

乳製品を対象とした地域事業所向けの支援（R5） ～フレッシュタイプチーズの冷凍耐性向上の検討～

公益財団法人とかち財団 ものづくり支援部
食品技術グループ 川原美香
共同研究事業者：(株)明治 研究本部
乳製品開発研究ユニット
十勝チーズ研究センター 高石真樹

1 研究の背景と目的

酪農王国として知られる北海道十勝は地域区分で乳生産量が全道1位の32%（2023年度、ホクレン農業協同組合連合会 受託乳量）を占めており、飲用以外にも乳製品へ加工されている。その中でも近年、農家製チーズを主体とする小規模チーズ工房が増加しており、地域の新たな食文化の形成に寄与している。また、ヨーグルトでは過去に乳業メーカーが十勝地域から採取したオリジナル乳酸菌を地域事業者4社が活用するなど地域連携による成果が得られた経緯がある。本試験では過去の知見を活かしながら十勝地域の小規模事業所向けに新たな商品展開につなげる技術支援を地域企業と連携して検討し、情報提供を行う。このことにより地域における乳製品に関連する食産業のさらなる育成を目指すものである。

令和5年度については、地域事業者から寄せられた課題の中からテーマを選定し、賞味期限が比較的短いフレッシュタイプチーズの販路拡大を目的に冷凍解凍時の品質劣化を改善する方法について検討したので報告する。

2 試験研究の方法

(1) 糖類添加による冷凍耐性向上の検討

フレッシュタイプチーズの中でも比較的水分含量が高いフロマージュブランを対象として、保水性が良く低甘味度で知られる糖類の添加により冷凍耐性向上の検討を行った。

①原料乳への糖類添加試験

使用した糖類および添加量を表1に示した。

表1 原料乳への添加試験に使用した糖類

商品名	メーカー名	原材料表示例	原料乳中への添加量
トレハ	ナガセヴィータ(株)	トレハロース	1%
パインデックス#3	松谷化学(株)	粉飴	1%
テトラップ	ナガセヴィータ(株)	水飴	2%

フロマージュブランの試作方法は Emily Claire Mathusa¹⁾の方法を参照した。試作方法を以下に示した。

- ・ Fat/Protein 比率 1.15 の殺菌牛乳（72℃、20秒）を使用

- ・バット内に 7L の乳を添加し 30℃に調温
- ・それぞれの乳に目的の濃度となるよう糖類（表 1）のうち、1 種類を添加
- ・スターターとして中温菌 DVS（ダニスコ社、FD 品）1g を添加
- ・レンネットとして、カーフレンネットをごく少量添加
- ・22℃、12 時間静置培養
- ・カードをレードルで掬い、ポリプロピレンのガーゼに包んで棒に括り付け、22℃、湿度 70% の条件で 6 時間静置（歩留まり 30%程度、2100g 前後）
- ・プラスチックカップに 70g ずつ充填し、4℃で保管
- ・冷凍解凍条件は、-20℃→4℃（冷凍 2 日間、解凍 2 日間）
- ・解凍後、70g 容器中のチーズから離水した水の量(g)を測定

②フロマージュブランへの糖類添加試験

製造後のフロマージュブランに直接糖類を添加することにより、冷凍耐性向上を検討した。冷凍耐性を付与するとされている市販の糖類 2 種を選択し、添加試験を行った。使用した糖類を表 2 に示した。

市販のブラン 100g に表 2 の糖類をそれぞれ外比で 0、2.5、5.0、7.5、10.0w/w% 添加し、スプーンを用いてよく混合した。冷凍解凍条件は、-20℃→4℃（冷凍 2 日間、解凍 2 日間）で、解凍後に食感の確認を行った。

表 2 フロマージュブランへの添加試験に使用した糖類

商品名	メーカー名	原材料表示例	ブランへの添加量
ハローデックス	ナガセヴィータ(株)	水飴	0~10%
フジオリゴ#450	日本食品化工(株)	水飴	0~10%

