

日本独自のブラウンチーズ開発と普及について

三浦孝之*・佐藤 薫

(日本獣医生命科学大学 応用生命学部, 180-8602 東京都武蔵野市境南町 1-7-1)

The development and popularity of Japanese brown cheese

Takayuki Miura, Kaoru Sato

(Nippon Veterinary and Life Science University, Faculty of applied life Science, 1-7-1, Kyonan-cho, Musashino, Tokyo, 180-8602, Japan)

要 旨

チーズ製造で生じる大量のチーズホエイは炭水化物、タンパク質およびミネラル等が豊富であるため、廃棄処理よりも有効活用が望まれている。

ホエイの有効活用法は製造者の規模によって選択肢が分かれる。大規模生産者の場合は粉末ホエイなど高度な二次加工が可能であるが、日本のチーズ生産者の大半が中小規模であるため、大規模生産者とは異なるアプローチが必要である。私達はノルウェー発祥の「ブラウンチーズ」を参考にし、日本の生産者に適した日本独自の製造方法や機械を開発し、その普及を行なっている。本稿ではこれまでの概要とこれからの展望を紹介する。

はじめに

ノルウェーでは乳清（ホエイ）を主成分とした「ブラウンチーズ」と呼ばれる乳製品が国民食として親しまれている。ブラウンチーズは CODEX 規格で「ホエイチーズ」に区分されており、チーズ製造時に排出されるホエイにクリーム等の乳製品を混合し加熱濃縮して製造したものである。日本では「乳及び乳製品の成分規格等に関する命令（乳等命令）」に定義が無いためチーズと名乗ることができないが本稿では便宜上ブラウンチーズと表記させて頂く。

一般的なブラウンチーズの外観は茶色で煉瓦（レンガ）のようなブロック状（図 1）である。風味はホエイに含まれるミネラルの塩味と乳糖由来の僅かな甘み、キャラメルのような食感で栄養に富んだ滋味深い味わいが特徴である。食べ方はスライスして

ワッフルやトーストに乗せるのが一般的で、隠し味として料理に入れたりすることもある。

なお、原産国のノルウェーでは牛乳のホエイで作ったものをブルノスト（Brunost）、そしてヤギ乳のホエイで作ったものをイエオスト（Geitost）と呼び区別されている。さらにウシとヤギ乳を混合したものや、低脂肪タイプ、パンに塗り易いスプレッドタイプなどノルウェーのスーパーマーケットでは国民食として多種多様のブラウンチーズが並んでいる。しかも生産量の 93%以上を自国消費¹⁾しており、隣国への輸出はわずか数%に過ぎない製品である。

このように、ブラウンチーズは世界的に見てもややマイナーとも言える乳製品であるが、なぜ私達がこの乳製品に注目して日本独自のブラウンチーズの開発と普及を進めてきたのかについて概説する。

* E-mail : t-miura@nvl.u.ac.jp



図1 ノルウェー、大手メーカーのブラウンチーズ
TINE社のHPより抜粋

なぜブラウンチーズなのか、一処理に困る チーズホエイ、新たな活用を探す

チーズ生産者にとってチーズ製造時に排出されるホエイの活用は長年の課題であるが、生産規模や地域の環境によってその対策は全く異なるため、全ての生産者に共通の解決案は存在していない。また、日本のチーズ生産者は2010年以降から増加し、現在300以上ある生産者のうち²⁾、大半が中小規模という特徴があるため、(中小企業庁の定義、製造業分野の中企業は従業員数300人以下、小企業は従業員20名以下に準じる)その企業形態に沿ったホエイの活用方法が求められている。

廃棄されるホエイの活用という話題になると、アスリートや健康食品向けのホエイプロテインパウダーにすれば良いとの提案が様々な業界から聞こえるが、このような処理ができるのは主に海外の大企業数社に限られており、中小規模の生産者には全く不可能であることが世間的にあまり知られていない。また、エコフィードとして家畜の飼料にするとという提案も多く、畜産農家へ液体ホエイを安価に供給し資源の循環を図る生産者も存在しているが、液体ホエイは高張る上に冷蔵でも乳酸発酵によって品質が変化するため扱いが難しく運搬するコストも必要である。資源循環の点からも家畜飼料への応用は理想的であるが設備や立地など様々な問題があるため、残念ながら全ての生産者に出来ることではない。

