凍結過程における食品内部の状態



ガラス化凍結

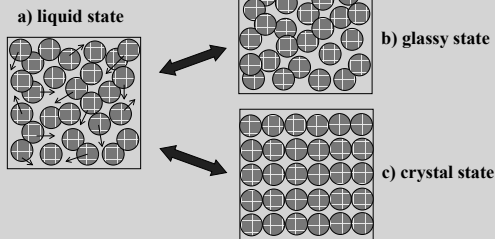
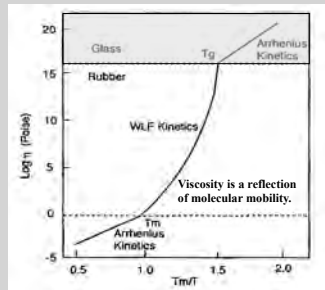


Fig. 1-1 The model diagram of molecular motion in the liquid state (a), glassy state (b) and crystal state. The molecular motion in the liquid state still has mobility.

ガラス転移温度 Tg の重要性とは?



Molecular mobility decreases dramatically near Tg, then Most reactions can not proceed

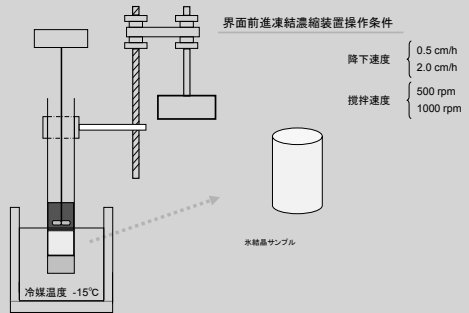
Fig Temperature dependence of viscosity for general liquid around Tg

～凍結濃縮効果によるダメージ

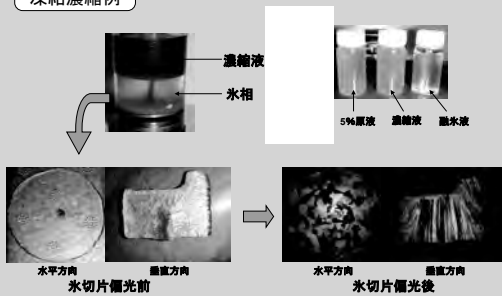


コーヒー凍結濃縮

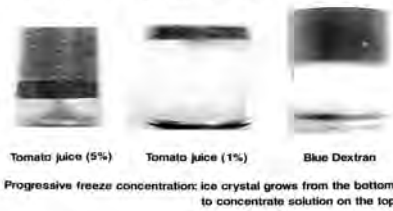
界面前進凍結濃縮装置を用いた水結晶生成



トマト果汁 凍結濃縮例

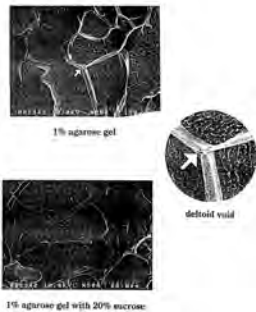


界面前進凍結濃縮法実験例： ブルーデキストランとトマト果汁

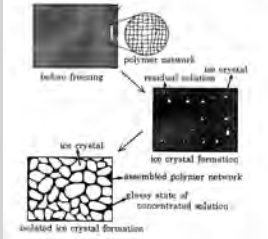


ゲルの凍結濃縮

Cryo-SEM Photographs



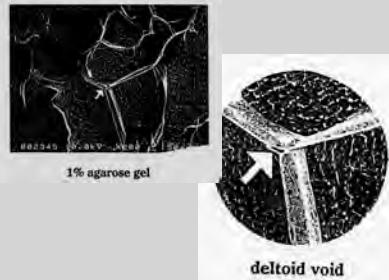
Model for the behavior of sucrose-containing gel during a freezing process



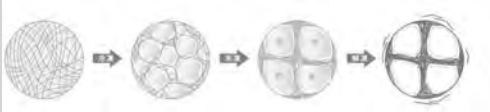
⇒タンパク質の場合

Cryo-SEM Photographs

凍結ダメージ



他局で作成してもらった図ですので転載不可と思います



豆腐やこんにゃくはゲルと呼ばれる、長い分子鎖が糸まり状になってところどころ結合している。その糸まりの中を水が満たされている状態。これを凍結すると、氷結晶ができる。分子鎖は排除、濃縮され密集することになる。豆腐(大豆たんぱく質、やコンニャク分子)は密着すると化学結合を起こすため解凍してももとには戻らなくなり、水だけが流出し右図のように氷のあった痕跡がスのように残る。

微生物、細胞への凍結過程の影響

- 1 一般的な食材冷凍冷蔵保存と微生物の挙動
- 2 細胞・微生物の凍結によるダメージと耐性
- 3 乳酸菌の凍結とダメージの例
 - 凍結スピード依存性
 - 共存物質の影響
 - 最終到達温度の影響
 - 凍結過程における濃縮による浸透圧効果

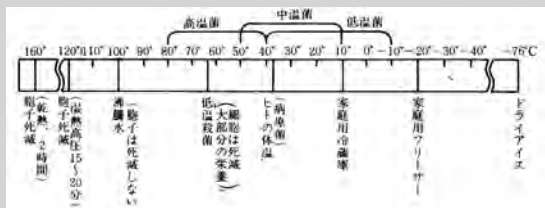
1 一般的な食材冷凍冷蔵保存と微生物の挙動

*「静菌」 微生物の増殖が抑制された状態 by 物理的および化学的手段、食品保存においては保存中の微生物増殖を完全に阻止するか、緩やかにすること

*「殺菌」 積極的に有害微生物を死滅させること、食品保存において保存初期の微生物数をゼロあるいは極少数にすること。

表1 微生物の生育と温度¹⁾

最低温度	最適温度	最高温度	例
-10°~5°C	10°~20°C	20°~40°C	水生菌、腐敗菌の一部
10°~15°C	25°~40°C	40°~50°C	糸状菌、酵母、病原菌の大部分
40°~45°C	55°~75°C	60°~80°C	温泉、堆肥などに生息



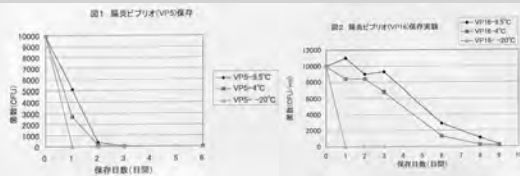
調査例

(H16年 厚生労働省科学研究補助金(食品の安全性高度化推進研究事業 1.冷凍食品製造の高度衛生管理に関する研究 から「国立医薬品食品衛生研究所 宮原美智子分担抜粋」)

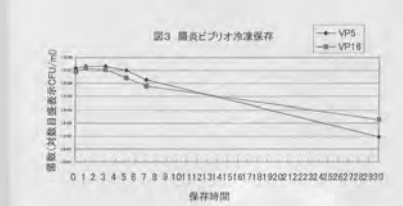
(1) 腸炎ビブリオO3:K6 (VP5, VP16) 2株(いずれもTDH産生株)

実験1 エルビラ庄のコンチン水混濁虫 10⁴希釈原液を保存液として、1mlずつ1.5mlマイクロチューブに 分注 9.5, 4.0, -20 の温度で保存。

結果



-20°C保存での詳細試験



実験2 食品製身用イカへの接種試験

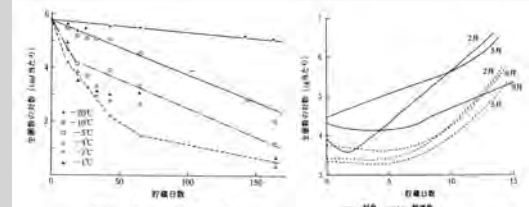
- スルメイカ 72,000 CFU/g 腸炎ビブリオを接種 -20℃保存
結果 2時間変化なし、24時間10%まで 6日後0.2% 28日後 0.2% 90日後 0.1%(1,665 CFU/g 検出)
- モンゴウイカ 760 CFU/g 腸炎ビブリオを接種 -20℃保存
結果 2時間で85%、24時間32%、48時間後22%、7日間保存後6%に減少