(2) 液体凍結法を用いた冷凍条件の検討

食品における冷凍解凍後の離水は主に氷結晶の生成による組織の破壊に起因すると考えられており、食品の品質維持のために最大氷結晶生成温度帯（0~-5℃）を短時間のうちに通過するような凍結をすることが望ましい。そこで、急速凍結法の 1 つとしてエタノール製剤を冷媒とした液体凍結法を用いた冷凍試験を実施した。

①凍結試験における基本データの取得

液体凍結の比較試験として、業務用冷凍庫、急速冷凍庫を用いた冷凍試験をあわせて実施し、凍結時の温度推移を測定した。用いた凍結法を表 3 に示した。サンプルは市販のフロマージュブランを用いた。

また、チーズタイプの比較試験として、市販のフロマージュブラン、クリームチーズ、モッツァレラチーズを用いて、緩慢凍結と液体凍結の違いを比較した。評価は一時間流水解凍後の離水量、官能評価、外観観察で行った。

表 3 凍結法および機器の種類

凍結方法	使用機器の種類	以後の記載名
-20℃庫内凍結	業務用冷凍庫	緩慢凍結
-40℃庫内凍結	急速冷凍庫	急速凍結
-30℃液体凍結	「凍眠」(株)テクニカン	液体凍結

②地域工房による実証試験

十勝地域の乳製品製造事業者において、フロマージュブランに近いタイプで冷凍商品を検討しており、液体凍結による実証試験を実施した。検討要素として、ホエー抜き時間を変えて水分率が異なるサンプルを作成し、凍結による物性劣化への影響を調べた。評価は-20℃→4℃解凍（冷凍 2 日間、解凍 1 日間）後に官能試験を行った。

3 結果と考察

(1) 糖類添加による冷凍耐性向上の検討

①原料乳への糖類添加試験

試作したフロマージュブランの水分 (%) および pH を表 4 に示した。いずれの水分、pH も同等であった。また、冷凍解凍後の品質評価結果を表 5 に示した。

表 4 各試作サンプルの水分および pH

	対照品	トレハ	パインデックス	テトラップ
水分 (%)	75.5	74.5	75.6	75.3
pH	4.3	4.3	4.3	4.3

表 5 各試作サンプルの評価結果

	対照品	トレハ	パインデックス	テトラップ
離水量 (g)	1.96	0.40	0.90	1.18
外観	△	○	△	△
食感	×	○	△	△
甘味の程度	なし	対照品とほぼ同等	対照品よりも やや甘い 許容レベル	対照品とほぼ同等

外観 ○：均一な組織となっている △：割れはなく、やや不均一な性状 ×：割れがあり、不均一な性状

食感 ○：なめらかであり、ざらつき少ない △：若干ざらつきがある ×：ざらつきが多くぼそぼそとした食感

フロマージュブラン試作品（対照品）は、冷凍解凍により離水が認められた。試作初期段階で、原料乳にトレハロース、粉飴、水飴を添加することにより、フロマージュブラン試作品の離水量および食感は改善する傾向にあった。特に、トレハロースの効果が顕著であり、甘味の程度も対照品とほぼ同等であった。

②フロマージュブランへの糖類添加試験

各サンプルの評価結果を表 6 に示した。フロマージュブランへ糖類を後添加した場合、いずれの糖類も離水防止のためには 10.0%の添加が必要であった。いずれも甘味度はショ糖の 30%以下とされているが、甘味は付与されていた。このことから、フロマージュブランへの糖類添加は冷凍耐性向上に効果はあるが、菓子用材料等、甘味があってもよい用途に推奨されると考えられた。

表 6 糖類後添加タイプの各試作品の食感評価(合格:○)

