◇◇◇◇ 原著論文 ◇◇◇◇

雪室モデルを用いたチーズの雪利用貯蔵の有効性に関する検討

神山 伸[†], 田山 舞, 須崎奈美, 太田ひかる, 金子未来, 曾根英行

新潟県立大学 人間生活学部 健康栄養学科

Evaluation of Effectiveness of Snow Utilization for Preservation of Cheese by a Model Experiment

Shin KAMIYAMA[†], Mai TAYAMA, Nami SUZAKI,
Hikaru OHTA, Miku KANEKO, Hideyuki SONE*Department of Health and Nutrition, Faculty of Human Life Studies, University of Niigata Prefecture,
471 Ebigase, Higashi-ku, Niigata city, Niigata 950-8680, Japan*

Snow-storage room (namely yukimuro) is a cooling system that has been used to preserve foods under low temperature and high humidity conditions. In the present study, we investigated the effectiveness of snow utilization for the preservation and ripening of cheese by using a snow-storage room model, which was constructed of a low-temperature, high-humidity refrigerator with crushed ice. When a Camembert cheese was stored in a conventional refrigerator for a month, its water content was significantly decreased not only under air-exposed conditions but also sealed in a gas barrier package. In contrast, the water content of the cheese stored in the snow-storage room model was comparable to that of its initial state even under air-exposed conditions. In addition, both the Camembert and Gouda cheeses stored in the snow-storage room model had good color and texture profiles as compared with those stored in conventional refrigerator. The Camembert cheese stored in the snow-storage room model was preferred by sensory test and showed better evaluation scores regarding color, taste and texture than that stored in conventional refrigerator. Further, the Danish blue cheese stored in the snow-storage room model retained significantly high amount of odor components than that stored in conventional refrigerator. These findings indicate that the conditions in snow-storage room are suitable for preservation and low-temperature ripening of cheese.

Keywords: Snow-storage room, yukimuro, cheese, preservation, low-temperature ripening

1. 緒 言

冬季の雪を貯蔵庫内の冷房源として用いる雪室は、年間を通して低温を保つことができるため、北陸地方や東北地方などの多雪地域を中心に古くより食品の保存に用いられてきた。雪室などの雪冷熱エネルギー利用施設は電気冷蔵庫の普及により次第に消失し、平成元年では豪雪地域においてわずか3施設に過ぎなかったが、近年では、この冰雪冷熱が環境に優しい冷熱エネルギーとして見直されつつあり、平成28年には169施設に増加している [i]。雪冷熱エネルギー施設は低コストの冷蔵システムを構築することが可能であるのみならず、にんじん [1] やじゃがいも、きゃべつ [2] のよ

うな農作物では雪利用による品質向上効果が示されていることから、その65%は農産物・加工品などの貯蔵に用いられている。近年ではコーヒー [3] や小麦粉 [4]、日本酒 [5] のような加工食品においてもその品質保持および食味の改善効果が報告されており、発酵食品や畜肉などの様々な食品について雪室貯蔵の試みがなされているが、その有効性が確認されたものは必ずしも多くはない。

チーズの熟成と保存は温湿度などの保存条件や微生物などに大きく影響されることから、低温度・高湿度の条件が理想とされている。雪利用による乳製品の製造・貯蔵に関しては、ヨーグルトなどの製造や保存に雪室が用いられた例があるものの、雪利用貯蔵によるチーズの保存・熟成に関する科学的な検討はほとんどなされていなかった。チーズは種類により温度や湿度などの熟成条件が異なるが、一般的に気流のない低温高湿の環境が好ましく、高温下での熟成は微生物汚染

(受付 2018 年 4 月 6 日, 受理 2018 年 6 月 12 日)