生産者にとって最も簡単な処理方法は浄化槽処理であるが、チーズホエイは糖分やタンパク質などの

有機物を含んだ貴重な資源であるため、廃棄するだけでなく付加価値をつけてアップサイクルする事ができれば環境的にも経営的にも有益だと考えられる。

そのため、近年ではホエイからリコッタチーズ(「乳等命令」に基づきチーズと呼べないため、本稿ではリコッタと表記する)やホエイドリンクなど新たな乳製品への加工、あるいはドレッシング、化粧品や石鹸など様々な製品にアップサイクルして有効活用する生産者が増えており、今後もさらに広がっていくと考えられる。私達はこのアップサイクルの流れにブラウンチーズを推進しており、その理由としてSDGsの観点も大切であるが、原料乳の高騰を始めとして今後あらゆる生産コストが増加する社会情勢の中で、限られた乳原料を最大限に活用して利潤を産む手段になり得ると考えたからである。

著者は2018年にノルウェーの中小規模ブラウンチーズ生産者を視察した際³⁾、その生産者はノルウェーのセミハードチーズ(Norvegia)(図2)を製造する工程で、カードから分離したホエイを直ちにブラウンチーズ製造用の濃縮機に移し、ガス火でホエイの加熱濃縮を開始していた。

驚くべきことに現地の生産者にとってNorvegiaが副産物であり、あくまでもホエイから作られるブラウンチーズこそが主産物と考えていた。より真摯にブラウンチーズを製造している生産者の中には、Norvegiaなどのチーズを作らず、基本的には廃棄物としてチーズカードを家畜に与える生産者もいるほどである。



図2 ノルウェーのセミハードチーズ Norvegia
2018年 筆者撮影

元々山間急傾斜地隊でヤギ乳を主体としたノルウェーの独特な畜産事情から生まれた背景⁴⁾ではあるが、私自身チーズカードを廃棄することは想像したことも無かったので、まさにカルチャーショックを受けた瞬間である。

もちろん大半の生産者はチーズカードを捨てずに比較的手間が掛からない Norvegia を製造しブラウンチーズと一緒に販売している。つまり、Norvegia とブラウンチーズを作っている生産者はホエイの処理に困るどころか原料乳を余すことなく利用していることになる。

もしも、日本各地に点在する中小規模生産者が高品質なナチュラルチーズとブラウンチーズを生産販売することが出来れば、単なるホエイの処理だけではなく付加価値を付したホエイのアップサイクルアイテムの一つになり、工房経営の一助になると考えられる。

そこで私たちは、日本の生産者と市場に適した日本独自のブラウンチーズの開発に着手することにした。

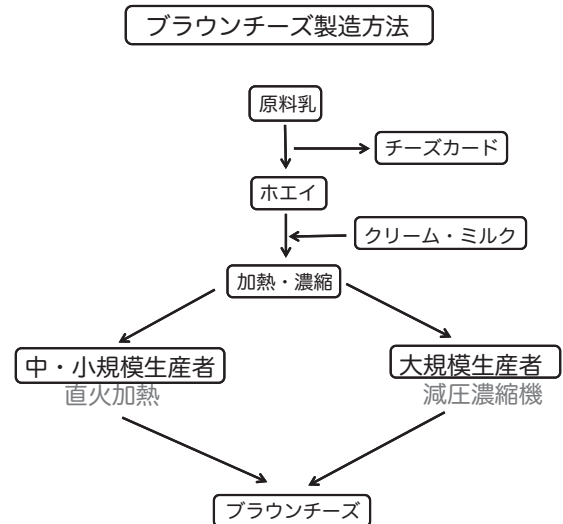


図3 ブラウンチーズの製造フロー

開発と普及における問題点

ノルウェーの大手企業は大量のホエイを減圧濃縮機で効率よく濃縮するのに対し、中小規模工場では直火で沸騰させながらゆっくりとホエイを濃縮していた (図3)。

私達は 50-100 L のチーズバットでナチュラルチーズを製造している日本の小規模生産者を対象としており、30 L 程度のホエイを直火で熱しながら製造する製法の作成にとりかかったが、この量はノルウェーの中小規模生産者よりもさらに少ない量であるため、既に予備試験の段階で以下4つの課題が存在していた。

a) 茶色くならない：ノルウェーでは小規模なブラウンチーズ工房でも 200 L の大きな濃縮機で製造していたが (図4)、日本の小規模生産者の中にはチーズバットでさえ 100 L 以下の工房が多数存在している。当然ながら大型の加熱濃縮機などを保有しておらず、せいぜい業務用のガス台と鍋を使い 10-30 L 程のホエイを根気よく煮詰めることになる。このようにして作ったブラウンチーズは色調が白っぽくなり、一般的なイメージとは程遠いばかりが、ホエイに含まれるミネラルの「塩味」を強く感じるものが出来上がる (図5)。これはホエイ量が少ないため加熱濃縮に要する総時間が短くなり、色味を形成するメイラード反応が十分に進まないことが原因である。



