

小型ガスホールチーズの製造適正化試験（平成 20 年度）

研究開発課 葛西大介

共同研究 北海道士幌高等学校

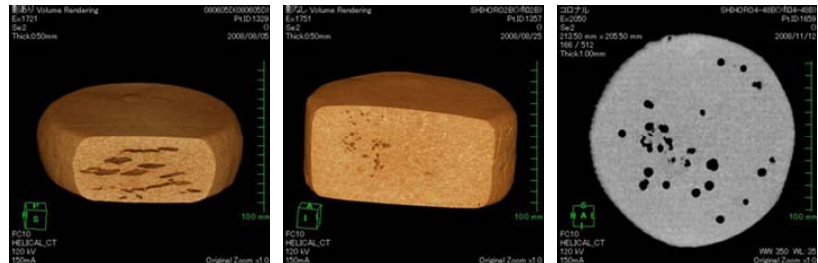
士幌町食品加工研修センター

1. 研究の目的と概要

平成 17～19 年度に実施された「文部科学省都市エリア産学官連携促進事業（一般型）十勝エリア」において、小型ガスホールチーズの開発に取り組んだ。この背景には、物産や店頭で陳列販売された場合、どの地域のチーズも外見に差はなく、消費者に試食されなければ購入に至らないという現状があり、管内のチーズを普及する上で購入意欲を訴求する差別化が求められていたことがある。その解決策としてエメンタルチーズのような外見に孔（チーズアイ）を有するチーズの開発が挙げられたが、20～100kg あるこのタイプのチーズを管内のチーズ工房が製造することは困難であるため、小型化するための技術開発を要した。都市エリア事業では、この技術開発に一定の成果（図 1）を得ることができたが、チーズ中のガスホール形成が不安定（図 2）であり、商品化には至らなかった。このため、本試験では、技術移転を目的とした製造安定化のための要因解析を行い、ガスホール形成が不安定な要因の究明と工程改善について検討した。



図 1 都市エリア事業の成果



ガスホールが裂ける ガスホールが小さい 良好

図 2 不安定なガスホール形成

2. 試験方法

(1) 要因解析図の作成

これまでの試作状況を整理し、その製造記録、分析記録、試作経験などから現行の試作チーズにおける良好なガスホール形成に影響を与えるると推測される要因を抽出し、要因解析図を作成した（図 3）。

これに基づき、挙げられた要因を一つ一つ検証し、どの要因が最も大きな影響を与えているか試験を行うとともに、エメンタルチーズの製造方法が記載された文献等と照会し、検証を行った。

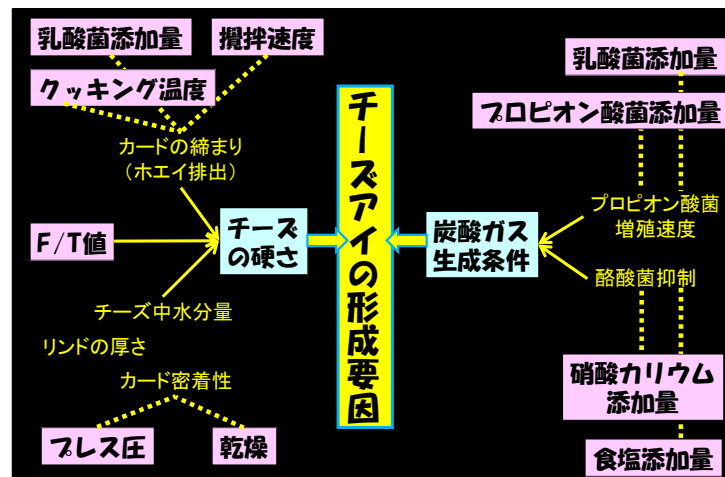


図 3 ガスホール形成の要因解析図

(2) 炭酸ガス (CO₂) 生成条件の確認

エメンタールタイプのチーズはプロピオン酸菌による乳酸の資化（プロピオン酸発酵）の際に CO₂ を発生し、これがチーズアイを形成することが知られている。このため、試作チーズが CO₂ を発生する条件を満たしているか確認を行った。