〒950-8680 新潟市東区海老ヶ瀬 471

[†] Fax 025-368-8269, e-mail kammy@unii.ac.jp

やオフフレーバーの生成などの好ましくない影響を与えやすい。ゴーダチーズのような半硬質チーズの熟成においては酪酸菌などによる異常発酵により膨張や品質低下を招くことがあることから、温度 10℃ 程度、湿度 80% 以上で 4 ヶ月程度熟成させるのが一般的である。また、白カビ系の軟質チーズであるカマンベールチーズにおいては最適な熟成状態が重要であり、分解と劣化が極めて早いことから、高温・高湿度でカビを発生させた後は過熟成を防ぐために低温・高湿度での熟成が必要となる [6]。ここで、空調を用いない自然対流方式の雪室は低温・高湿度（室温 0~5℃、湿度 95% 以上）で気流のない安定した環境であり、発酵させるには低温ではあるものの、チーズの保存にとっては好適な条件と考えられる。そこで本研究では、室内に貯蔵した氷雪を冷房源として用いる氷室型の雪室モデルとして、内部にクラッシュドアイスを設置した 4 面冷却式の低温高湿庫を用い、これに軟質チーズであるカマンベールチーズと半硬質チーズであるゴーダチーズを 1 ヶ月保存した。そして、その品質の状態と官能検査による評価を温度・湿度に変動のある冷蔵モデルに保存したものと比較することにより、チーズにおける雪室利用の有効性を検討した。さらに、コーヒー [3] や日本酒 [5]、そば [7] などでは雪室貯蔵による香気改善効果や香気保持効果が報告されていることから、匂いの強いチーズの代表であるブルーチーズについても同様に雪室モデルと冷蔵庫に 1 ヶ月保存したものについて、その香気に及ぼす影響を検討した。

2. 実験方法

2.1 試料の貯蔵条件

氷雪型の雪室モデルとして、ホシザキ電機製の恒温高湿庫 BR-63SB（ブライン循環による 4 面冷却式）を使用し、庫内の棚の下段に雪氷による保湿および香気吸着を目的としたクラッシュドアイスを設置し、上段に試料を保存した。温度・湿度に変動のある冷蔵モデルとして、市販の家庭用冷蔵庫（MR-15R-S、三菱電機製）を使用した。保存期間中は、Thermo Recorder おんどり TR-72wf-H（T&D Corporation）を用いて、保存中の庫内の温度と湿度の変化を記録した。それぞれの庫内の温度と湿度は、試料を設置した部分にセンサーを配置し測定した。

試料は、軟質チーズとして国産カマンベールチーズ（雪印北海道 100 カマンベールチーズ、雪印メグミルク株式会社）、および半硬質チーズとしてオランダ産ゴーダチーズ（セミハードタイプ、株式会社エヌ・シー・エル、カット）の 2 種類を用い、これらの試料 100 g 程度（カマンベールチーズ：100 g ホール、直径 8 cm × 高さ 2.5 cm の円盤状；ゴーダチーズ：100 g カット、

1 辺 4.5 cm 程度の立方体）を上記の冷蔵庫あるいは雪室モデルで 1 ヶ月間保存した。包材としては、ガスバリア性のラミネート袋（チャック付 CP 平袋 140×230 mm、清和株式会社）を用い、脱気操作をしない状態でヒートシーラーによる簡易密封を行った。貯蔵終了後の試料はただちに冷凍庫に入れ、分析まで -30℃ で保存した。水分量の変化に関する検討では、カマンベールチーズを 8 等分（15 g 程度）にカットしたものを市販プラスチックカップ（200 mL 容量、ポリプロピレン製）内に入れ、No.2 濾紙で蓋をしたものを同様にして冷蔵庫あるいは雪室モデルに 1 ヶ月間保存した。香気分析に関する試料としては、デンマーク産ブルーチーズ（キャストロブルー 100 g）を用いた。包材としては、ガス抜きバルブを付けたラミネート袋（ゴリオバルブ付チャック付 CP 平袋、清和株式会社）を用い、上記と同様にして 1 ヶ月間保存した。

2.2 水分の測定

常圧加熱乾燥法により測定した。アルミ皿に細断した試料 0.5 g をとり精秤し、105℃ で 5 時間加熱した後デシケーター中で 30 分間放冷し、再度精秤した。水分減少量から 100 g あたりのチーズの水分量を計算した。

2.3 色調測定

保存後のカマンベールおよびゴーダチーズの色調をカラーアナライザー色差計（TES-135A プラス、佐藤商事製）を用いて測定した。色調は付属の校正シートを用いて白色校正を行い、色差計の絶対測定モードにより $L^*a^*b^*$ 表色系で測定した。両チーズとも表面および内部の断面を各 5 点ずつ計測した。ゴーダチーズの断面の測定には厚さ 2 cm でカットしたものの断面について測定し、カマンベールチーズでは半分に縦断したものの断面を測定した。