(2) 他の病原細菌の食品への接種試験

- 腸管出血性大腸菌(EHEC) 5.6x10⁵ cfu/g : 牛挽肉 -20℃保存
結果 2ヶ月間 変動なし
- サルモネラ、リステリア、カンピロバクター 2.7x10⁴ cfu/g : 鶏挽肉 -20℃保存
結果 2ヶ月間 変動なし
- 赤痢菌:ヤングコーン
結果 2ヶ月後激減 するも 3ヶ月後すべて死滅しなかった

保存温度と大腸菌死滅速度

鮮魚と解凍魚の腐敗速度



R. B. Haines. The effect of freezing on Bacteria. Proc. Royal Soc. London, 124, pp451-463(1937)

高井達夫、バーンウォールフジック野島達彦の魚肉の腐敗、東京大学理学部、75、415-424(1988)

関連文献 (H16年 厚生労働省科学研究補助金(食品の安全性高度化推進研究事業 1. 冷凍食品製造の高度衛生管理に関する研究 データベースCDROMより抜粋)

1 Cold temperature adaptations and growth of microorganisms	2 Survival of <i>Escherichia coli</i> O157:H7 in frozen foods: impact of the cold shock response
Berry, E.D.	Bolinen J.
J. Food Prot. 60:1583-1594 (1997)	Int.J. Food Microb. 84:127-138 (2001)
食品保冷に依るために、微生物、特に低温細菌の、低温環境に適応する生理学的メカニズムに関する最近の知見の総括	<i>Escherichia coli</i> O157:H7が、凍結によるストレスに誘われて、 <i>hsp</i> (heat shock proteins)を産生することが報告されている。本報では低温環境に曝されること、凍凍環境におかれた肉にその生存が認められる現象のメカニズム、食中毒に及ぼす影響を報告し、細菌の生存を高める可能性が示唆される。本研究では、牛挽肉、鶏挽肉の100gに、腸炎菌(5x10 ⁸ CFU/g)を接種し、10℃で24時間培養した後、追加接種(1x10 ⁸ CFU/g)を行い、凍結(-20℃)した。凍結後、高解凍率(25%)を行い、使用するまで-20℃で連続凍蔵保持した。牛乳、pH8.0、7.0の200g凍蔵サンプルとした。
低温細菌、好冷細菌	牛挽肉、鶏挽肉の100gに、腸炎菌(5x10 ⁸ CFU/g)を接種し、10℃で24時間培養した後、追加接種(1x10 ⁸ CFU/g)を行い、凍結(-20℃)した。凍結後、高解凍率(25%)を行い、使用するまで-20℃で連続凍蔵保持した。牛乳、pH8.0、7.0の200g凍蔵サンプルとした。
低温環境において、微生物は細胞膜の組成や細胞構造も変えたり、低濃度でも産生し、増殖を維持し続けることによって適応しており、これが低温環境との適応の鍵となっている。このメカニズムを知ることは、より長持ち安全に食品を保存する技術の開発につながるであろう。	<i>Escherichia coli</i> O157:H7
	1)対象増殖中の腸炎菌E. coli O157:H7を食品サンプルに10 ⁸ cfu/g (1mL)接種し、維持、-10℃で18時間凍結し、その後-20℃で48時間凍蔵。凍蔵後自動1.1g毎の質量を測定、-10℃サンプルを90minサンプルに加えて、TSA V68A増殖に準拠し、生菌数を測定、200μLのサンプルを、室温(22℃)のサンプルに凍を溶解した後、菌液(200μL)で凍蔵。1.1gと同一に生菌数、凍蔵時間を計る。凍蔵、凍結ストレスの有無によるタンパク質の発現量の違いを解析。pH7.0 TBEを用いて上記と同様のメソッドを実施後、電気泳動画像を撮影した。
	1)2年挽肉、鶏挽肉は低温ストレスの有無による生存率の違いは確認されなかった。牛乳、牛乳で凍、追加接種の100gの100g凍蔵では、低温ストレスを加えることで、-20℃での生存率が高められた。冷凍食品品質管理において、pHとCa ²⁺ とCa ²⁺ の凍蔵後のタンパク質の存在が明らかになった。

3 Freezing an underutilized food safety technology?
Douglas L. Archer
International Journal of Food Microbiology 90 (2004) 127-138

凍結速度に対する視点からの研究がほとんどない

冷凍は非常に食品保蔵の技術として活用されてきた。しかし、その技術は微生物の観点から見て、十分に活用されてきたとは言えない。本論文では、冷凍の微生物に与える影響、凍結の条件等の微生物が冷凍凍結に及ぼす影響を報告し、凍結が食品に及ぼすダメージの作用機構等について、過去の研究(2003年)より引用が示され、さらに今後求められる冷凍-微生物研究についての提案がなされる。

ミルク、生牛乳、鶏肉、牛肉、魚肉、ハンバーグ、ソーセージ等、すべて対象であるが、凍結、食保蔵の時間については、引用の論文に過ぎなければ不明なケースが多い。

黄色ブドウ球菌、サルモネラ、ビブリオ、大腸菌、ポリスチレン、リスチリア、カンピロバクター、ノロウイルス、コクサージウイルス、ポリオウイルス、赤痢菌、アモニウム、カンピロバクター、カンタリウム菌、サルモネラ菌、コクサージウイルス、カンピロバクター、トリチウム菌、クリプトスポリジウム菌、シロシロ菌、アイソシアシア菌

凍結耐性の一俵
-22℃で凍結、-13℃で貯蔵された魚肉中の *Salmonella typhimurium* は、1年を超えても、18%の割合で減少が見られた(Dug and Eaton, 1961)。同様に-20℃での魚肉中でも高い凍結耐性が示された。しかし凍結耐性のデータを対象に同じくも同様に観察された(Gaogala and Hurst, 1983)。

冷凍が微生物に与える影響では、各種の凍蔵条件による生菌数等について、食品が凍蔵に対する耐性を示す原因では、各種の凍蔵条件の凍蔵条件や凍結防止剤の影響による凍結耐性制である。冷凍凍蔵条件に与えるダメージの作用機構等については、氷結晶のサブミクロンサイズの氷結晶が微生物に与えるダメージについては、今後凍蔵-微生物研究が求められる。

2011年現在、公衆衛生上、食品と密着が考えられる冷凍-微生物の69%について示された。

**2 細胞・微生物の冷凍によるダメージと耐性
— 低温生物学からの視点 —**

凍結速度と微生物生残数の関係

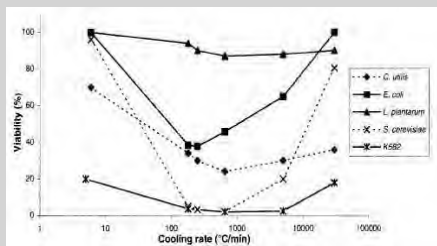
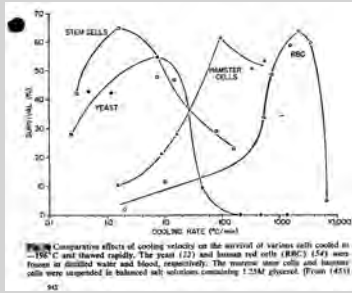
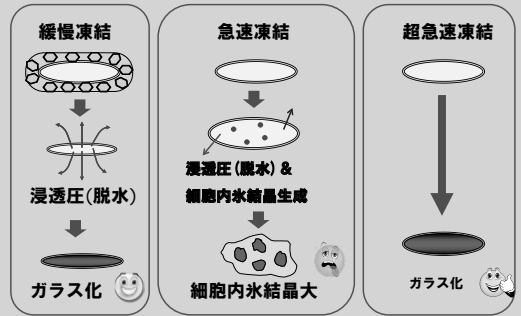