乳酸菌の添加量はプロピオン酸発酵に必要な初期（熟成開始時）乳酸量を確認することで検証した。すなわち、試験管に分注した LaNa ブイオン培地に 0~500ppm となるよう乳酸 Na を添加し、pH5.2 に調整してプロピオン酸菌の市販スターター（CH 社 PS-1）を 1.0×10⁸cfu/ml となるよう接種し、3%寒天を静かに流してフタをして 30℃にて嫌気培養を行い、ガス発生の有無を確認した。

プロピオン酸菌の添加量は実際に 2 倍の差をつけた 2 種類の添加量で試作を行い、熟成中のガスホール形成状況を CT スキャンにて非破壊的に確認した。

硝酸 K は酪酸菌抑制のため添加するが、これがプロピオン酸菌の生育に影響していないか確認するため、酪酸菌 *C.tyrobutyricum* (チーズ由来、1.0×10¹cfu/ml)、プロピオン酸菌 (CH 社 PS-1、1.0×10⁶cfu/ml)、乳酸菌 *L.lactis* (CH 社 CH-1、1.0×10⁵cfu/ml) の各々について、0~100ppm の硝酸 K を添加した 10%還元脱脂乳培地で 25℃にて 7 日間嫌気培養を行い、変法 GAM 寒天、LaNa 寒天、BCP 寒天培地にて菌数を測定した。

食塩添加量はプロピオン酸菌が比較的食塩耐性が低いことが知られているため、0~9%の食塩を添加した LaNa ブイオン培地にプロピオン酸菌（CH 社 PS-1、1.7×10⁶cfu/ml）接種し、30℃にて 7 日間嫌気培養後、LaNa 寒天培地にて菌数を測定した。

(3) チーズカードの硬さの確認

プロピオン酸菌によって CO₂ が正常に発生されている場合、ガスホールが良好なチーズアイとならない原因としてチーズカードの硬さ（柔軟性）が大きな要因と推察される。そこで、チーズカードの硬さに影響を与える工程について検討を行った。

原料乳の脂肪調整は試作したチーズの F/T（固形分中の脂肪分）値に 8%の差をつけた 2 種類の原料乳で試作を行い、熟成開始時の試作チーズを 3cm 角に成型して 25℃保湿下にて 1 時間放置後、硬さをテクスチャーアナライザー（SMS 社製 TA-XT2、Probe:25mm φ P/25A、TestSpeed:2.0mm/s、Distance:5.0mm）による押しつぶし試験にて連続 3 回測定した。

攪拌速度は主観的なものだが、早く攪拌した場合とゆっくり攪拌した場合について試作を行い、熟成開始時の試作チーズの硬さを同様に測定した。

クッキング温度は実際に 6℃の差をつけた 2 種類の試作を行い、熟成開始時の試作チーズの硬さを同様に測定した。

プレス（圧搾）は段階的にプレス圧を上げながらプレス時間に 12 時間の差をつけた 2 種類の試作を行い、熟成開始時の試作チーズの硬さを同様に測定した。

乾燥は乾燥時間に 2 日間の差をつけた 2 種類の試作を行い、熟成開始時の試作チーズの硬さを同様に測定した。

また、プロピオン酸菌以外による国産のガスホールチーズを入手し、その硬さも同様に測定し、試作チーズと比較した。

(4) 試作チーズの成分分析

F/T(固形分中脂肪分)値は脂質を酸・アンモニウム分解法、水分を常圧加熱・乾燥助剤法(105℃、4Hrs.)にて測定し、計算した。有機酸はチーズに 10 倍量の蒸留水を加え、60℃のウォーターバスで 30 分間溶解した後、ストマッカーで抽出し、遠心分離後のろ液を HPLC 法にて測定した。