	糖類添加量 (%)				
	0.0	2.5	5.0	7.5	10.0
ハローデックス	×	×	×	×	○
フジオリゴ#450	×	×	×	×	○

(2) 液体凍結法を用いた冷凍条件の検討

①凍結試験における基本データの取得

各凍結方法におけるフレッシュチーズの中心温度履歴を図 1 に示した。

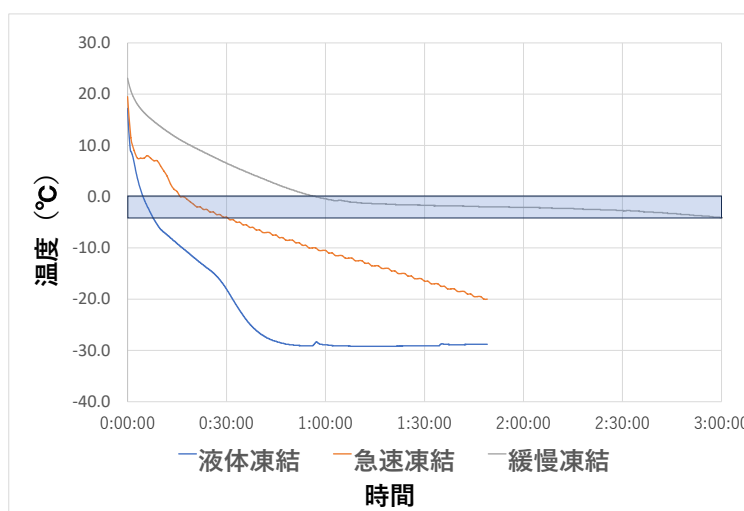


図 1 凍結方法の異なるフレッシュチーズの中心温度履歴

図 1 に示したように、液体凍結、急速凍結、緩慢凍結の順に、温度変化が大きくなっていった。また、0°C~-5°Cの通過時間（氷結晶ができやすい温度帯：図 1 の青枠の範囲）はそれぞれ、液体凍結（-30°C）：約 4 分、急速凍結（-40°C）：約 16 分、緩慢凍結（-20°C）：約 136 分であった。

液体凍結を用いた冷凍試験をフロマージュブラン、クリームチーズ、モッツァレラチーズで比較検討した。異なる方法で凍結した試料を 1 時間流水解凍したチーズについて、チーズ 70g あたりの離水量 (g) を図 2 に示した。

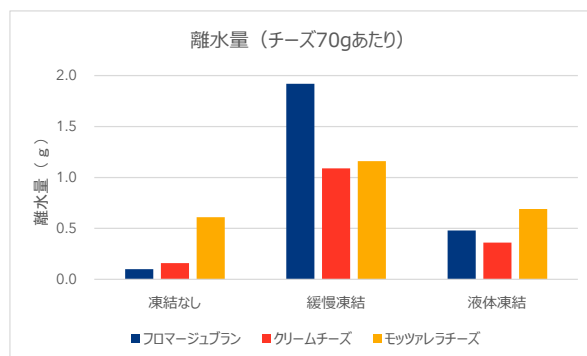


図2 凍結方法の異なる各種フレッシュチーズの離水量比較

図2の結果から、「凍結なし」でフロマージュブランおよびクリームチーズの離水はほぼ認められず、「緩慢凍結」では解凍後の離水量が大幅に増加した。また、モッツァレラチーズは「凍結なし」でもやや離水が認められた。一方、全てのチーズにおいて「液体凍結」の離水量は「凍結なし」よりも増加しているものの、「緩慢凍結」よりは改善が認められた。なお、その影響はフロマージュブランやクリームチーズにおいて顕著であった。

続いて、それぞれのチーズについて官能的品質を評価した(表7)。フロマージュブランやクリームチーズでは、「凍結なし」は均一な組織であったのに対し、「緩慢凍結」では組織が不均一で分離するような状態であった。一方、「液体凍結」では均一な状態を維持しているようであった。また、モッツァレラチーズでは、「凍結なし」において線維性が認められていたが、「緩慢凍結」では線維性がなく、ボソボソした組織であった。一方、「液体凍結」では「凍結なし」と同程度の繊維性を維持していた。