Fig.1 冷却速度と細胞生存性



P. Mazur, Science 168, 942(1970)

冷却速度と細胞内外凍結



細胞 微生物の凍結障害

低温一過冷却状態 コールドショック 膜機能の変化、代謝バランス変動

表 2.2 試料の種類と細胞生存率 (東米と根幹, 1962)†

微生物	温度(℃)	生存率(%)	
		過冷却部	凍結
酵母	-10	97-105	50-70*
	-13	98-100	40-60*
大腸菌	-5	80-100	3-5
	-10	95-100	2-4

*凍結速度による差

氷結晶生成

- 細胞外 — 浸透圧脱水ストレス、氷結晶による圧迫 による膜機能への障害説
- 細胞内 — 細胞内組織構造の破壊、たんぱく質変性、細胞膜構造の変化説

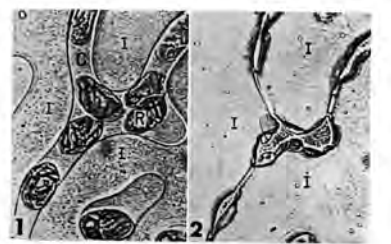


図 2.14 血球の細胞外凍結。血液を凍結すると氷が徐々に成長して血球は凍結されたチャンネル(C)中にとじこめられ脱水される。温度が低下するにつれチャンネルはしだいに狭くなり血球(R)も著しく収縮する。I: 氷、C: チャンネル(凍結されたガラス)、R: 血球。1: -3°C, 2: -15°C (Rapatz & Luyet 1960)。

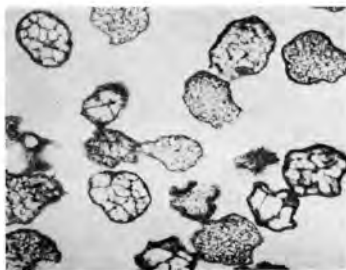


図 2.19 大腸菌の細胞内凍結の電顕像(根幹ら 1967)。

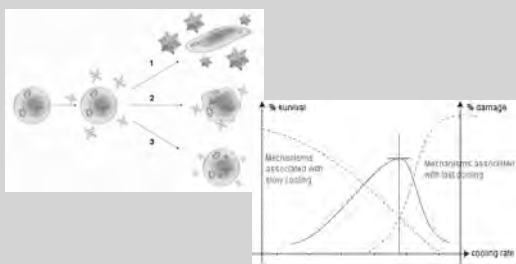
2011時点の認識

細胞の中の氷は凍結するか?

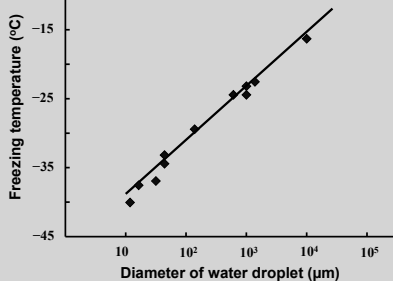


「細胞の中の水」
バサル・マントレ著
辻 篤他 訳
東京大学出版会(2006)
より抜粋

細胞のダメージ



サイズの影響



Freezing temperature of water drops as function of their diameters.
From : Franks, Water and Aqueous Solutions at Subzero Temperature, 1982

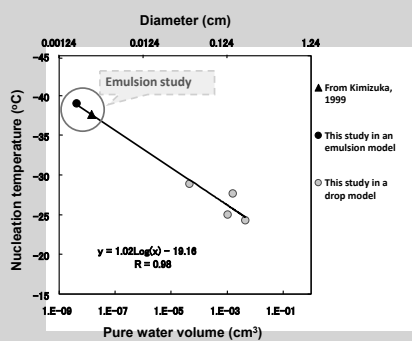


Figure 6. Calculated free water volume plotted as a function of nucleation temperature for pure water.

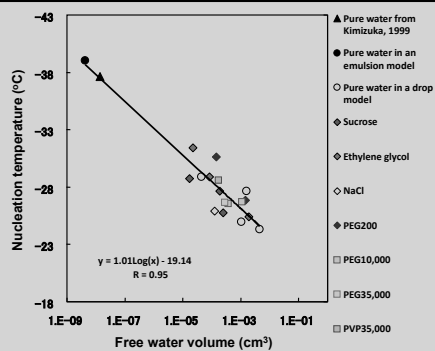


Figure 7. Calculated free water volume plotted as a function of nucleation temperature for pure water and various aqueous solutions.

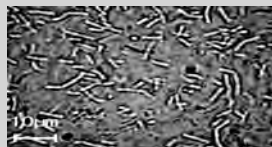
3 乳酸菌の凍結とダメージの例

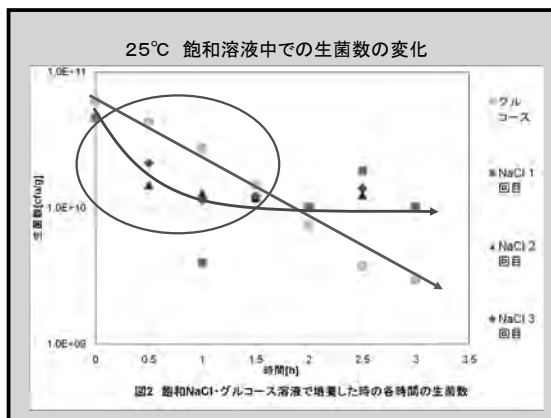
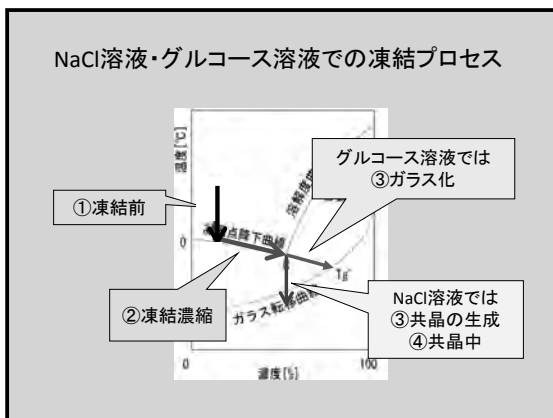
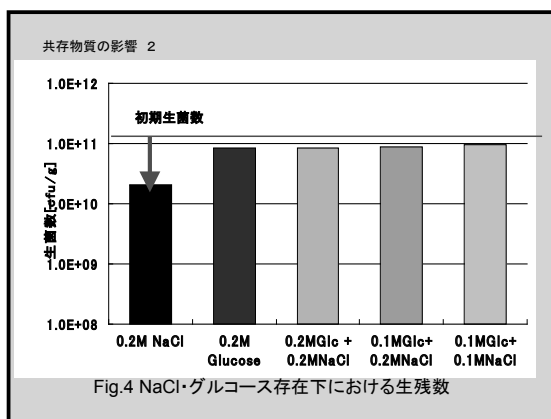
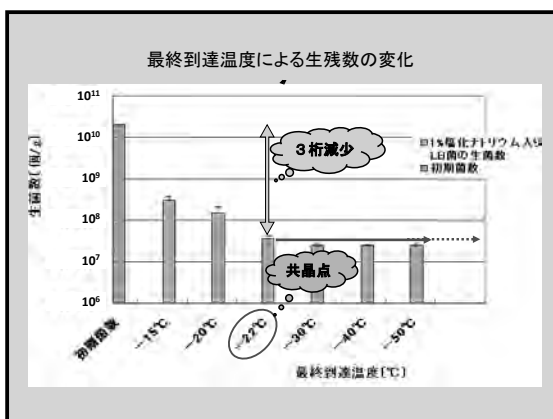
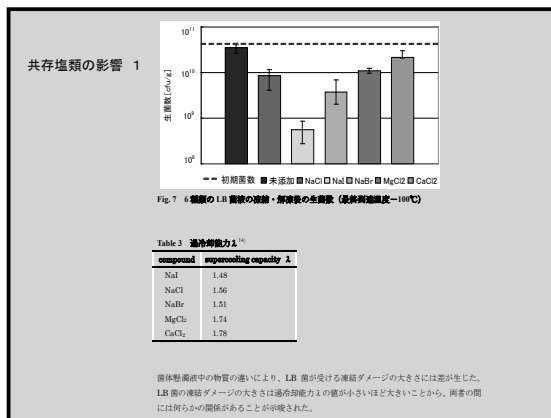
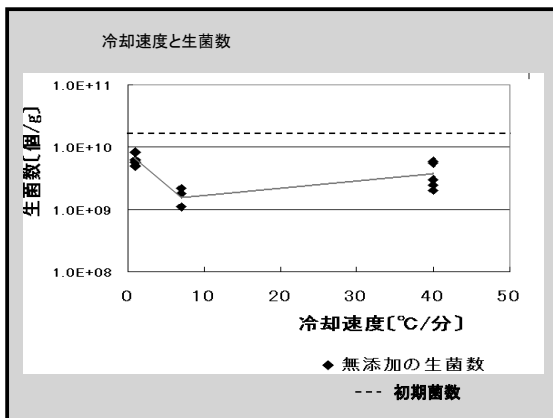
- 凍結スピード依存性
- 共存物質の影響
- 最終到達温度の影響
- 凍結過程における濃縮による浸透圧効果