3. 結果および考察

(1) 炭酸ガス (CO₂) 生成条件の確認

プロピオン酸発酵に必要な初期乳酸量を確認した結果、50ppm 以上でガスが発生した。実際の試作チーズにおける熟成中の有機酸推移（図 4 をみると、熟成開始時には既に 6500ppm 程度あり、十分量の初期乳酸量を有することが確認された。また、文献等では、エメンタールチーズの熟成開始時乳酸量はこの 2 倍程度あり、試作チーズの乳酸量は比較的少なめであるといえた。

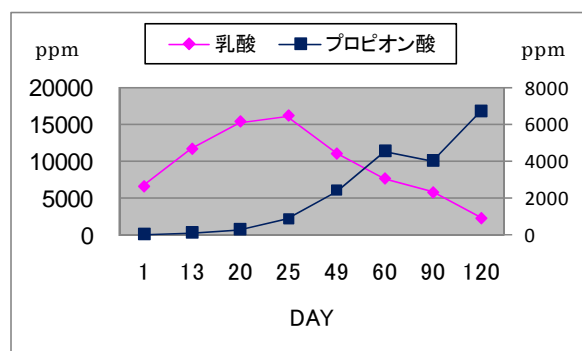


図 4 試作品の熟成中有機酸推移

プロピオン酸菌の添加量を変えて試作を行った結果、添加量が少ない場合はガスホール数が少なく、大きく成長するのに対し、添加量が多い場合はガスホール数が多く、小さな孔が無数に形成されることが確認された(図5)。このことは、良好なチーズアイを形成するためにはプロピオン酸菌の添加量は必要最小限であることが望ましいことを示唆した。

硝酸Kによる酪酸菌、プロピオン酸菌、乳酸菌の生育に対する影響を試験した結果、酪酸菌は50ppm以上で生育が抑制されるのに対し、プロピオン酸菌、乳酸菌は100ppmでも菌数が増加しており、生育に影響はないことが示唆された(図6)。このことから、硝酸Kは50~100ppmの範囲で添加する場合には酪酸菌だけを効果的に抑制し、他の菌への影響はないと考えられた。

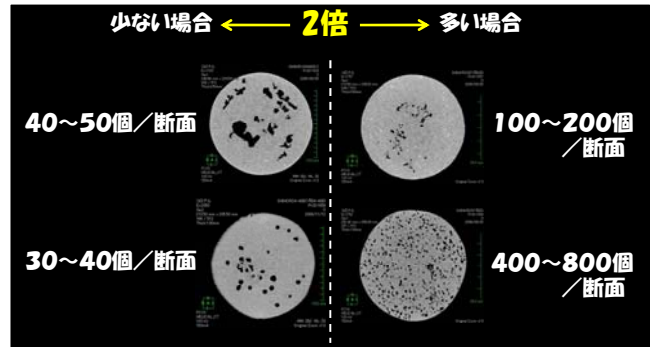


図5 プロピオン酸菌添加量の違いによるガスホール形成の違い

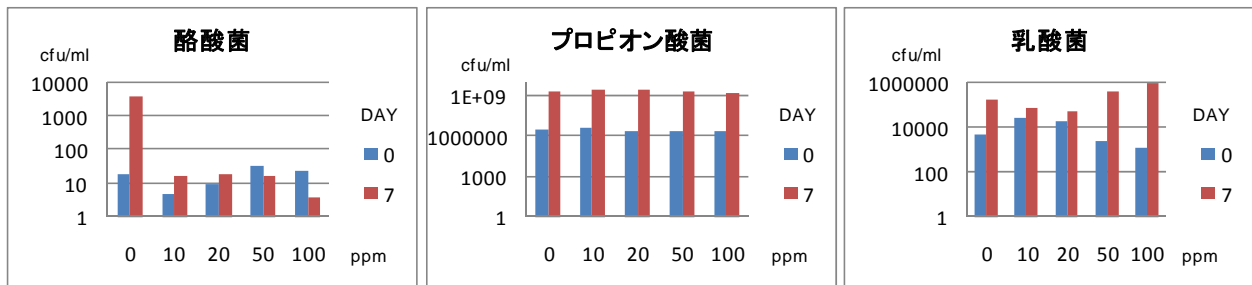


図6 硝酸Kの微生物生育への影響(抑制効果)

