

小規模チーズ工房における技術開発の検討 (R3)

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

1 研究の目的と概要

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 30.2% (2020 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、飲用以外にも様々な乳製品が加工されている。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、平成 13 年に 6 件であった小規模チーズ工房は令和 2 年には約 30 件となり、地域の新たな食文化の形成に寄与している。チーズ工房では個々の作り手によるオリジナルの技術がチーズに付加され、こだわりの商品として差別化が図られている。本試験ではこれらの技術を検証し、科学的なデータを取得することにより、オリジナルのチーズの特徴を明確化する。このことにより消費者への訴求力につなげ、地域におけるチーズ産業のさらなる育成を目指すものである。

2 試験研究の方法

(1) 検討課題 1：蕎麦焼酎ウォッシュによる自家製チーズの高付加価値化

規格外カマンベールチーズの付加価値向上を目的に、地域の蕎麦焼酎でウォッシュした風味の良いチーズの製造を検討した。A 工房で自社製カマンベールチーズに蕎麦焼酎ウォッシュを実施し、①対照 (ウォッシュ無し)、②蕎麦焼酎「ナキウサギ」、③古酒熟成原酒「十勝蒸溜所」(サホロ酒造(株)) 使用の 3 種で比較検討した。ウォッシュ後、10、14、21 日目に各サンプルの品質に関わるデータを取得した。評価項目は乳酸菌、カビ、酵母数の推移、表面色、pH、テクスチャー、可溶性たんぱく質、フレーバー成分とした。表面色は色差計 (日本電色工業株)、SA-4000、マンセル表色系 D65/2°、φ30mm 丸形セルを用いて測定し、白カビタイプのチーズであることから、L* (明度) を指標とした。テクスチャーはテクスチャーアナライザー TA-XT.plus (Stable Micro Systems 社製) を用い、20mm 幅のカット型プローブ (図 1) で破断した際の最大荷重を硬さの指標とした。フレーバー成分はサンプル 1g を 27mL 容サンプル管に封入し、80°C、30min 加温しながら窒素循環させ、Tenax TA (ジューエルサイエンス(株)) に捕集した揮発成分を表 1 の条件で GC-MS 分析を行った。

表 1 GC-MS 分析条件

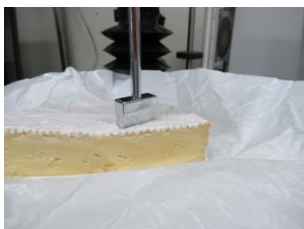


図 1 テクスチャー測定例

機器：島津ガスクロマトグラフ質量分析計 GCMS-QP2010 Plus
カラム：Rtx-5MS (30m×0.25mm i.d. 膜厚0.25µm 欄島津ジューエルシー)
キャリアガス：He、ガス圧80kPa
インジェクション温度：250°C
オープン温度：45°C(2min)→220°C(10°C/min、10min hold)→250°C(20°C/min)
インターフェイス温度：250°C

(2) 検討課題 2：十勝産ハーブ使用による自家製チーズの高付加価値化

B 工房で製造したブラン（フレッシュ）、ゴータ（セミハード）、白カビタイプチーズの風味に合うハーブを検討した。ハーブは C 社配合の①オレンジピール mix、②ナッツ mix、③ハーブ mix、④ケイジャン mix、D、E 社の⑤ローズマリー、⑥レモングラス、⑦タイム、⑧トドマツ葉、F 社の⑨ハーブソルトを検討した。各ハーブ類の菌数を把握し、必要に応じて殺菌を行った。選択したハーブとチーズで試食評価を行った。

(3) 検討課題 3：チーズの保存性向上に関する試験

G 工房ではセミハードタイプのチーズをカット後に真空包装した商品を販売している。包装後に外皮と包装面の隙間にカビが発生する場合があります、防止策として、今までに包装前の表皮をバーナーで軽く焼く、熟成中にリネンス菌液によるウォッシュを行う等の対処をしてきた。本試験ではこれらの処理が有効か検討した。サンプルは表 2 のとおりで、10℃保存にて 14、28、42 日後のカビ数を調べた。

表 2 サンプルの処理・包装条件

	リネンス菌処理	表皮バーナー焼き	脱酸素剤	真空包装
①	×	×	×	○
②	×	×	○	○
③	×	○	○	○
④	○	×	○	○

(4) 検討課題 4：熟成環境（光波長）と発酵菌の生育調査

食品に関する代表的な発酵菌、衛生指標菌を表 3 のとおり選択し、光波長による生育の影響を調べた。ナチュラルチーズは基本的に暗室で熟成させるが、熟成環境で各光源の光を照射した場合の影響を検討した。培養温度は供試菌の至適温度にあわせて 25℃または 35℃を選択し、2～5 日間培養し、コロニー数を計測した。

