

チーズを作って、食べてみよう

チーズのサイエンス

食品生物科学研究室（担当：榎本 淳）

はじめに

チーズは身近な食品であり、みなさまの中にチーズを食べたことがない人はいないでしょう。しかし、チーズとは何であるのか正確に説明できる人は少ないと思われます。

チーズの誕生に関するアラビアの秘話を紹介しましょう。むかしむかし、アラビアの商人が新しい子羊の胃袋で作った水筒に山羊のミルクを入れ、ラクダの背にくくりつけ、旅に出かけました。ミルクを飲むために、水筒を開けたところ、そこにはミルクはなく、白い塊と透明な液体がありました。商人がおそろおそろ白い塊を食べたところ、大変おいしかったとのことです。

この白い塊は日光で温められたミルクが自然界に存在する乳酸菌と子羊の胃袋に含まれる凝乳酵素（レンネット）の作用により固まったものであり、凝乳（カード）と呼ばれ、チーズのもとになるものです。ちなみに透明な液体は乳清（ホエー）と呼ばれますが、チーズ製造時に廃棄されるものです。現在、その有効利用が研究されており、生キャラメルで有名なタレントが豚（ホエー豚）に食べさせているとの報道を見たことがある人もいるかもしれません。

[乳 + 乳酸菌 + レンネット] — ホエー = カード → チーズ

日本におけるチーズなどの乳製品の歴史も、みなさまの想像よりずっと古いものです。701年の大宝律令には乳戸と呼ばれる酪農家の仕事が記されており、酪や酥などの乳製品が作られ、貴族を中心に実際に食されていたようです。酥をさらに精製し加工したものが醍醐であると推定されていますが、現在も用いられている「醍醐味」の語源となっています。

少しくわしく

私たちは毎日、さまざまな食品を食べていますが、食べられるためにこの世に存在するものは一つもありません。しかし、ミルクは母親が子供に与えるために分泌しているものであり、食べられることを目的として設計された理想的な食品であり、子供が確実に成長するために必要な全ての成分が含まれています。たとえば、牛乳の約 3~3.5%はタンパク質ですが、それらは必須アミノ酸をバランスよく多量に含み、消化・吸収されやすい最も良質なタンパク質です。

この牛乳タンパク質のおよそ 8 割を占めるのがカゼインです。カゼインは均一なタンパク質ではなく、 α s-、 β -、 κ -カゼインが主成分とされています。牛乳中では、これらのカゼイン成分はモノマーの形ではなく、会合体（サブミセル）を形成し、さらにサブミセルはコロイド性リン酸カルシウムを仲介として、平均直径 150nm の巨大なカゼインミセルを形成しています。この際、カルシウムに対する感受性が低く、親水性の領域をもつ κ -カゼインを外側に配置したサブミセルがミセル表面を占め、逆にカルシウムに対する感受性が強く、疎水性アミノ酸を多く含む α s-カゼインと β -カゼインを主体としたサブミセルがミセルの内側に存在し、リン酸カルシウムのクラスターを仲介として結び付けられていると考えられています。このようなカゼインミセルは牛乳の pH (6.6) では全体として負に荷電しており、この荷電がミセル間の相互作用を抑え、ミセルの安定性を保っています。

それでは、牛乳にレンネットと乳酸菌を作用させると、なぜカードが生じるのでしょうか。レンネットとは生後 1~2 週間の仔ウシの第 4 胃から抽出した酵素製剤のことであり、その主要な酵素はキモシンと呼ばれています。キモシンは κ -カゼインを特異的に分解しますが、他のカゼインにはほとんど作用しません。カゼインミセルにキモシンを作用させると、ミセル表面に存在する κ -カゼインを限定的に加水分解し、親水性で負に荷電している部分（マクロペプチド）がカゼインミセルから切り離され、溶媒中に放出されます。その結果、マクロペプチドを失ったカゼインミセルは負の荷電量が低下し、水和層を失うため、カゼインミセルの凝集、さらにはゲル化が起こります。乳酸菌は乳糖から乳酸を生成する

ことにより牛乳の pH、さらにはカゼインミセルの荷電量を低下させるため、このような牛乳のレンネット凝固が促進されることとなります。なお、レンネットは伝統的に仔ウシのものが利用されてきましたが、近年、遺伝子組換えにより大腸菌や酵母、カビで生産したキモシンも開発されています。

やってみよう

【実験1 レンネット凝固】

(1) 牛乳の殺菌・冷却

市販の低温殺菌乳 (1ℓ) を鍋に入れ、75℃、15 秒間加熱殺菌した後、36℃まで冷却する。

(2) 乳酸菌の添加

市販のヨーグルト 20g を攪拌しながら、添加する。

(3) レンネットの反応

レンネット 0.15g を 1ml の蒸留水に溶かした後に添加し、攪拌後静置する。

(4) 観察

ナイフを使い、ミルクの凝固を確認する。

(5) 切断・静置

カードをナイフで 2cm 角に切断後、静置する。

(6) 観察

カードからのホエーの排出を確認する。

(7) 試食

カードを試食し、ホエーを試飲する。

【実験2 チーズの試食】

「良薬は口に苦し」とはよく耳にしますが、どんなに体に良い食品であっても、美味しくない製品は売れません。これが理由かどうかは分かりませんが、食品科学者の多くはグルメです。ここでは実際にいろいろな種類のチーズを試食してみましよう。

チーズは【実験 1】で行ったように、ミルクを凝固させた後にホエーを排除した生鮮物

やさらにそれを熟成させたナチュラルチーズと、ナチュラルチーズを加熱溶融し乳化して作ったプロセスチーズの2種類に大別されます。風味や熟成方法の違いから、ナチュラルチーズにはフレッシュタイプ、白カビタイプ、青カビタイプ、ウォッシュタイプ、シェブールタイプ、セミハードタイプ、ハードタイプなどのさまざまな種類がありますが、ここでは群馬県では市販されていないナチュラルチーズをご用意したいと考えております。どのようなチーズがあるかは、当日のお楽しみにして下さい。

【実験3 アジアのチーズ（パニール）の作製——酸と加熱による凝固】

(1) 牛乳の加熱

牛乳 1ℓを鍋に入れ、90℃に加熱する。

(2) 酢の添加

食酢を 40ml 添加し、攪拌後、凝固させる。

(3) カードの分離

火傷をしないように注意しながら、ガーゼでカードを分離する。

(4) 圧搾・成型

錘を乗せて、圧搾・成型する。

(5) 試食

出来上がったパニールを、1) そのまま、2) ジャムで、3) 山葵醤油で試食する。

おわりに

高校で物理、化学、生物などの理科を学んだ後、大学で講義を受けると、チーズのような身近な食品についてもよく理解できるようになります。私どもの研究室ではミルクやチーズなどのもつアレルギーや自己免疫疾患発症予防効果について研究していますが、今回の体験教室を通して、このような分野に関心を持っていただけたのであれば、幸いです。

MEMO

実験の分類：生化学、食品化学

実験の種類：酵素反応、タンパク質の酸・加熱凝固

募集人員：10人まで

所要時間：4時間程度