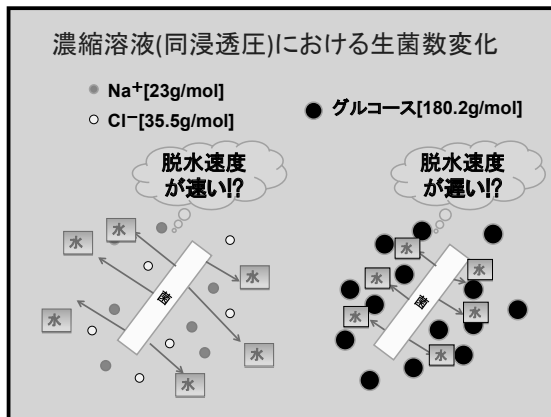
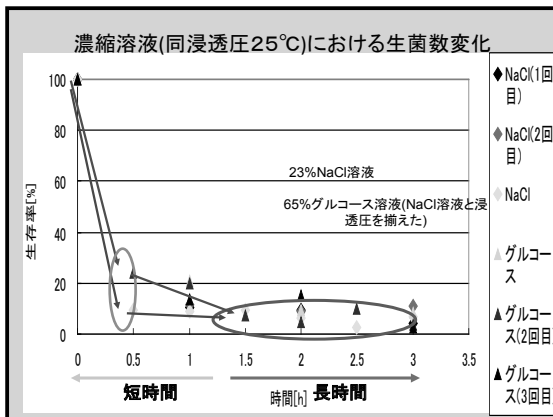
試料

Lactobacillus delbrueckii subsp. *bulgaricus*

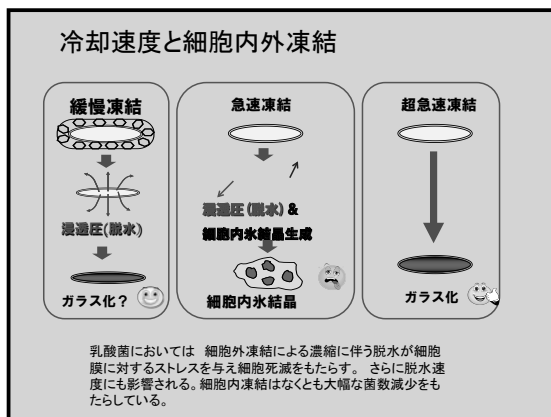
ヨーグルトの発酵に使用される乳酸菌
直径1μm長さ10μmの桿菌







- 乳酸菌が凍結によって受けるダメージは細胞外凍結濃縮による浸透圧脱水現象が主因である
(すなわち 細胞内氷結晶生成が主因ではない?)
- 共晶内やガラス化物質内では乳酸菌生残数は変化しない
- 浸透圧が高いほど最終死滅率は高い
- 浸透圧が同じでも脱水速度の相違が細胞に対するダメージに影響を与える。



まとめ

食品内冷凍保存 における微生物への影響はこれまで静置

↓

死滅率は微生物種、凍結速度、凍結温度、保持時間、共存物質により異なる

↓

積極的利用(殺菌、滅菌)の可能性を目指した凍結障害メカニズムの解明が必要

+ 冷凍と他の物理的操(高圧、X線照射、...)との併用による死滅率増大の可能性

山本 和貴 (食品質評価ユニット長) 分担機関: (独) 農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所 5

2) 高圧処理+冷凍による新規革新技術開発

過冷却深度増大!

圧力付加により過冷却度大
→氷結晶微細化

殺菌効果増大!

大腸菌の中高圧冷凍殺菌効果事例
(数字は log CFU/ml)

温度	5	10	15	20
0.1	4	4	4	4
100	4	4	2	2
137.5	1	-	-	-
250	1	-	-	-
300	-	-	-	-
175	4	4	4	4
250	3	2	2	1
300	2	2	1	1
500	2	1	-	-
700	-	-	-	-

1) 田中、大島、生物科学・食品科学への高圧利用、食品技術開発力集、さんえい出版、1・10(2003)より引用

高品質生食用冷凍!

ハイパーグレース凍結 (高品質冷凍貯蔵)

+ 中高圧プレフリーゼ (高効率作業)

+ 氷温水解凍 (高品質解凍)

生食用冷凍員類 (高品質 & 戻付加設備)

ヒヤメロ

ヒヤメロ

二枚員のほかに、巻貝、アワビなども可能

高度凍結技術(過冷却凍結、ハイパーグレース凍結、氷温水解凍)の進化型革新技術により、東北地区独自の **高品質高付加価値** な水産物・水産加工品の供給を実現

食の安全ニュース 第57号 食の安全ニュース 2013年7月1日発行

広まらぬ！アニサキス食中毒の連鎖発生

■ 国立食品衛生研究所、特定食中毒対策推進本部が、アニサキス食中毒の連鎖発生について、2013年6月24日の食の安全ニュースに報告しています。アニサキス食中毒は、生食用の冷凍魚介類から、冷凍食品や惣菜などへ連鎖的に発生しています。また、冷凍食品や惣菜などから、惣菜店や飲食店へ連鎖的に発生しています。また、冷凍食品や惣菜などから、惣菜店や飲食店へ連鎖的に発生しています。

■ 食中毒、サバでアニサキス食中毒の発生
 食中毒対策推進本部は、2013年6月24日の食の安全ニュースに、サバでアニサキス食中毒の発生について報告しています。この食中毒は、生食用の冷凍サバから発生したもので、患者は主に高齢者です。また、この食中毒は、生食用の冷凍サバから発生したもので、患者は主に高齢者です。

発生年月	患者数	死亡数
2007年	1	0
2008年	1	0
2009年	1	0
2010年	1	0
2011年	1	0
2012年	1	0
2013年	1	0

発生年月	患者数	死亡数
2007年	1	0
2008年	1	0
2009年	1	0
2010年	1	0
2011年	1	0
2012年	1	0
2013年	1	0