表 3 供試菌と光源一覧

①供試菌	②光源
<ul style="list-style-type: none"> ・ <i>Penicillium camemberti</i> (チーズ用白カビ) ・ <i>Geotrichum candidum</i> (カビ様酵母) ・ <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (酵母) ・ <i>Lactococcus lactis subsp.lactis</i> (乳酸菌) ・ <i>Bacillus subtilis var. natto</i> (納豆菌) ・ <i>Brevibacterium linens</i> (リネンス菌) ・ <i>Escherichia coli</i> (大腸菌、衛生指標菌) ・ <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (シュードモナス、衛生指標菌) 	共通：W：360mm、H：38mm、D：34mm、10W <ul style="list-style-type: none"> ・ LED白色光 (400～700nm) ・ LED-赤色光 (660nm付近) ・ LED-青色光 (440nm付近) ・ LED-UV (315～380nm)

3 結果と考察

(1) 検討課題 1：蕎麦焼酎ウォッシュによる自家製チーズの高付加価値化

①対照（ウォッシュ無し）、②蕎麦焼酎「ナキウサギ」、③古酒熟成原酒「十勝蒸溜所」ウォッシュで製造したチーズの分析結果を表 4 に示した。カマンベールチーズに蕎麦焼酎ウォッシュをした場合、無処理と比較して菌叢では表面の白カビの生育が保存 10 日目

でやや遅れ、14日目で追いつき、21日目で減少していた。これは、ウォッシュ初期に蕎麦焼酎のアルコールで生育が抑えられ、アルコールの揮発後に白カビの生育が急激に促進されたためと推測された。21日経過後にウォッシュ特有のチーズ表面の白色度の低下、チーズ内部のpH上昇、テクスチャー強度の低下が見られた。カマンベールチーズでは白カビが生産する酵素により、pHがアルカリ側に傾き、組織が滑らかに軟化することが熟成進行の目安として知られている。ウォッシュの有無については、それぞれのチーズの特性を考慮すると目標とする熟成度の範囲では賞味期限に大きな変動は無いものと考えられた。また、フレーバー分析を行った結果、21日経過においても蕎麦焼酎由来のフレーバー成分がいくつか検出された。日本酒の芳香性成分として知られているカプロン酸エチルが焼酎にも含まれ、本試験で用いたウォッシュチーズでも検出された。検出成分量としては②より③の方が高く検出された(図2)。製造者の試食評価でも②、③の風味がよく、③の方がより好ましいという結果であった。これらの結果をもとに酒類による芳香性が付与された新たなウォッシュタイプチーズの製造を検討していくこととなった。

表4 蕎麦焼酎ウォッシュチーズの分析結果

	経過日数	水分 (g/100g)	乳酸菌数	真菌数		色(外上面)	pH		テクスチャー 荷重(N)	可溶性たんぱく質 (g/100g)
				カビ	酵母	L*	外皮から 5~10mm	中心		
チーズ①	0日	42.6	$1.9 \times 10^9/g$	10^3 レベル	$2.7 \times 10^3/g$	91.3	6.1	5.5	14.5	16.8
チーズ①	10日	43.7	$1.7 \times 10^9/g$	10^7 レベル	$4.3 \times 10^7/g$	89.5	7.9	6.5	9.2	17.9
チーズ②	10日	44.6	$1.5 \times 10^9/g$	10^6 レベル	$7.8 \times 10^7/g$	83.7	7.4	6.1	5.7	17.3
チーズ③	10日	43.9	$1.4 \times 10^9/g$	10^6 レベル	$6.6 \times 10^7/g$	86.5	7.5	6.1	11.8	16.1
チーズ①	14日	43.1	$1.1 \times 10^9/g$	10^6 レベル	$1.1 \times 10^8/g$	89.5	7.6	6.1	9.0	13.2
チーズ②	14日	41.1	$1.2 \times 10^9/g$	10^7 レベル	$8.1 \times 10^7/g$	89.8	7.7	6.1	12.2	17.2
チーズ③	14日	45.3	$1.7 \times 10^9/g$	10^7 レベル	$7.4 \times 10^7/g$	85.1	7.2	5.6	11.0	18.9
チーズ①	21日	42.7	$1.3 \times 10^9/g$	10^6 レベル	$8.7 \times 10^7/g$	87.7	7.8	6.2	8.9	16.9
チーズ②	21日	45.4	$1.1 \times 10^9/g$	10^4 レベル	$4.5 \times 10^7/g$	84.5	8.1	7.4	5.6	16.8
チーズ③	21日	45.0	$1.4 \times 10^9/g$	10^5 レベル	$9.7 \times 10^7/g$	86.8	7.9	6.7	5.1	17.4