2.4 ガスクロマトグラフィー質量分析機（GC-MS）による香気成分の分析

それぞれのチーズに含まれる香気成分に関して、ダイナミックヘッドスペース法による香気成分の捕集と、GC-MS（QP5050A、島津製作所）を用いた分析により測定した。すなわち、細かく刻んだ各チーズ 1 g と内部標準液（0.1% 1-ブタノール）50 μ L を入れた丸底フラスコを 60℃ の恒温槽に入れて固定し、流量 50 mL/分の窒素ガスでパージしながら 10 分間加温することにより、揮発した香気成分を捕集管内に設置した MonoTrap（RGC18TD、ジーエルサイエンス製）に吸着させた。香気成分を吸着させた捕集管と MonoTrap を加熱脱着装置に設置し、ヘリウムガスを流しながら 250℃ で 10 分加熱することにより吸着した香気成分を熱脱離させた。分離カラムは DB-WAX（アジレント製、0.25 mm

×30 m, 膜厚 0.25 μ m) を用い, ヘリウム (120 kPa 定圧) をキャリアガスとして 37°C (5 分) → 200°C まで昇温 5°C/分 → 250°C まで昇温 20°C/分 → 250°C (5 分) のカラムオープン温度で成分を分離した. MS では, イオン化法: EI 法, インターフェース温度: 230°C, イオン源温度: 250°C, 分析モード: スキャンモード (m/z 29–350) により測定した. ピークの高さから香気成分量を定量するとともに, 匂いかぎによりそれぞれのピークの匂いについて評価した. それぞれの香気成分は CLASS-5000 software を用いたシミラリティ検索により同定した.

2.5 テクスチャーの評価

ゴーダチーズとカマンベールチーズのテクスチャー (硬さ, 粘着力, 凝集性, 弾力性, 咀嚼性) について, テクスチュロメーター (JSV-TEX-100, 日本計測システム製) を用いて評価した. 高さ 2 cm のそれぞれのチーズについて, 直径 20 mm の円柱プランジャーを用い, 試験速度 0.5 mm/秒, 圧縮移動距離 5 mm の条件で測定した. 負荷を与えた際の最大荷重を硬さ, 圧縮後プランジャーを引き上げた際の負の荷重を粘着力, 1 ストロークと 2 ストロークの圧縮エネルギーの比を凝集性, 最大ピークに至る変化量の 1 ストロークと 2 ストロークの比を弾力性として表した. 咀嚼性は硬さ×凝集性×弾力性で求めた.

2.6 官能評価

新潟県立大学の女子学生 40 人 (19–22 歳の健康的な女性) を対象とし, プラスチックのコップに冷蔵庫保

存および雪室モデル保存のチーズを入れ, 被験者に配布した. 2 種類のチーズを 2 点嗜好法および 5 点評価法により評価した. 2 点嗜好法では, 2 つのチーズのうち好ましいと思う方を選択し, 得られた結果について二項検定により検定した. 評価法では, カマンベールチーズとゴーダチーズでは色, 香り, 味, 菌ごたえ, 舌触り, 酸味, 塩味, 苦味, 総合評価の 9 項目, ブルーチーズでは色, すっぱいにおい, かびくささ, 刺激臭 (ツンとするにおい), アンモニア臭, 腐敗臭, 生ごみのにおい, 総合評価 (香り) の 8 項目について -2~2 点で評価した. 検定は, それぞれの項目の平均値について, t 検定を用いて行った.

2.7 統計処理

データは平均値±標準偏差として表示した. 統計処理は R プログラム (v3.1.3) を用い, 2 群は t 検定, 3 群は Tukey-Kramer 法による多重比較で行い, いずれも 5% を有意水準とした.

3. 結果および考察

3.1 雪室モデルの温度・湿度変化

実験期間中における冷蔵庫と雪室モデルの温度および湿度の変化を Fig. 1 に示す. 冷蔵庫は 2~7°C の間で大きく温度が変化していたのに対し (最高 7.3°C, 最低 1.9°C; 平均 3.5°C), 雪室モデルは 1~2°C の安定した低温を示した (最高 1.7°C, 最低 0.8°C; 平均 1.2°C). 湿度についても同様に, 冷蔵庫は 10~35% の低湿度状態にあったのに対し (最高 34.9%, 最低 8.0%; 平均 9.5%),

Fig.1 Alterations of temperature and humidity in the refrigerator and snow-storage room model used in this study. The temperature and humidity in the refrigerator and snow storage room was monitored using hygrothermo recorders.