図4 ノルウェー、中小規模生産者の設備
 左：ブラウンチーズ濃縮機（200 L），右：チーズバット（500 L）
 2018年 筆者撮影

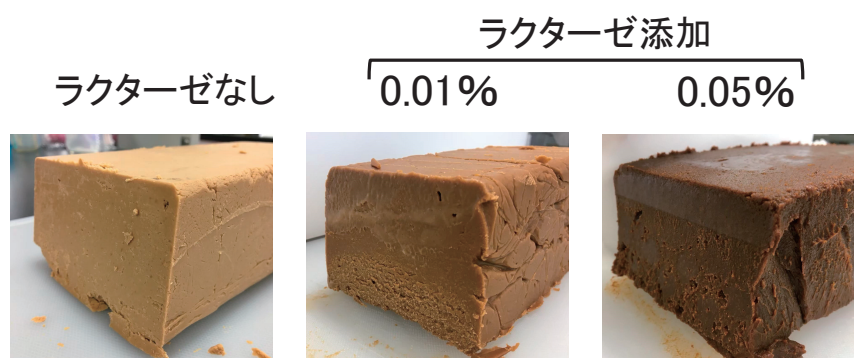


図5 ラクターゼによる色調の変化
 チーズホエイを回収後直ちに殺菌（80°C 達温）し、30°C まで冷却した。
 冷却したホエイにラクターゼを0-0.05%（w/w）添加した後、冷蔵庫（4°C）
 で18-20時間反応させた後ブラウンチーズを作成した。

b) 食経験が殆どない：ノルウェーのブラウンチーズは乳糖によるほのかな甘みとミネラルの塩味、メイラード反応物と脂肪の風味による芳醇さが特徴である。このような風味は日本で流通している乳製品に類するものが殆ど存在していないため、食経験に乏しい風味がネックとなり普及の妨げになる可能性が考えられた。

c) 乳糖結晶によるざらつき：ブラウンチーズは乳糖を30-40%も含むため、乳糖結晶化によるざらつきを抑制しなければならない。同じく乳糖結晶化が問題となるコンデンスミルクやアイスクリームなど

の製品はシーディング⁵⁾ や安定剤の工夫など結晶化を防ぐ技術が確立⁶⁾ されているがブラウンチーズの乳糖量は上記の製品に比べると高濃度であるうえ、このような固形状の乳製品のざらつきをコントロールする技術が殆ど知られていなかった。

d) 専用の機械がない：小規模生産者がブラウンチーズを作る場合、寸胴鍋など既存の調理器具を使用して製造することも可能であるが、約8時間も製造者がつきっきりになることを考えると決して現実的な方法ではない。小規模規模生産者でも設置できそうな小型の調理用ニーダー（加熱攪拌機）など既

成の調理機械の中にもブラウンチーズ製造に流用出来そうな機械は存在しているが、あくまでブラウンチーズ製造に特化した機械ではないため、共通の製造方法で技術普及するのが難しいと考えられる。

ラクターゼ処理による課題の解決

私たちは課題 a)「茶色くならない」と b)「食経験が殆どない」に対して乳糖分解酵素（ラクターゼ）を用いることで「色調」と「風味」の改善を試み、次の製法を確立した（図 6）

白っぽい色調が不可という訳ではないが、メイラード反応によって生じる茶色味と風味はブラウンチーズの重要な要素であるため、ある程度の褐色化は必要である。

ラクターゼが二糖類の乳糖（ラクトース）を分解すると、単糖のグルコースおよびガラクトースに分かれる。その結果、単糖それぞれのアルデヒド基が露呈するためメイラード反応が促進され、加熱時間が短くても茶色味が増した好ましい色調に仕上げることが可能になった。