報告によると、患者は主に高齢者で、症状は腹痛、嘔吐、下痢などです。また、この食中毒は、生食用の冷凍サバから発生したもので、患者は主に高齢者です。

■ 食中毒の連鎖、惣菜が原因
 食中毒対策推進本部は、2013年6月24日の食の安全ニュースに、食中毒の連鎖発生について報告しています。この食中毒は、生食用の冷凍魚介類から発生したもので、患者は主に高齢者です。また、この食中毒は、生食用の冷凍魚介類から発生したもので、患者は主に高齢者です。

■ アニサキス食中毒の現状・治療
 アニサキス食中毒は、生食用の冷凍魚介類から発生する食中毒です。患者は主に高齢者で、症状は腹痛、嘔吐、下痢などです。また、この食中毒は、生食用の冷凍魚介類から発生したもので、患者は主に高齢者です。

■ アニサキス食中毒の予防法
 アニサキス食中毒を予防するためには、生食用の冷凍魚介類を適切に調理することが重要です。また、冷凍食品や惣菜などを食べる際には、十分に加熱することが必要です。

<文献紹介>

『ここがポイントかな？ 食品冷凍技術』

新着文献情報 その39：平成25年6月号（平成25年2月～平成25年4月）

公益社団法人日本冷凍空調学会 参与
東京海洋大学 食品冷凍学研究室
白石 真人

1. 氷核活性細菌からの氷核活性物質の添加による冷凍生地酵母の生残性および焙焼パンの品質改良の新しい試み

A novel approach for improving yeast viability and baking quality of frozen dough by adding biogenic ice nucleators from *Erwinia herbicola*

Ke Shi*, Hailong Yu, Tung-Ching Lee

Journal of Cereal Science 57 (2013) 237-243

氷結晶形成機能性物質は不均質核形成因子として水の過冷却凍結を最小にする。氷核形成タンパク質（INP）はある種の植物、動物、昆虫、細菌から見つかっている。INPが存在すると凍結温度が高い、凍結時間が短いという特徴があり、食品でも応用されて、魚肉アクトミオシンの冷凍変性での安定化によるゲル形成能、醤油や豆腐の凍結乾燥、卵などの凍結変性ゲル等の研究がある。

冷凍生地の開発により冷凍技術はパン工業に大きな恩恵を与えている。

冷凍パン生産は既に普及しているが、それに必要な冷凍生地は凍結・貯蔵中に劣化する。その主要な原因はパン酵母の凍結損傷である。焼成パンではグルテンの網目構造の形成が不十分になる。

本報では細胞外氷核形成物質（ECINs）の有効性を検討している。ECINsは *Erwinia herbicola* 株（ATCC11530）から調製している。表1にECINs添加3回凍結解凍生地、無添加3回凍結解凍生地、未処理（対照）3種類の焼成パンの外観（写真）、pH、水分含量、比容積、テクスチャー、画像解析、色調、色素量、還元糖含量がまとめられている。凍結解凍を繰り返した時の酵母の対数増殖期、定常期での生残とECINsの添加量の関係は図1に、凍結曲線を図2に、SDS-PAGE電気泳動パターン（図4）、生地の動的粘弾性（図5）をそれぞれ示している。パンのクラムの硬さ（hardening）をECINs添加は対照に比べ50%軽減している。比容積は50%向上している。これらの効果はECINsが酵母の凍結損傷を抑制していることによる。

日本でも氷核タンパク質の研究は1986年頃の荒井宗一先生らの研究があり、食品への利用は舟木 淳子:冷凍 84 (1985), 23, 2009 でも解説されている。

2. 高電圧静電場が冷凍豚テンダーロイン肉解凍特性および解凍後肉質に及ぼす効果

Effect of high voltage electrostatic field treatment on thawing characteristics and post-thawing quality of frozen pork tenderloin meat

Xiangli He, Rui Liu, Satoru Nirasawa, Dejiang Zheng, Haijie Liu, .

Journal of Food Engineering 115 (2013) 245-250

高静電場解凍処理 (HVEF) による豚肉サーロインの解凍特性および解凍後の肉質に及ぼす効果について空気解凍 (対照試料) と比較している。電場は通電した試料内の電荷に力を及ぼすことができるため、食品でも水の蒸発促進作用、吸水促進作用あるいは鮮度保持効果などの報告があるが、近年乾燥に利用されているという。本報では6 kVの加電で明らかに解凍時間が短縮できた。

図1に高電場処理装置の模式図があり、電極は電極板にとげの付いたような形 (points-to-plate、40x40cm) のようでコロナ放電の一極と接地した+極で構成されて試料の肉を+極の上に置いている。図1は電圧を4~10kVにした時の解凍時間、図3に解凍温度曲線、図4に6日目までの一般生菌数、図5に揮発性塩基態窒素の変化 (10kV) を対照と比較している。表1にはそれぞれの電場処理肉のpH、解凍ドリップ損失、調理損失、色調 (L, a, b) がまとめられている。解凍時間 (試料は2x4x4、約35g) はそれぞれ4, 6, 8, 10kVで70, 52, 46, 40分で、対照は64分であった。一般生菌数も対照より少なかった。HVEF処理の肉質への影響はほとんどなかったということだが詳細は記されていない。

3. 冷凍食品中の氷結晶成長空間と凍結速度

Ice crystal interspacing in frozen foods

R. G. M. van der Sman, A. Voda, G. van Dalen, A. Duijster

Journal of Food Engineering 116 (2013) 622-626

本報では食品および生物組織中の氷結晶の成長が凍結速度の関数として記述できることを明らかにしている。筆者らの実験データ (ニンジン) および既報の他の生物素材でのデータを結晶サイズと凍結速度に対して相関曲線を求めている。近似相関性は合金学分野の一方凝固の過程で樹状突起空間の定量化のために開発されたスケーリング法則を参考にし比較した。筆者らの実験の食品の凍結過程は、合金凝固過程と完全ではないが満足のいく程度に似ている。筆者らの相関式の指数と合金凝固で得られている実験式の指数を比較して食品中での氷結晶と凍結速度について議論している。

本報では氷結晶の定量評価を食品中にできる氷の樹状成長を観察し、図1にその成長の一方凝固の模式図を成長 (overgrowth) 期、安定 (stable) 期、分岐 (tip Splitting) 期など示し、その中にデンドライトの幅の大きさ (interspacing) を2ヶ所に示している。これは合金分野でのデンドライト主軸のセルサイズ (DCS) とアームスペーシング (DAS) などと同じと思われる。表1は合金での結晶サイズと冷却速度 (\dot{R})、冷却前線の温度勾配 (G) の既報の関係式を示している (\dot{R} がそれぞれ-0.2, -0.5, -1乗、Gが0.5, -0.5, -1乗)。図4に凍結速度と氷結晶サイズを筆者らの実験、既報のデータをひっくるめてプロットしている。

筆者らは氷結晶の大きさdice (氷結晶直径) と凍結速度の関係は次式で表されるとしている。

$$d_{ice} = 50T^{-0.25}$$

氷結晶の観察方法 (XRT)、理論等興味深い説明が割と簡単である。本報のような方法でこれまで凍結速度は凍結過程で実測されているが、凍結 (貯蔵) 後でも顕微鏡観察等によって冷凍食品の製造時の凍結速度を求めることができれば、冷凍食品の品質高度化だけでなく冷凍装置の性能評価などにも応用していけることになると思われる。

4. 低脂肪食肉製品開発のための脂肪代替としてのコンニャクゲルの冷蔵・冷凍品質特性

Konjac gel for use as potential fat analogue for healthier meat product development: Effect of chilled and frozen storage

F. Jimenez-Colmenero, S. Cofrades, A.M. Herrero, M.T. Solas, C. Ruiz-Capillas

Food Hydrocolloids 30 (2013) 351-357

高カロリーの食肉および食肉製品での脂肪量低減は消費者の食品からの脂肪摂取を改善するため、食肉産業にとっては健康的な製品を製造するための重要な戦略と考えられている。脂肪低減戦略としては、製品に望ましい低カロリー食品としての特性を付与することのできる別の原材料の使用を必要とする。これらの材料の中にコンニャク（グルコマンナン）があり脂肪類似品として、興味深い可能性を秘めている。