雪室モデルは80~85%の安定した高湿度を保っていた(最高85.3%, 最低79.5%; 平均82.0%)。これらの結果から, 雪室モデルが実際の氷雪型雪室(温度0~5℃, 湿度90%以上)と類似した保存条件であることが確認された。

3.2 試料の水分量

まず, 温度・湿度に変動のある冷蔵モデルと雪室モデルにおけるチーズの保存による水分変化の状態をみるために, 水分量の多い軟質チーズであるカマンベールチーズを8等分(15 g程度)にカットしたものを, 上述の冷蔵庫と雪室モデルに開封状態(プラスチックカップに入れろ紙で蓋をしたもの)あるいは水分を通さないガスバリア性のラミネート包装で簡易密封した状態で1ヶ月間保存し, それぞれの水分変化を比較検討した。Fig. 2に示したように, 封をせずにカップ内に保存した状態では, 低湿度の状態にある冷蔵庫では初発状態の1/3以下に水分量が減少したのに対し, 湿度80%以上である雪室モデルではほとんど変化がみられなかった。一方, 水分を通さないラミネート包装で簡易密封した場合でも, 温度・湿度に変動のある冷蔵庫に保存したものは10%程度水分が減少していたのに対し, 雪室モデル貯蔵のものはほとんど水分変化がみられなかった。ここで, 今回用いた包装は真空包装ではなく, 包装と試料との間に間隙がある状態であったため, 冷蔵庫における温度の上下にともない蒸発・凝縮を繰り返すことにより結露し, 水分量の減少をもたらしたものと考えられる。したがって, 冷蔵庫においても雪室モデルと同様の温度変化のない低温を維持できる状態であれば, 初期状態と同じ水分量を維持できるものと考えられる。

Fig. 2 Water content (% wet basis) of cheeses stored in the refrigerator and snow-storage room model. Bare, stored under air-exposed conditions; Packaged, sealed in a gas barrier package. Ini, initial state; Fr, refrigerator; Sr, snow-storage room. $n=3$.

^{a, b} Different letters above bars indicate significant differences ($P<0.05$).

さらに, カットしない状態のカマンベールチーズ(ホール, 100 g)と, 半硬質チーズであるゴーダチーズ(カット, 100 g)について, 同様にラミネート包装で密封し, 温度・湿度に変動のある冷蔵庫あるいは雪室モデルに1ヶ月間保存した。カマンベールチーズでは, 雪室モデルに保存したものの水分量は $56.6\pm2.4\%$ と初発水分量($55.9\pm3.1\%$)とほとんど変化がみられなかったが, 冷蔵庫に保存したものは $41.0\pm3.9\%$ と有意に減少していた($n=4$, 初発と冷蔵庫, 雪室モデルと冷蔵庫との間で $P<0.05$)。一方, 半硬質チーズであるゴーダチーズの水分量(初発水分量 $40.0\pm1.2\%$)は, 雪室モデルで $39.5\pm0.6\%$, 冷蔵庫で $38.7\pm2.3\%$ ($n=4$)であり, いずれも有意差はみられなかった。なお, 本項目の水分量は常圧乾燥法(105℃)で求めており, 水分以外の揮発性成分が含まれることについては考慮していない。

3.3 色調

チーズは乾燥状態や熟成の状態により, 水分減少や成分変化, 微生物の発生が生じて色調の変化がみられる。3.2で用いた簡易密封状態のカマンベールチーズ(ホール100 g)とゴーダチーズ(カット100 g)について, 初発状態および冷蔵庫保存と雪室モデル保存のものの色調の違いをカラーアナライザーを用いて測定した。色調は $L^*a^*b^*$ 表色系として表すとともに, それぞれの色差(ΔE^*_{ab})を求めて評価した。Table 1に示したように, ゴーダチーズ, カマンベールチーズともに雪室モデル保存のものは初発状態のものと色差が少なかったが, 温度・湿度に変動のある冷蔵庫に保存したものは色調に大きな変化がみられた。雪室モデル保存と冷蔵庫保存との間の比較では, ゴーダチーズでは表面の色差はわずかであったが, 断面の色は著しく異なっており, 一方, カマンベールチーズについては, 断面の色差は少なかったが, 表面の色はきわめて著しく異なっていた。とくにカマンベールチーズでは上部が水分の減少により硬くなっており, 硬い部分の色は黄色みがかっていた。雪室モデル保存は水分量の減少と過熟成を防ぐことにより, チーズの色調変化を抑制することが示唆された。