また、乳糖の甘味度はショ糖を 1.0 とすると 0.16 しかないため、あまり甘さを感じないが、分解で派生したグルコースとガラクトースの甘味度はそれ

ぞれ 0.75 と 0.32 であるため乳糖分解したブラウンチーズはノルウェーオリジナルのものより甘味が強化されたものになっている。

ラクターゼ処理したブラウンチーズはメイラード反応の風味と強化された甘味によってミネラル由来の塩味を抑え、あたかもチョコレートやキャラメルをイメージさせる風味になった。消費者に広く普及するにあたって、食経験がない新規な風味よりも、美味しいと感じるポジティブな食経験と製品の風味がリンクすることは大変重要なことである。

現在、私達が推奨している製法ではホエイ中の乳糖をおよそ半分程度分解する仕様になっている。これはあくまでノルウェーオリジナルのブラウンチーズの外観や物性を踏襲するために構築した製法である。ホエイ中の乳糖を分解するほど甘味が増し、褐色化が進む。同時に物性は柔らかくベタつきも生じるため、一般的なブラウンチーズのイメージとは離れていくが、本来 Codex 規格でもブラウンチーズの定義は杓子定規に定まったものではなく、様々な形態のものが存在しており、砂糖が添加された甘いスプレッド状の製品も有るので分解度合いを変えることで生産者独自のブラウンチーズが製造することが可能である。

乳糖結晶の抑制

課題 c) に関しては、ブラウンチーズ中の乳糖結晶を粒径 100 μm 以下にすれば滑らかな組織になることが明らかにされている⁷⁾。私たちの実験系においてガス火を止めた後、まだ熱流動性のあるブラウンチーズをゆっくり冷却攪拌することで乳糖結晶を物理的に微細化し滑らかな食感に出来ることを見出した（図 7）。生産者の製造環境によって急速な冷却や攪拌不足など最適な条件を著しく外れると乳糖を微細化できず保存中に結晶の肥大化を誘発するため、各製造者の製造環境に適した方法や条件を探る必要がある。

なお、前述したラクターゼによる乳糖分解も結晶化抑制に有効な方法の一つであるが、乳糖を完全に分解したものは結晶が生じないものの、著しく物性

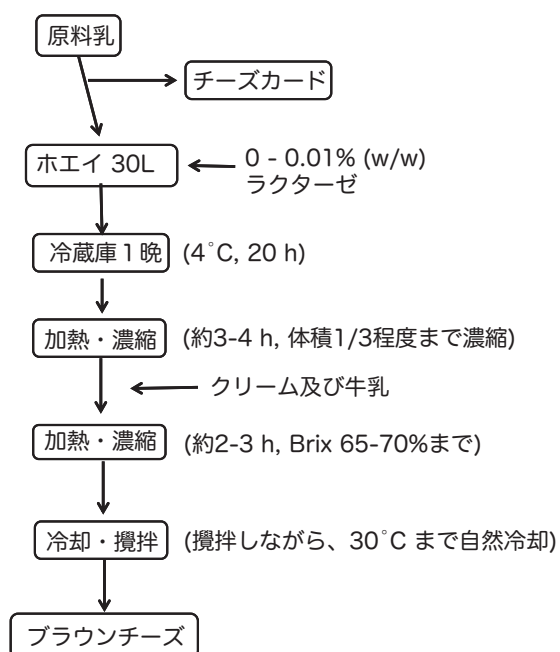
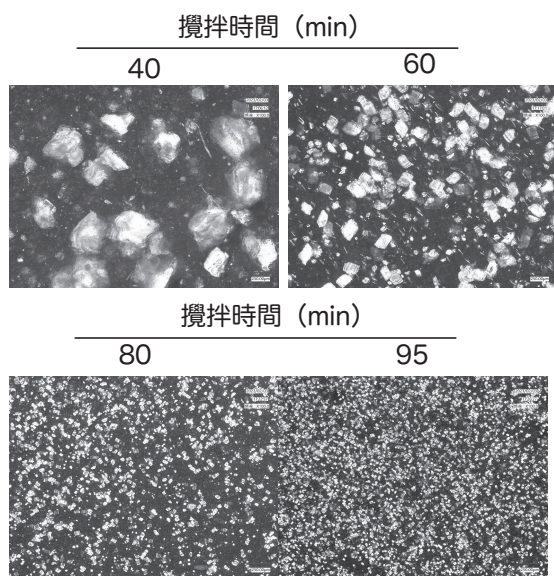