コンニャクグルコマンナンは中性の多糖体であり、古代から東アジアで利用されている天然の植物から造られる。それは注目すべき生理学的効果を示し、さまざまな製品開発への応用の可能性をもたらす特異的な性質がある。コンニャクは純水中ではゲルを形成しないが、むしろ非常に粘性の高い疑可塑性の溶液を生じ、増粘材に用いられる。しかしアルカリ凝固剤（例えば水酸化カルシウム）存在では脱アセチレイションの後、熱不可逆的で非常に熱安定なゲルを形成する。コンニャクは他の植物・海藻（澱粉、カラギーナン、fucellaran, gellan gum）の多糖体と相乗作用によりゲルになる。

食品添加物としてのその使用はヨーロッパで認められている（E-425）。FDAではGRASとして登録されている。コンニャク粉は低カロリー素材と考えられている、その非消化性線維成分は多くの生理学的効果、治療への応用等がある。

さらにその素材特性、他の素材成分と組み合わせによりコンニャクは脂肪代替物、肉製品の減・低脂肪配合で利用されている。コンニャクがさまざまな方法、濃度で加えられた製品例として、フランクフルト、フレッシュソーセージ、ポークナゲットのような製品がある。本研究の狙いとしては食肉製品の減・低脂肪化に脂肪代替として使用するコンニャク（含水非加熱の低温硬化ゲル）の物理化学的、レオロジー的、微細構造などの冷蔵貯蔵、凍結・解凍における特性について調べている。表1は14日まで冷蔵、20日間凍結した試料の水分保持特性、硬さ等のテクスチャー測定値、色調（Lab）、表2に動的粘弾性の測定値を示している。コンニャクゲルを加熱した時と非加熱の時の硬さ、そしゃく性の変化を図1に、図2に動的粘弾性の周波数依存性、図3に走査型電顕写真がある。日本では精進料理などの分野で芸術的なコンニャク料理も見られるが、海外の嗜好にあったコンニャク粉の利用は興味深いと思われる。

5. 冷凍食品の加工と包装、第2版

編集者：Da-Wen Sun. CRC 出版, 2012

第1部 冷凍技術の基礎、3

1章. 冷凍の物理的および化学的原理：Noemi Zaritzky, 39

2章. 冷凍食品システムにおけるガラス転移：Shyam S. Sablani, 55

3章. 冷凍サイクル総括：Da-Wen Sun, 83

4章. 冷凍食品の微生物：Colin O. Gill, 101

5章. 冷凍食品の熱物理学的特性：Lijun Wang, Curtis L. Weller, 129

- 6章. 冷凍負荷と凍結時間の計算法 : Freezing Loads and Freezing Time Calculation、Gauri S. Mittal、147
- 7章. 凍結過程の数学的モデリング、185
- 第2部 コールドチェーンの施設・設備、187
- 8章. 冷凍方法と装置・設備、Mike F. North, Simon J. Lovatt、201
- 9章. 冷凍貯蔵の計画と維持、Stephen J. James, Christian James、217
- 10章. 冷凍食品の輸送、配送、Silvia Estrada-Flores、235
- 11章. 店舗での商品陳列設備と管理 : Giovanni Cortella, Paola D' Agaro、253
- 12章. 業務用冷蔵冷凍倉庫 : Rodolfo H. Mascheroni, Viviana O. Salvadori、273
- 13章. コールドチェーンのモニタリングと管理 : Petros S. Taoukis, Maria C. Giannakourou, Theofania N. Tsironi、301
- 第3部 冷凍食品の品質と安全性、303
- 14章. 冷凍畜肉とその加工品の品質と安全性 : Stephen S. James, Christian James、325
- 15章. 鶏肉とその加工品の品質と安全性 : Nahed M. Kotrola, Paulo Mohyla、343
- 16章. 冷凍水産食品の品質と安全性 : Jacek Jaczynski, Reza Tahergorabi, Angela L. Hunt, Jae W. Park、387
- 17章. 冷凍野菜の品質と安全性 : Wenceslao Canet Parreno, Maria Dolores Alvarez Torres、435
- 18章. 冷凍果実の品質と安全性 : Giovanna Cortellino、461
- 19章. 冷凍乳製品の品質と安全性 : H. Douglas Goff、479
- 20章. 冷凍調理済み食品野菜の品質と安全性 : Philip G. Creed、501
- 21章. 冷凍パン製品の品質と安全性 : Alain Le Bail, Constantina Tzia, Virginia Giannou、529
- 22章. 冷凍卵とその加工品の品質と安全性 : Lih-Shiuh Lai、547
- 第4部 品質と安全性のモニタリングと計測技術、549
- 23章. 物理学的測定法 : Parameswaran Kumar Mallikarjunan、563
- 24章. 化学的測 : Marilyn C. Erickson、587
- 25章. 冷凍食品の官能検査法 : Edgar Chambers IV、605
- 26章. 食品が原因となる病気と食中毒菌の検出 : Amalia G. M. Scannell、631
- 27章. 冷凍食品の品質保持期限の予測法 : Brian M. McKenna、643
- 第5部 食品冷凍の新規な技術、645
- 28章. 超音波 (Ultrasound-Accelerated) 冷凍法 : Adriana Delgado, Da-Wen Sun、667
- 29章. 圧力移動凍結法 (High-Pressure Shift) : Laura Otero, Pedro D. Sanz、685
- 30章. 静電場 (Electrostatic FieldAssisted) 冷凍法 : Alain Le Bail, Marta Orłowska, Michel Havet、693
- 31章. 不凍タンパク質 : Shaoyun Wang, Da-Wen Sun、709
- 第6部 冷凍食品の包装、711
- 32章. 冷凍食品包装の緒言 : Kay Cooksey, John Krochta、731
- 33章. 冷凍食品のプラスチック包装 : Kwang Ho Lee, Da-Wen Sun、743

- 34章. 冷凍食品の紙包装 : Gordon L. Robertson、759
35章. その他の材料による冷凍食品の包装 : Gerrit Hasselmann, Anna Klara Scheer、779
36章. 包装機械 : Rajeshwar S. Matche, H. S. Sathish、817
第7部 冷凍食品包装のトレンド、819
37章. アクティブ・パッケージング : Dong Sun Lee、837
38章. インテリジェント・パッケージング : Panuwat Suppakul、861
39章. 真空包装 : Pornchai Rachtanapun, Chitsiri Rachtanapun、875
40章. 可食性包材とフィルムとその冷凍食品への応用 ; Jingyun Duan, Yanyun Zhao

6. 冷凍の特集

冷凍 2013年2月号 Vol.88 No.1024

[特集 : 食品・流通を支える冷凍技術]

特集にあたって 土屋敏章 2 (76)

1. 製造・運搬

- 1.1 窒素ガス封入製氷システムの開発 若山敏次 3 (77)
1.2 冷凍・冷蔵運搬船 坂本貴志 7 (81)
1.3 海上コンテナ冷凍装置 伊賀紀夫 13 (87)
1.4 車載用エジェクタサイクル冷凍機の技術紹介 谷口雅巳 19 (93)
1.5 低外気温度での加温ニーズに対応した保冷車用ヒートポンプ式冷凍機 田中孝史 24 (98)

2. 販売

- 2.1 業務用冷蔵庫の省エネルギー 鈴木義康 29 (103)
2.2 CO₂冷凍機システムの開発 木 屋豊明・倉田裕輔 34 (108)
2.3 オープンショーケースのエアカーテン気流整流技術 浅 田 規・浦川典宏 39 (113)