3.4 テクスチャー

上述の簡易密封状態で冷蔵庫あるいは雪室モデルに保存したそれぞれのチーズの食感について, テクスチャー試験機を用いた2回繰り返し圧縮によるテクスチャープロファイル法により評価した。Table 2に示すように, 硬さと咀嚼性, ガム性に関しては, カマンベールチーズとゴーダチーズのいずれにおいても, 雪室モデル保存と初発状態との間で有意差がみられなかったが, 冷蔵庫に保存したものは両方に対し有意に高い値を示した。とくにカマンベールチーズにおいては, 冷

Table 1 L*a*b* color and total color difference of cheeses stored in the refrigerator and snow storage-room model.

		L*	a*	b*	ΔE^*_{ab}	NBS Unit ¹
Camembert (surface)	Ini	97.13±1.20 ^a	-0.12±0.19 ^a	4.01±0.33	Ini-Fr 8.63	Ini-Fr 7.93
	Fr	88.58±2.10 ^b	0.77±0.29 ^b	4.77±1.19	Ini-Sr 1.98	Ini-Sr 1.82
	Sr	98.76±0.20 ^a	-0.33±0.32 ^a	5.12±0.42	Fr-Sr 10.24	Fr-Sr 9.42
Camembert (inner)	Ini	96.21±2.36 ^a	0.13±0.49	15.55±0.60 ^a	Ini-Fr 5.14	Ini-Fr 4.73
	Fr	91.38±1.35 ^b	-1.07±1.42	16.85±0.66 ^b	Ini-Sr 2.08	Ini-Sr 1.91
	Sr	95.07±1.41 ^a	-0.07±0.73	13.82±0.24 ^c	Fr-Sr 4.88	Fr-Sr 4.49
Gouda (surface)	Ini	82.90±0.61	0.97±0.29	24.82±0.49	Ini-Fr 1.44	Ini-Fr 1.33
	Fr	81.46±2.63	0.99±0.67	24.88±1.57	Ini-Sr 0.14	Ini-Sr 0.13
	Sr	82.99±0.99	1.08±0.58	24.85±0.77	Fr-Sr 1.53	Fr-Sr 1.40
Gouda (inner)	Ini	83.66±1.60 ^a	0.17±0.22 ^a	24.76±0.90	Ini-Fr 2.94	Ini-Fr 2.71
	Fr	81.33±1.07 ^b	1.88±1.25 ^b	25.28±0.89	Ini-Sr 1.23	Ini-Sr 1.13
	Sr	84.84±0.50 ^a	0.42±0.61 ^a	24.97±0.57	Fr-Sr 3.82	Fr-Sr 3.51

Ini, initial state; Fr, refrigerator; Sr, snow-storage room model. $n=5$.

¹ NBS (National Bureau of Standards) Unit = $\Delta E^*_{ab} \times 0.92$

Critical remarks of NBS units are as follows: 0–0.5, trace; 0.5–1.5, slight; 1.5–3.0, noticeable; 3.0–6.0, appreciable; 6.0–12.0, much; 12.0<, very much.

Table 2 Texture of Camembert and Gouda cheeses stored in the refrigerator and snow-storage room model.