表7 凍結方法の異なる各種フレッシュチーズの官能的品質

	凍結なし	緩慢凍結	液体凍結
フロマージュブラン	均一な組織	不均一であり、分離が認められる	少しだけ分離が認められる
クリームチーズ	均一でなめらかな組織	不均一で層状に割れるような組織	やや不均一であるがなめらかな組織
モッツァレラチーズ	線維性があり、良好	線維性なく、ボソボソしている	線維性があり、良好

また、最も凍結による組織劣化が起きやすいと考えられるフロマージュブランについて、走査型電子顕微鏡 (SEM、日立ハイテク社製) にて確認した画像を図3に示した。観察した状態では、「凍結なし」は緻密な組織であるのに対して、「緩慢凍結」では、氷結晶が粗大化した形跡である「空隙」が散見された。「液体凍結」では、稀に亀裂があるものの組織は「凍結なし」のそれに近く、官能的品質の結果とも合致していた。

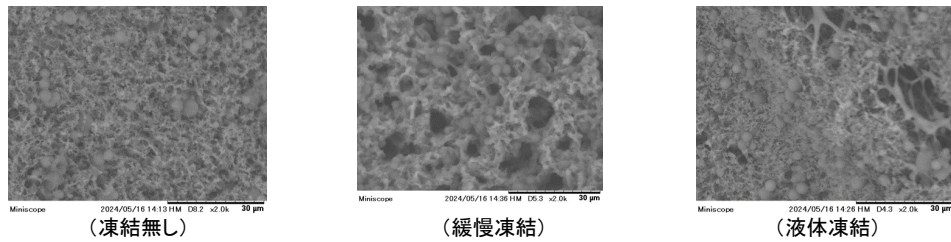


図3 凍結方法が異なるフロマージュブランの電子顕微鏡画像

②地域工房による実証試験

現在、商品化を想定している試作品（約 100g のカップ詰め）について、水分量の影響を調べた。水分含量約 70～85%の各サンプルについて、緩慢凍結、液体凍結で冷凍したところ、液体凍結の凍結速度が速く、水分率の差で凍結温度の推移に差は見られなかった。しかし、水分率が高い方が解凍時の離水は目立っており、水分率 80%未満のものは比較的、冷凍・解凍後の品質劣化が少なかった（表 8）。

表 8 水分含量が異なるサンプルの凍結試験結果

	水分(g/100g)	緩慢凍結	液体凍結
試作品(1H脱水)	83.1	水っぽいヨーグルト状	離水、塊はクリーム状
試作品(対照：1日脱水)	77.4	離水5.66g、やや組織が荒い	離水0.18g、ほぼ変化無し
試作品(自重2日脱水)	74.3	やや柔い	少し保形性が良い
市販A社ブラン	84.3	ややザラツキ	なめらか
市販B社ブラン	82.0	水っぽいヨーグルト状	離水、塊はクリーム状
市販B社ブラン(自重2日脱水)	71.8	多少粉っぽい	大差ないが比較的なめらか

4 まとめ

- ・フロマージュブランの冷凍耐性向上を目的とし、糖類添加試験を実施した。原料乳にトレハロース 1%を加えてから製造を行うと食感の劣化防止に効果が見られた。この方法は特別な設備が不要であるとともに甘みの増加もほぼ無く、有効であると考えられた。また、フロマージュブランに 10%水飴を添加混合すると甘みは付与されるが、食感の劣化防止に効果が見られた。
- ・凍結条件の比較を行ったところ、液体凍結は、凍結までにかかる時間が業務用冷凍庫（緩慢凍結）よりも短く、フレッシュチーズ凍結時の品質改善（離水、組織等）が期待できた。
- ・地域工房による実証試験として、試作品で凍結試験を行ったところ、液体凍結で品質が良く、応用が可能であった。特に水分 80%未満に脱水したものは、凍結の影響を受けにくかった。今後、地域事業者に向け技術移転を行う予定である。

5 参考文献

1) Emily Claire Mathusa, (2007). Elimination of *Listeria monocytogenes* in a Soft Cheese, Fromage Blanc, Using Processing Methods, Formulation Changes, and Additive Bacteriocin Nisin, Virginia Tech.