食塩によるプロピオン酸菌抑制効果を試験した結果、塩分6%以上で生育が抑制された(図7)。実際の試作チーズの塩分量は1.0~1.4%であり、文献等に記載されたエメンタルチーズの塩分量と差異はない。このことから、食塩添加量は良好なチーズアイ形成に影響を与える要因ではないことが示唆された。

(2) チーズカードの硬さの確認

原料乳の脂肪を調整し、試作チーズのF/T(固形分中の脂肪分)値を変えて試作を行った結果、F/T値が低い方が高い場合に比べて30%程度硬いチーズとなった(図8)。このことから、チーズの硬さを調整する際には原料乳の脂肪調整が重要な要因となることを示唆した。

攪拌速度を変えて試作を行った結果、試作チーズの硬さは試作毎にばらつきがあり、攪拌速度だけでチーズの硬さを調整することは困難であり、他の要因と密接に関係しているものと推察された。

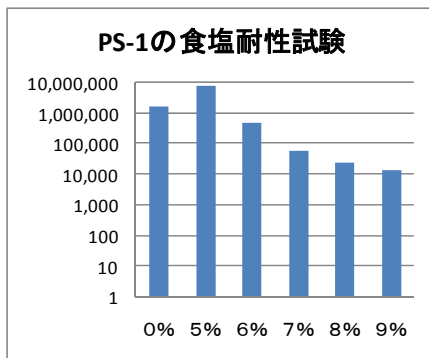


図7 プロピオン酸菌の食塩耐性

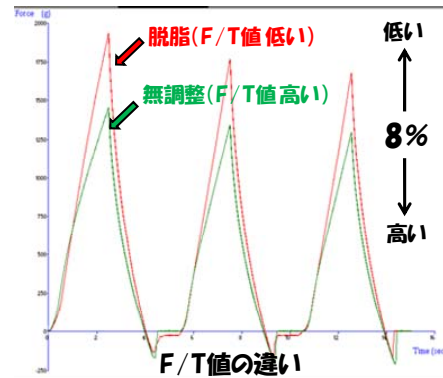


図8 F/T値の違いによるカード硬さ

クッキング温度を変えて試作を行った結果、クッキング温度が高い方が低い場合に比べて50%程度硬いチーズとなった(図9)。このことから、チーズの硬さを調整する際にはクッキング温度

が重要な要因となることを示唆した。チーズにおけるクッキング工程では温度と同様、その加温時間も大きく左右することが知られており、熱履歴として温度と時間の双方が重要な影響を及ぼすため、加温時間についても長い方がチーズが硬くなると予想された。

プレス時間及び乾燥時間を変えて試作を行った結果、試作チーズの硬さは試作毎にばらつきがあり、プレス工程及び乾燥工程だけでチーズの硬さを調整することは困難であり、他の要因と密接に関係しているものと推察された。

実際に、チーズの硬さとしてどの程度の硬さがガスホールチーズに必要なか確認するため、エメンタルチーズの硬さとの比較を検討したが、エメンタルチーズはカットして輸入販売されており、硬さを測定する大きさのサンプルを得られなかった。このため、プロピオン酸菌以外の微生物により形成されたと推察される国産のガスホールを有するチーズを入手し、試作チーズとの硬さを比較した。

この結果、試作チーズは他のガスホールを有するチーズやゴータチーズよりも硬いことが確認された（図10）。

比較したチーズはプロピオン酸菌を用いたエメンタルタイプのチーズではないため、製造工程も異なっており、一概に比較はできないが、少なくともガスホールを有する点で共通しており、そのカードの硬さが試作チーズよりも柔らかいということは、良好なチーズアイを形成するためには試作チーズは硬すぎる可能性があることを示唆した。