		Hardness (kN/m ²)	Adhesiveness (kN/m ²)	Cohesiveness (Ratio)	Springiness (Ratio)	Gumminess* (kN/m ²)	Chewiness** (kN/m ²)
Camembert (vertical)	Ini	3.86±1.40 ^a	0.11±0.12	0.56±0.08 ^a	0.64±0.06 ^a	2.22±0.80 ^a	1.47±1.03 ^a
	Fr	12.75±3.51 ^b	0.02±0.02	0.52±0.06 ^a	0.58±0.08 ^a	6.77±2.21 ^b	4.05±1.55 ^b
	Sr	3.42±1.50 ^a	0.10±0.17	0.44±0.06 ^b	0.52±0.04 ^b	1.46±0.50 ^a	0.76±0.25 ^a
Camembert (horizontal)	Ini	2.64±1.20 ^a	0.62±0.11	0.61±0.14	0.88±0.18	1.65±0.91 ^a	1.47±0.85 ^a
	Fr	9.59±4.58 ^b	0.52±0.13	0.52±0.10	0.76±0.12	5.09±3.01 ^b	3.98±2.54 ^b
	Sr	1.88±0.64 ^a	0.78±0.47	0.63±0.10	1.13±0.73	1.14±0.28 ^a	1.32±0.98 ^a
Gouda	Ini	50.67±11.49 ^a	0.25±0.16	0.70±0.04 ^a	0.84±0.08	35.15±6.63 ^a	29.55±6.18 ^a
	Fr	79.25±16.93 ^b	0.14±0.10	0.77±0.02 ^b	0.86±0.03	60.68±12.45 ^b	52.42±12.11 ^b
	Sr	49.14±5.74 ^a	0.14±0.07	0.77±0.01 ^b	0.83±0.03	37.92±4.64 ^a	31.53±4.54 ^a

Ini, initial state; Fr, refrigerator; Sr, snow-storage room model.

^{a, b} Different letters within a column indicate significant difference ($P<0.05$). $n=6$.

* hardness×cohesiveness ** hardness×cohesiveness×springiness

蔵庫保存のチーズにおける横方向（断面内部）の硬さの値は雪室モデル保存のものの5倍程度の値を示した。冷蔵庫に保存したものは水分の減少がみられたことから、それに伴い内部の硬さが増加したのと考えられる。一方、縦方向の凝集性と弾性の値は雪室モデルで初発状態および冷蔵庫保存のものよりも有意に低下しており、雪室モデルに保存したものはより軟らかい状態になっていることが示唆された。以上のことから、雪室モデルで保存したチーズはやわらかさが維持されており、温度・湿度に変動のある冷蔵庫に保存したものよりも咀嚼に必要なエネルギーも低く良好なテクスチャーであることが示された。

3.5 香気分析

以前の研究で、玄そば [7] やコーヒー [3] の貯蔵にお

いては、雪室貯蔵により冷蔵庫貯蔵と比べて香気の保持あるいは改善効果がみられることを示した。チーズにおいても同様に、雪室モデルによる貯蔵で香気保持効果がみられるかどうかを検討するため、代表的な匂いの強いチーズであるブルーチーズ（キャステロブルー）を内部から外部へのガス抜きバルブ付きラミネート包装材で簡易密封した状態で、温度・湿度に変動のある冷蔵庫あるいは雪室モデルに1ヶ月保存し、匂いかぎ付き GC-MS で香気成分を分析することにより、保存環境がブルーチーズの特徴的な香気成分に及ぼす影響を検討した。Fig. 3 と Table 3 に保存開始時と終了時のそれぞれのクロマトグラムと香気成分の定量結果を示す。雪室モデルに保存したブルーチーズでは、冷蔵庫保存ではみられなかったピークが検出されるとともに、2-ヘプタノン、2-ヘプタノール、2-ノナノン、

Fig. 3 GC-MS chromatograms of Danish blue cheeses stored in the refrigerator and snow-storage room model. Ini, initial state; Fr, refrigerator; Sr, snow-storage room model. Peak 1, methanol (etc., impure); 2, ethanol; 3, internal standard; 4, 2-heptanone; 5, 2-heptanol; 6, 2-nonanone; 7, 8-nonen-2-one; 8, 2-nonanol; 9, methyl decanoate; 10, 2-undecanone; 11, butyric acid; 12, hexanoic acid.

Table 3 The amounts of odor components detected in Danish blue cheeses stored in the refrigerator and snow-storage room model.