[食品技術講座6 食品の安全・品質に関する技術講座] 第13回 熱ストレス制御による貯蔵青果物の品質改善と冷凍への応用 森本哲夫 43 (117)

第29回冷凍技士研修会 「金属・エックス線異物検出機を用いた最新の技術」実技研修 小泉栄一郎 52 (126)

[最近気になる用語] 226 iPS細胞 小松友雄 64 (138)

冷凍 2013年3月号 Vol.88 No.1025

[特集 : 植物工場を支える技術とその動向]

特集にあたって 菅 章 2 (142)

1. 植物工場の背景, 課題および動向 古在豊樹 3 (143)
2. 植物工場の種類および要素技術 清水 浩 11 (151)
3. 植物工場を支える技術
3.1 温室における物理的環境調節 松田 怜 16 (156)
3.2 植物栽培における光の基礎およびLED光照射技術 富士原和宏 23 (163)
3.3 養液栽培における培養液管理 切岩祥和 29 (169)

- 3.4 太陽光利用型植物工場における省エネルギー技術の開発 岩崎泰永 35 (175)
- 3.5 ヒートポンプ空調機を用いた栽培ハウス向け暖房システムの提案 柴 広有 42 (182)
- 3.6 積雪寒冷地における植物工場と地中熱利用 赤平 亮 46 (186)
- 3.7 潜熱蓄熱システムを活用した排熱利用技術 岩井良博・定塚徹治 51 (191)

4. 実施例紹介

- 4.1 農林水産省植物工場千葉大学拠点の事例 丸尾 達 55 (195)
- 4.2 ユニット式小型植物工場 井上繁人 60 (200)

[食品技術講座6 食品の安全・品質に関する技術講座] 第14回 生鮮コンブの食品科学的特性
木下康宣 67 (207)

冷凍 2013年3月号 Vol.88 No.1025

[特集：高圧処理を利用した食品加工の新展開]

特集にあたって 川井清司 2 (262)

- 1. 高圧処理によるタンパク質の改質と食品の物性改善 西海理之 3 (263)
- 2. 高圧処理が澱粉の理化学的性質に及ぼす影響 川井清司・深見 健・山本和貴 9 (269)
- 3. 高圧力による脂質の相転移制御 松木 均・後藤優樹 14 (274)
- 4. 高圧処理による食品の成分変換 重松 亨 20 (280)
- 5. 高圧処理を利用した無菌化包装米飯の特性 山崎 彬・小林 篤 25 (285)
- 6. 高圧処理装置の開発と食品加工への利用 森川篤史 30 (290)
- 7. 世界における食品高圧加工技術の利用およびその展開 山本和貴 35 (295)

集 1

センセイ必見!! 簡単DIYでアット驚く、魅せて教える科学実験④、乳化剤やゲル化剤を使って『食品添加物の威力を再現!!』—「食と味覚の体験型学習」

ドクターオギノ、くられ、化学、68 (4) , 54-58, 2013

いくつか食品添加物を用いた実験の中に「実験2、コンビニのアイスクリームを再現!」がある。スーパーなどで安く売られているアイスクリームと1個が数百円もする高価なアイスクリームと何が違うのか?アイスクリームの原料はバニラビーンズ、牛乳、砂糖、卵であり、食品表示ラベルにはアイスクリームとある。一方の格安品は「ラクトアイス」であり、原材料はバニラ香料、植物性生クリーム、ガムシロップ、レシチンであり、本来のアイスクリームとはまったくの別の材料でつくられている。作り方も材料を混ぜて冷凍庫に入れるだけでいとも簡単にコンビニで売られているアイスクリームにそん色のないものができるという(食品冷凍技術も不要?)。これまでも「食べてはいけない」増尾清(徳間書店)、「コンビニの買ってはいけない食品、買っていい食品」渡辺雄二(だいわ文庫)、「ニセモノ食品作りの最前線」ドクターくられ(宝島社)などの本が出版されているが、「化学」のような科学雑誌では珍しい。マーガリンはバターとは違うが、広く消費者に受け入れられている。

集 2 :

小麦粉の一部に加工澱粉を添加した食パンの調理科学的特性
ニューフードインダストリー 55 (1) ,41-45, :2013

菊地 和美, 吉田 訓子, 高橋 セツ子 他

集3

新規参入増で変化する冷凍ブリフィレー輸出 ～流通 希望の光となるか 養殖魚の輸出～
養殖ビジネス 50 (1) , 6-9, 2013

集4

朝1分のおべんとう作り : ストックおかず・冷凍おかずで朝つめるだけ
～マイライフシリーズ特集版～

ルックナウ, 2013. 4.

太田静栄

集5

あな吉さんのゆるベジいちばんかんたん、野菜フリージングの本 : 下ゆでなし、生でラク
ラク冷凍! : 肉・魚・卵・乳製品・白砂糖・だし不要!

河出書房新社, 2013. 2.

浅倉ユキ

集6

「介護・医療施設における冷凍食品利用実態調査」結果報告書

日本冷凍食品協会, 2013. 3.

日本冷凍食品協会

集7

需給動向 野菜の輸入動向(平成24年10月) : たまねぎの減少により生鮮野菜は大幅に減少し
たものの、冷凍野菜とトマト加工品の増加により、野菜全体の輸入量は前年同で推移
野菜情報、106, 12-15:2013

農畜産業振興機構 野菜需給部編

集8

冷凍食品の利用状況実態調査結果

日本冷凍食品協会

集9

冷凍食品の利用状況実態調査結果

食肉四季報, (121) , 39-54, 2013. 冬

日本食肉協議会

集10

炭酸ナトリウム添加による凍結ゴマサバ肉の加熱ゲル形成能の向上

美濃松謙、矢野竹男、三島隆、青木恭彦、大井淳史

日本食品工学会誌14 (1) , 29-36

集11

冷凍食品2013年春夏新商品 各社新シリーズ立ち上げ 自然解凍品の業務用提案も
～特集等 2013年 新製品特集 新たなマーケットの創出に向けて～

ミート・ジャーナル, 50 (3) , 92-99, 2013

集12

農産物流通最前線 (55) 食肉鮮魚加工センターの最新技術
農流技研会報 (293), 11-13, 2013

河上 均

集13

急速凍結技法の病理診断への応用と生きた臓器・組織の観察～平成24年日本大学医学会秋季学術大会 教授就任講演～

日大医学雑誌 72 (1), 39-42, 2013

逸見 明博

集14

凍結含浸法によるバリアフリー型介護食の開発と一般食品加工への応用
～特集 食のおいしさと安全安心に貢献する化学工学～

化学工学 77 (2), 103-105, 2013

坂本 宏司

集15

懸濁結晶法による凍結濃縮システムについての国内産業と装置開発の取り組み
果汁協会報 / 日本果汁協会 [編].