これらの結果から、良好なチーズアイ形成の改善策としてチーズの硬さをもっと柔らかくするために、原料乳の脂肪調整やクッキング温度を検討する必要性が挙げられた。

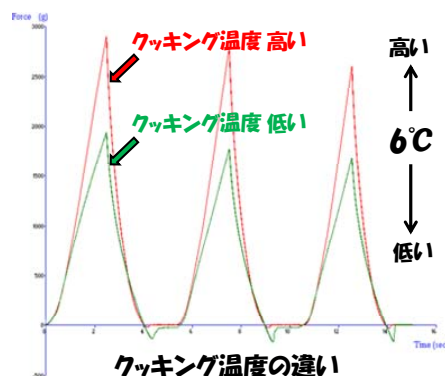


図9 クッキング温度の違いによるカード硬さ

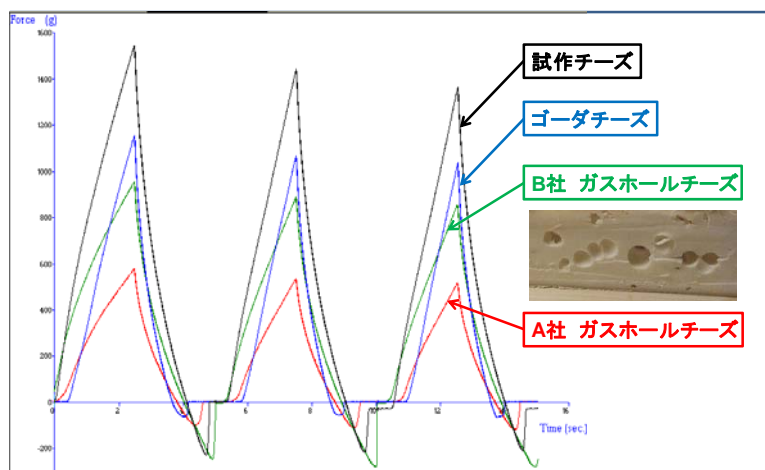


図10 ガスホールを有するチーズとの硬さ比較

4. まとめ

北海道士幌高等学校、士幌町食品加工研修センターとの共同研究により、国内では類を見ない小型ガスホールチーズの製造技術を開発することを目的に、製造安定化のための要因解析を行い、ガスホール形成が不安定な要因の究明と工程改善について検討した。

まず、プロピオン酸菌スターターのCO₂生成について、これまでの試作チーズの条件が適正か否かの検証を行った。その結果、試作チーズの製造条件に問題はないと推察された。ただし、良好なチーズアイを形成するには、プロピオン酸菌の添加量は必要最小限であることが望ましいと推察された。

次に、ガスホール形成に影響を与えると推察された熟成開始時のチーズカードの硬さについて、検討を行った。その結果、チーズの製造工程において、原料乳の脂肪調整及びクッキング温度がチーズカードの硬さに大きな影響を与えることが示唆された。

さらに、他の国産のガスホールを有するチーズを入手し、試作チーズとの硬さを比較した結果、試作チーズは他のチーズよりもかなり硬く、良好なチーズアイを形成するためには硬すぎる可能性があることが示唆された。

これらの結果から、安定的なガスホール形成のためにはチーズカードの硬さを改善する必要があり、原料乳の脂肪調整及びクッキング温度による調整を行うことで、製造技術を確立できると考えられた。現在、この成果に基づき製造条件の改善を行っており、最大 10mm 程度の良好なチーズアイの形成が確認されている（図 11）。



図 11 小型ガスホールチーズの開発の進捗状況

今後も試作を重ねて、より大きなチーズアイの形成を目指し、改善を行う予定である。

既に、北海道士幌高等学校では、消費者の購買決定プロセスを理論的に体系化した「AIDMAモデル」（図 12）に沿って、商品開発（図 13）を進めており、早い段階での商品化が期待されている。



図 12 AIDMA モデルに沿った商品開発



図 13 商品ラベル（案）

謝 辞：本試験にあたり、CT スキャン撮影をご快諾いただいた帯広畜産大学 臨床獣医学研究部門 山田一孝 教授にお礼申し上げます。