	Ethanol	2-heptanone	2-heptanol	2-nonanone	8-nonen-2-one
Ini	0.16±0.10	0.31±0.10 ^a	0.21±0.04 ^a	3.29±0.20 ^a	0.45±0.03 ^a
Fr	0.20±0.02	0.20±0.04 ^a	0.39±0.05 ^b	1.63±0.14 ^b	0.21±0.01 ^b
Sr	0.37±0.35	0.66±0.07 ^b	0.69±0.02 ^c	3.18±0.47 ^a	0.42±0.06 ^a

	2-nonanol	Methyl decanoate	2-undecanone	Butyric acid	Hexanoic acid
Ini	0.30±0.03 ^a	0.17±0.02	0.67±0.07	0.52±0.36	0.32±0.22
Fr	0.24±0.02 ^a	0.25±0.04	0.36±0.01	0.64±0.43	0.33±0.19
Sr	0.52±0.06 ^b	0.36±0.17	0.70±0.33	0.27±0.17	0.13±0.10

The amounts of odor components are showed as the ratio to the intensity of an internal standard. Ini, initial state; Fr, refrigerator; Sr, snow-storage room model. $n=3$. ^{a, b} Different letters within a column indicate significant differences ($P<0.05$).

8-ノネン-2-オン、2-ノナノールのようなブルーチーズに特徴的な香気成分が有意に多く検出された (Table 3). ノイズで正確に分析できなかった分析開始後4分までの部分を除く香気成分の総量 (全ピーク面積の合計量) は、初発状態が 10.1 ± 0.5 , 雪室モデルが 11.9 ± 2.4 , 冷蔵庫が 7.2 ± 0.8 であり (内部標準比, 雪室モデルと冷蔵庫との間のみ $P < 0.05$), 雪室モデルで香気成分が残存していることが確認された. 保存条件の差による品質の違いに加え, この実験で用いた包装はガス抜きバルブが付けてあり, 外部の気体は通さないものの内部からは外部に抜けることができるため, 高湿度で温度変化のない雪室モデルは本実験で用いた低湿度で温度変化の大きい冷蔵庫よりも香気の保持効果において優れていたものと考えられる. また, 初発状態に比べて雪室モデルに保存したものでブルーチーズの特徴的な香気である 2-ヘプタノン, 2-ヘプタノール, 2-ノナノールが有意に増加していたことは, 雪室モデルの低温状態でも1ヶ月の保存で発酵が進んだことによるものと考えられる.

3.6 官能検査による評価

これらの試験で用いたチーズの風味について, カマンベールチーズとゴーダチーズは食感と味を, ブルー

チーズは匂いを中心に, 嗜好法と評価法を用いた官能検査により評価した.

カマンベールチーズの食味に関する2点嗜好法による官能評価では, パネル40名のうち好ましいとされた判定数の合計は冷蔵庫保存が13, 雪室モデル保存が27であり, 冷蔵庫保存より雪室モデル保存のチーズが有意に好まれていた ($P < 0.05$). 一方, ゴーダチーズの判定数の合計は冷蔵庫保存が18, 雪室モデル保存が22であり, 有意差はみられなかった. カマンベールチーズとゴーダチーズの評価法による官能試験の結果を Fig. 4(上)に示す. カマンベールチーズでは, 色と味, 舌触りにおいて冷蔵庫に保存したものよりも雪室モデル保存のチーズの方が有意に好まれており, また有意差はみられなかったものの, 総合評価でも好まれる傾向がみられた. したがって, とくにカマンベールチーズのような水分の多いチーズにおいては, 温度・湿度に変動のある冷蔵庫に保存したものに比べ, 雪室モデルに保存したチーズで水分減少と過熟成が抑えられることによりやわらかく良好なチーズになることが確認された. 一方, ブルーチーズの匂いについても官能試験を行ったが, 2点嗜好法による評価は判定数の合計は冷蔵庫保存で21, 雪室モデル保存で18であり, 有意差は認められなかった. ブルーチーズの匂いについて

Fig. 4 Sensory evaluation of cheeses stored in the refrigerator and snow-storage room model.

Upper left, Camembert cheese; upper right, Gouda cheese; lower, Danish blue cheese. Each attribute was expressed on a five-point scale from -2 (bad) to +2 (good). Fr, refrigerator; Sr, snow-storage room model. Asterisks indicate significant differences ($P < 0.05$).