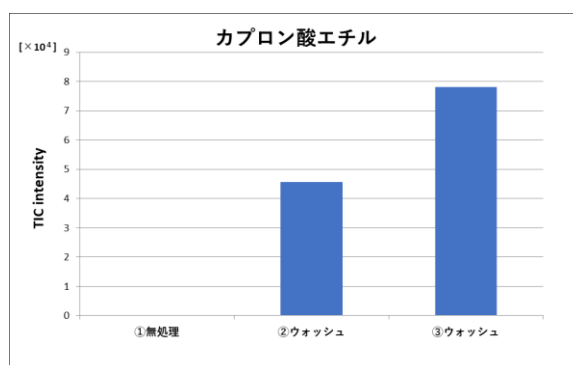


図2 蕎麦焼酎ウォッシュチーズのフレーバー成分の比較

(2) 検討課題2: 十勝産ハーブ使用による自家製チーズの高付加価値化

B工場で製造したブランに①オレンジピール mix、②ナッツ mix、③ハーブ mix、④ケイジャン mix をトッピングして試食したところ、酸味のあるフレッシュタイプでは

甘味がある①オレンジピールの風味が合っていると感じられた。ゴーダと白カビタイプチーズについては 9 名で官能試験を行った。各チーズで外観が最も好ましいもの、風味が最も好ましいものを 1 つ選択することとし、集計結果を表 5 に示した。また、画像を図 3 に示した。結果として、外観では明るい色調のカラフルな外観のものが多く選択されていたが、ゴーダでは味にコクがある②ナッツ mix、白カビタイプでは爽やかな味の③ハーブ mix の組み合わせが好まれていた。

表 5 スパイス mix とチーズの官能評価試験結果（最も良いと評価した人数）

	ゴーダ		白カビタイプ		(n=9)
	外観	風味	外観	風味	
①オレンジピールmix	5	3	0	1	
②ナッツmix	3	4	6	1	
③ハーブmix	1	1	3	5	
④ケイジャンmix	0	1	0	2	

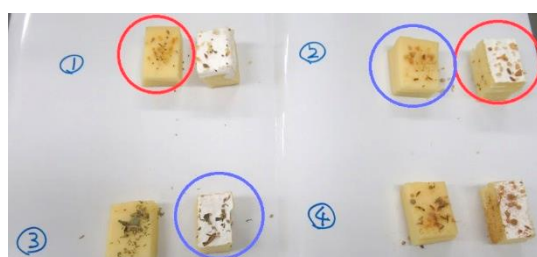


図 3 スパイストッピングチーズの外観

(左:ゴーダ、右:白カビタイプ 赤丸:外観選択の最多、青丸:風味選択の最多)

ハーブ系の素材は十勝で生産している事業所があるため、白カビタイプのチーズに合う地域素材を検討することとした。⑤ローズマリー、⑥レモングラス、⑦タイム、⑧トドマツ葉の生葉を入手し、微生物検査を行った。その結果、相当数の菌が検出され、沸騰蒸気で 15min 加熱したところ、使用レベルまで菌数が低下した。このうち、トドマツ、十勝産の市販品⑨ハーブソルトで B 工房にてハーブ入りチーズの試作を行ったがハーブの組み合わせに検討の余地があった。今後、生ハーブを収穫時に実施できる殺菌法を組み合わせ、完成度を上げていくこととした。

表 6 ハーブの殺菌前後の微生物検査結果

	原料の状態	一般生菌数	大腸菌群	真菌	
				カビ	酵母
ローズマリー	生	$5.5 \times 10^3 / g$	陰性/0.02g [※]	10 ³ レベル	$7.5 \times 10^3 / g$
レモングラス		$1.5 \times 10^7 / g$	$1.1 \times 10^6 / g$	10 ⁴ レベル	$1.3 \times 10^6 / g$
タイム		$1.7 \times 10^8 / g$	$> 3.0 \times 10^6 / g$	10 ⁴ レベル	$9.7 \times 10^7 / g$
トドマツ		$7.0 \times 10^3 / g$	$4.0 \times 10^2 / g$	10 ⁴ レベル	$1.1 \times 10^5 / g$
ローズマリー	スチーム 15min	100以下/g	陰性	100以下/g	100以下/g
レモングラス		100以下/g	陰性	100以下/g	100以下/g
タイム		100以下/g	陰性	100以下/g	100以下/g
トドマツ		100以下/g	陰性	100以下/g	100以下/g