図 6 酵素分解型ブラウンチーズの製造方法



撮影・提供：食品加工研究センター 小泉次郎

図7 ブラウンチーズ攪拌工程による乳糖結晶の微細化

が柔らかくなってしまうため分解の度合いと乳糖結晶化の関係についても現在研究を重ねている。

専用機の開発

ブラウンチーズの製造方法は簡単でチーズホエイに牛乳やクリームを添加し煮詰めるだけである。しかし、実際には上述した問題に対応するため細かなノウハウが必要である。私たちが構築した基本の製法を用いていくつかの生産者が自前の鍋で製造を試みたが、上手く出来ないばかりか煮詰め作業に付きっきりになるため事業化出来ないとの意見が出ていた。これではブラウンチーズ製造に対するネガティブなイメージによって普及が難しくなる恐れがあるため、あまり手をかけずに製造できる専用の製造機を作成し、課題 d) を克服する必要があると考えた。

そこで私達は株式会社大生機設と共同で小規模製造に特化した専用の製造機を開発することに成功した(図8)。独自設計の鍋はボウル状の底面にすることで表面積と強度を増やし、ブラウンチーズをかき取るスクレーパーは常に鍋肌に密着しながら追従し焦げを最小限に抑える工夫など既存の食品製造機械に無い特徴を有しており⁸⁾、加熱中も職人が付きっきりで作業することなく、並行して他の作業が



加熱開始

濃縮終了

図8 濃縮機の外観と濃縮中の様子

出来るくらい手軽な操作性を得ることが出来た。実際の運用は2022年から始まっており、幸いなことにこの機械を使って製造したブラウンチーズが国内外のチーズコンテストで様々な賞を取得するに至っている。

終わりに

他の食品と同様にチーズも画一的な製品を大規模工場で大規模生産の方が明らかに効率的である。しかし、日本の多様なナチュラルチーズ文化は中小規模生産者によって高められ、地域経済の循環を促す重要な役割を担ってきたと考えられる。しかしながら、近年、原料乳および燃料価格の高騰などが中小規模生産者の経営を逼迫しており、あらゆる企業努力が迫られている状態である。

チーズ生産者が最高のナチュラルチーズ製造を目指すことは勿論であるが、廃棄するホエイの一部だけでもリコッタやホエイドリンク、そしてブラウンチーズなどにアップサイクルすることで、少しでも国内チーズ生産者の経営向上に繋がると考えられる。特に本稿で取り上げた日本独自のブラウンチーズは高栄養かつ自然な甘さを有しているため製菓業

界など他業種とのシナジーも期待が出来る。

もちろん、私たちが取り組んでいる技術が全ての問題を解決する訳では無いが、原料乳が豊富な外国とは違って資源の少ない日本だからこそ、生産者と消費者層と一緒にホエイが貴重な食資源であることを理解し、無駄なく高度な利活用ができる国になることを願っている。

謝辞

本研究の一部は、令和3-5年 日本中央競馬会畜産振興事業 国産チーズ・イノベーション事業（代表 佐藤薫）の一環として行ったものです。

なお、デジタルマイクロスコープによる撮影および画像を提供して頂いた酪農学園大学 食と健康学類 小泉次郎講師 ならびに北海道立総合研究所機構 食品加工研究センター 八十川大輔 博士にお礼申し上げます。

参考文献

- 1) Skeie, S., Abrahamsen, R., K. Brown whey cheese, *Cheese chemistry, Physics and Microbiology Chapter 45*, 1128-1130 (2017)
- 2) 北村徹弥, 玉井明雄, *Alic 畜産の情報*, **4**, 73 (2022)
- 3) 平成30年度国産チーズ競争力強化対策事業 独立行政法人農畜産業振興機構後援 国産チーズ競争力強化支援対策事業 海外調査事業 報告書, 一般社団法人 中央酪農会議 監修, 1-53 (2018)
- 4) 鵜川洋樹, *ノルウェーの畜産経営, 農業経営研究* **31**, 51-57 (1933)
- 5) 吉岡孝一郎, *濃縮乳製品の定義 規格 種類, 乳肉卵の機能と利用アイ・ケイコーポレーション*, 玖村郎人・他編, 94-95 (2020)
- 6) 三浦孝之, *乳製品各論 I, 乳肉卵の機能と利用, アイ・ケイコーポレーション*, 玖村郎人・他編, 73-74 (2020)
- 7) Jelen, P., Buchheim, W., *Characteristics of Norwegian whey 'cheese'*, *Food Technology* **11**, 62 (1976)
- 8) ホエイ加熱濃縮装置 特開 2024-136784