出版者等 東京 : 日本果汁協会, (653), 5-16, 2013

松本 泰典, 森山 洋憲, 佐藤 暢

集16

冷蔵生食用生鮮魚肉の魚肉細菌数とドリップ細菌数の相関性
水産大学校研究報告 61 (4), 248-252, 2013

福田翼、菱川直将、田原由美子、古下学、芝恒男

集17

水晒しがエソ肉冷凍すり身の品質に及ぼす影響について
水産大学校研究報告 61 (4), 220-225, 2013

福島英登、黒川清也、石上翔、桑田智世、山内春菜、福田裕

集18

生食用」パインアップル4品種間の低温貯蔵性の比較

日本食品保蔵科学会誌、39 (1), 9-12

照屋亮、正田守幸、広瀬直人、崎山澄寿、竹内誠人、興那嶺要、新里良章

集19

冷蔵生食用生鮮魚肉の魚肉細菌数とドリップ細菌数の相関性
福田翼、菱川直将、田原由美子、古下学、芝常男

水産大学校紀要、61 (4), 248-252, 2013

集20

食品の品質低下を防ぐ冷凍保存技術 ～冷凍・冷蔵・鮮度保持技術～
食品機械装置、50 (3), 63-79, 2013

集21

食品鮮度保持における冷凍・冷蔵設備 ～冷凍・冷蔵・鮮度保持技術～

食品機械装置、50 (3) , 80-91, 2013

嶋田芳和、伊藤 崇

集22

Effect of high-pressure treatments applied before freezing and frozen storage on the functional and sensory properties of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*)

Santiago P. Aubourg, J. Antonio Torres, Jorge A. Saraiva, Esther Guerra-Rodriguez, Manuel Vazquez

LWT - Food Science and Technology xxx (2013) 1-7

集23

NIR hyperspectral imaging as non-destructive evaluation tool for the recognition of fresh and frozen thawed porcine longissimus dorsi muscles

Douglas F. Barbin, Da-Wen Sun, Chao Su

Innovative Food Science and Emerging Technologies xxx (2013) xxx.xxx

集24

Effect of ultrasound irradiation on ice crystal size distribution in frozen agar gel samples

Hossein Kiani, Zhihang Zhang, Da-Wen Sun

Innovative Food Science and Emerging Technologies xxx (2013) xxx.xxx

集25

A novel function -Thermal protective properties of an antifreeze protein from the summer desert beetle *Microdera punctipennis*

Liming Qiu, Xinfang Mao, Feng Hou, Ji Ma.

Cryobiology 66 (2013) 60-68

集26

Combined effects of inulin, pectin and guar gum on the quality and stability of partially baked frozen bread

Nikica Skara, Dubravka Novotni, Nikolina Cukelj, Bojana Smerdel, Duska Curi

Food Hydrocolloids 30 (2013) 428-436

集27

Long-term frozen storage of wheat bread and dough e Effect of time, temperature and fibre on sensory quality, microstructure and state of water

J. Eckardt, C. Ohgren, A. Alpa, S. Ekman, A. Astrom, G. Chen, J. Swenson, D. Johansson, M. Langton

Journal of Cereal Science 57 (2013) 125-133

集28

A novel approach for improving yeast viability and baking quality of frozen dough by adding biogenic ice nucleators from *Erwinia herbicola*

Ke Shi, Hailong Yu, Tung-Ching Lee
Journal of Cereal Science 57 (2013) 237-243

集29

Impact of non-thermal technologies and sanitizer solutions on microbial load reduction and quality factor retention of frozen red bell peppers

Elisabete M.C. Alexandre, Teresa R.S. Brandao, Cristina L.M. Silva .
Innovative Food Science and Emerging Technologies 17 (2013) 99-105

集30

Microbiological examination of ready-to-eat foods and ready-to-bake frozen pastries from university canteens

Parthena Kotzekidou

Food Microbiology 34 (2013) 337-343

<国内情報>

株式会社明治の工場見学会報告

株式会社 宝幸
環境品質保証部
鹿股 悠奈

実施日：平成25年2月8日（金）

見学先：株式会社 明治 坂戸工場

今回、チョコレートやスナック菓子等のお菓子を中心に製造されている株式会社 明治 坂戸工場様を訪問させていただきました。当工場は1979（昭和54）年に設立され、約3万坪の広さの敷地には、カカオ豆を処理するカカオ館や生産品目毎に区分された建屋、物流センター等が製造の流れに沿って建てられている。また品質マネジメントシステムISO9001や、環境マネジメントシステムISO14001を取得し、品質および環境面ともに積極的に取り組まれている。現在は、FSSC22000の取得に取り組まれており、カカオマス等の一部のラインで取得し、2013年6月には、坂戸工場のすべてのラインで取得予定となっている。

全国に3つある菓子製品の直系工場のうち一番多くのカテゴリを製造でき、チョコレート、スナック、ガム、グミ、キャンディ、ココアなど約60品目を生産している。なかでもチョコレートとココアは原料のカカオ豆を処理するところから生産を行っており、カカオ豆の年間使用量は約9,000トンにのぼる。これは国内使用量の1/4～1/5にあたる。



品質面では、品質保証担当者が月に1回、横浜に保管されているカカオ豆の品質や保管状態等の確認を行っており、原料から徹底した管理をし、製品づくりに取り組んでいる様子が伺われた。

環境面では、乾燥した汚泥の肥料化や、ゴミの処理で発生したメタンガスを燃料として再利用するなど廃棄物はすべてリサイクルしており、ゼロエミッションを達成されていた。また完全燃焼型焼却炉やターボ冷凍機（空調施設）を導入しCO₂の削減を図るなど、環境対策に力が入れられている印象を受けた。

品質保証についてもさまざまな取組みが行われていた。印象的だったのは、一般のお客様からの窓口相談業務（コールセンター）に工場の社員を一定期間体験させるという制度があることだった。ご指摘やご意見を直接お客様から受けることで、お客様の声を身近なものと感じ、ご指摘の改善やご意見を活かす活動につながるという。この取組みについては弊社でも紹介し、参考にさせていただきたい。

またご指摘については、2011年度下期は0.47ppm、2012年度上期は0.30ppmと大幅に抑えられており、徹底したリスク管理が行われている様子が伺われた。例として、原料の変更や規格変更時、新製品導入時にはミスが発生してご指摘発生率が高くなるため、チェック委員会を開催し（2011年は180回開催）、管理を徹底すること。「品質奨励賞」という制度を作り、現場で異常を発見したパートさんを対象にお菓子の詰め合わせを贈呈していること等が挙げられた。日常の管理でご指摘を発生させないようにする仕組みは取り入れていきたい。

さらにアレルギー対策として、建屋への入場を制限することで管理されていた。工場敷地内には5つの建屋とカカオ館があるが、各建屋へ入場するにはセキュリティカードが必要となり、ライン従事者は自分の担当する建屋へしか入場できない仕組みになっている。これは異なるアレルギー物質を建屋内に持ち込ませないための対策とのことだが、フードディフェンスの面でも非常に有効である。



(工場の敷地内の様子)

全体を通して、工場内に品質保証体制が浸透しており、日々の取組みがご指摘の削減につながっているように感じた。今回は、一般の工場見学のコースを見せていただいたが、当日見

学に来ていた小学生は楽しそうに見学をしており、毎日のように見学者が来るためにあえて製造のスピードを落とし、見学の際に製造ラインが止まることないように工夫される等、CS活動にも力を入れられているという印象を受けた。

最後に、工場見学の案内や品質保証の取り組みについて説明していただき、活発な質疑応答にも対応いただいた株式会社明治 坂戸工場の皆様に感謝申し上げます。

以上



<編集後記>

最近、為替変動が激しく、円が105円程度になったと思えば、一時95円まで高騰するような状況ですが、昨年11月頃と比べるとかなりの円安であるため、輸入原材料や燃料価格も当然アップしてきています。

しかし、この円安のコスト増大分を価格転嫁することは簡単ではないと考える企業が多いと思われます。そのため、販売価格を上昇させるには、アベノミクスが目指しているデフレ脱却が重要であり、第3の矢と言われている成長戦略の内容が大事になってきますので、今後もアベノミクスの中身を注意深く見ていく必要があると思います。

(間弓)

編集委員	小 泉 榮一郎 (日本冷凍空調学会) 西 岡 裕一郎 (日本水産) 石 村 和 男 (極洋) 間 弓 浩 司 (明治) 門 田 実 (アクリフーズ) 豊 嶋 敬 史 (ニチレイフーズ)	発行所	冷凍食品技術研究会 〒105-0012 東京都港区芝大門 2-4-6 豊国ビル 4F (財)日本冷凍食品検査協会内 (TEL)03-3438-1414 (FAX)2747
------	---	-----	---