(3) 検討課題 3：チーズの保存性向上に関する試験

各調製サンプルを真空包装後、10℃で保存し、14、28、42 日後に外皮を含めたカビ数を調べた。カビ数の結果を表 7 に示した。いずれのサンプルも保存開始時に比較して日数経過後の菌数は減少傾向にあった。しかし、保存 28 日目以降で外皮を顕微鏡で観察したところ、モールドィングに使用する布の繊維跡にカビによる変色が見られ (図 4 参照)、真空包装時に外皮と包材の間に溝状の隙間が生じている可能性があった。処理方法では表面を③バーナー加熱したものはカビ数がやや低いだけでなく、カビによる変色が抑えられ、処理として有効であった。

表 7 チーズの処理別のカビ数の推移

	経過日数			
	0	14	28	42
① 無処理	$1.2 \times 10^6 / \text{g}$	$1.2 \times 10^6 / \text{g}$	$3.2 \times 10^4 / \text{g}$	$5.0 \times 10^4 / \text{g}$
② 脱酸素剤	—	$5.8 \times 10^5 / \text{g}$	$1.5 \times 10^5 / \text{g}$	$5.6 \times 10^3 / \text{g}$
③ バーナー + 脱酸素剤	—	$1.8 \times 10^4 / \text{g}$	$2.5 \times 10^4 / \text{g}$	$8.7 \times 10^3 / \text{g}$
④ リネンス菌 + 脱酸素剤	—	$1.2 \times 10^6 / \text{g}$	$2.2 \times 10^5 / \text{g}$	$3.9 \times 10^5 / \text{g}$



図 4 真空包装チーズ外皮の変色 (左) と改善後の様子 (右)

(4) 検討課題 4：熟成環境 (光波長) と発酵菌の生育調査

各光源と供試菌の生育状況の結果を表 8 に示した。暗所と比較して各光源は赤、白色、青、UV の順で短波長になるのに従い、各菌の生育不良が発生した。チーズ熟成への応用としては酵母タイプチーズで青色光照射によりコンタミ防止が考えられた。また、*Brevibacterium linens* (リネンス菌) の光感受性が高いため、リネンス菌ウォッシュ後に白カビで覆うなどの製法で遮光性を高めたチーズが製造可能であると考えられた。

表 8 光波長がもたらす菌の生育への影響

	暗所	白色	赤	青	UV
<i>Penicillium camemberti</i>	○	○	○	△	△
<i>Geotrichum candidum</i>	○	○	○	○	×
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	○	○	△	○	△
<i>Lactococcus lactis</i>	○	○	○	○	△
<i>Bacillus subtilis var. natto</i>	○	△	○	△	×
<i>Brevibacterium linens</i>	○	×	×	×	×
<i>Escherichia coli</i>	○	○	○	△	△
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	○	×	○	×	×

○：暗所と同等、△：菌数がやや低い、またはコロニー径が小さい、×：菌数が明らかに低い、または生育無し

4 まとめ

規格外カマンベールチーズの蕎麦焼酎ウォッシュの試作品を保存期間ごとに評価した。ウォッシュ後に表面の白カビの生育にやや遅れが見られたが、賞味期限の 21 日目には熟成が進んでいた。結果としてウォッシュにより酒香が付与された風味が良いチーズができた。

各種チーズに合うスパイス・ハーブ類を選定した。その中でも白カビタイプのチーズには十勝産のハーブ類が推奨できると考えられ、今後、殺菌方法とハーブの組み合わせの完成度を上げるための検討を行うこととした。

セミハードチーズの外皮に残存するカビが包装後に変色する現象を防止するための手法として、表皮をバーナー加熱することが有効であることを確認した。

光波長が発酵に関与する菌の生育にもたらす影響を調べ、リネンス菌は光感受性が高いことがわかり、活性保持のための製造法の知見を得た。

5 参考文献 1) 米本俊一：日本醸協会誌, **112** (2) , 96-107 (2017)