の評価法による官能試験の結果を Fig. 4(下)に示す。ブルーチーズでは、「すっぱいにおい」において冷蔵庫保存より雪室モデル保存のチーズの方が有意に強く感じると評価されたが、それ以外の項目では有意差は認められなかった。鼻先香による匂いの違いの評価では、1ヶ月の保存では大きな差が生じなかったと考えられ、より長期の貯蔵試験が必要であるものと考えられる。

4. 結 論

雪室モデルを用いた検討により、水分の多いカマンベールチーズでは温度・湿度に変動のある冷蔵状態に比べ、安定した低温・高湿度を維持できる雪室保存で水分の減少と色の変化が抑えられることが示された。その結果、雪室モデルに保存したチーズはやわらかい状態が維持され、また、食感だけでなく、味も含め官能的にも雪室モデルに保存したチーズが有意に好まれることが明らかにされた。また、香気に関しても、ガス抜きバルブ付き包材に保存したブルーチーズでは、温度・湿度に変動のある冷蔵庫で保存したものよりも雪室モデル保存のものでブルーチーズに特徴的な香気が多く保持されていることが示された。

本研究により、チーズの保存においても、温度変化が少なく高湿度である雪室保存が有効であることが示された。雪室は一般的なチーズの熟成庫よりは低温であるものの、チーズの熟成に好適な空気振動のない高湿度条件であることから、今後、チーズのような乳製品に対しても、雪室を利用した熟成が活用されることが期待される。

謝 辞

GC-MSによる分析にあたっては、新潟県農業総合研究所食品研究センターの小林和也先生と渡辺聡先生にご協力いただきました。深く感謝申し上げます。

References

- 1) K. Ishihara, H. Suzuki, S. Tsuchida, K. Umano, Y. Hagi, Y. Yokoyama; "Change in volatile compounds in carrot stored under snowy ground" (in Japanese). Hort. Res. (Japan), **4**, 353-357 (2005).
- 2) K. Muramatsu; "Snow storage of vegetables" (in Japanese). Bull. Hokuriku Natl. Agric. Exp. Stn., **29**, 75-94 (1987).
- 3) H. Sone, M. Oshimi, M. Ito, M. Ishiguro, T. Tsuji, K.

Kobayashi, S. Watanabe, S. Kamiyama; "Effect of snow room storage on changes in aromatic compounds of roasted coffee beans" (in Japanese). Trace Nutrients Res., **31**, 12-16 (2014).

- 4) S. Kamiyama, S. Kushihara, C. Homma, M. Hagiwara, H. Sone; "Effectiveness of snow utilization for preservation of wheat flour" (in Japanese). Jpn. J. Food Engineer., **18**, 19-24 (2017).
- 5) S. Kamiyama, A. Usui, H. Sone; The effect of snow utilization on the flavor of Japanese sake: examination by a model experiment and sensory evaluation. (in Japanese). Bull. Soc. Life Cult. Niigata, **24**, 11-14 (2018).
- 6) K. Sagara; "Ripening of cheese at low temperature and that quality" (in Japanese). Food Preserv. Sci., **22**, 251-257 (1996).
- 7) S. Kamiyama, M. Itoh, M. Oshimi, M. Takiguchi, S. Kushihara, M. Ishiguro, K. Kobayashi, S. Shimojo, S. Watanabe, H. Sone; "The efficacy of snow room (yukimuro) storage for the preservation of buckwheat grain" (in Japanese). Bull. Soc. Hum. Life Stud., **6**, 83-92 (2015).

引用 URL

- i) National Land Council of Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan. www.mlit.go.jp/common/001220015.pdf (Mar. 26, 2018)

要 旨

本研究は、人工的に雪室環境を再現した雪室モデルを用いることにより、チーズの保存における雪利用の有効性について検討した。水分の多いカマンベールチーズを温度・湿度に変動のある冷蔵庫あるいは雪室モデルに1ヶ月間保存した場合、簡易密封した状態でも冷蔵庫保存よりも雪室モデル保存で水分の減少と色の変化が抑えられることが示された。雪室モデルに保存したチーズはテクスチャーも良好であり、官能評価においても有意に好まれることが示された。また、香気に関しても、ガス抜きバルブ付きの包材に保存したブルーチーズでは、温度・湿度に変動のある冷蔵状態で保存したものよりも雪室モデル保存のもので特徴的な香気が多く保持されていることが示された。これらの結果から、温度変化が少なく高湿度である雪室はチーズの保存と熟成においても有効であることが示された。