

日本農芸化学会北海道支部・網走大会・サブセッション

『酪農王国 北海道の牛乳の科学』

プログラム

於 東京農業大学オホーツクキャンパス（2号館 204教室）

平成19年11月10日（土）

9:30～9:50 牛乳の科学を理解するための基礎p.1

島崎敬一（北海道大学・酪農食品科学研究室）

9:50～10:35 栄養学からみた牛乳・乳製品p.5

石井智美（酪農学園大学・臨床栄養管理学研究室）

10:35～10:45 休憩

10:45～11:30 牧場から食卓まで：牛乳・乳製品製造の実際とその科学 ... p.9

元島英雅（よつ葉乳業(株)・中央研究所）

11:30～11:50 質疑応答

11:50 閉会

北海道の主要生産物の一つである牛乳・乳製品の価値を、消費する側からも生産する側からも正しく評価するための拠りどころとなるように、このセッションを設けました。対象としては特に食品や食事を扱う仕事についている方々を想定しております。牛乳を理解するためのヒントから栄養的にすぐれた面をいかに生かして利用するか、さらに安心・安全な乳製品を消費者に送り届けるための現在のシステムなどについて、コンパクトにまとめて皆さまに伝えることができるように企画しました。参加費は無料です。ぜひご来聴ください。

《演者プロフィール》

しまぎき けいいち

帯広畜産大学助教授を経て、現在は北海道大学大学院農学研究院・教授。専門はラク トフェリンなどミルクタンパク質の機能性の解明。農学博士。

いしい さとみ

酪農学園大学酪農学部食品科学科・准教授。専門は微生物学・栄養学・文化人類学。遊牧民宅で住み込み調査を行うほか、民族飲料「馬乳酒」の持つ機能性を研究。著書多数。文学修士・農学博士。

もとしま ひでまさ

よつ葉乳業(株)中央研究所・研究部長。現場にもアカデミックにも強く、数多くの新製品開発に寄与。専門は酪農微生物関係。農学博士。

牛乳の科学を理解するための基礎

島崎 敬一

(北海道大学大学院農学研究院・酪農食品科学研究室)

1. 優れた食品素材としての牛乳
2. 牛乳の理化学的な面
 - ・ 牛乳は白い
 - ・ 乳脂肪(クリーム)は浮く
 - ・ 水に溶解難い物質も分散
 - ・ 牛乳は固まる

3. 牛乳の生物学的な面
 - ・ 高い栄養価をもつ「生もの」
 - ・ 機能性成分も含む
 - ・ 牛のミルクを人が摂取すること
4. 牛乳の成分

1. 優れた食品素材としての牛乳

乳製品の代表であるバター、チーズ、ヨーグルトを考えて見ます。バターは乳脂肪で出来ており、チーズは牛乳タンパク質であるカゼインが主成分です。またヨーグルトは牛乳中の乳糖を乳酸菌が利用して乳酸にするために、やはりカゼインが柔らかく固まったものです。このように牛乳には食品の三大栄養素といわれる脂肪、炭水化物、(糖)タンパク質はもとより、ビタミンやミネラルもバランスよく含んだ優れた栄養食品です。煮てもよし、発酵させてもよし、さらに他の食材と組合せてもよしと、非常に幅広く用いることのできる食品素材です。

これらの栄養成分は本来は生まれたばかりの子の成長を支えるために必要な成分ですが、食品としての視点から見た場合に牛乳の大きな利点となっています。しかし単に栄養面だけではなく牛乳には多様な有用成分が含まれ、私たちの健康にとって大きな価値のある製品を生み出す潜在的な力を持っています。そこで、牛乳の成分組成に関する理解を深めるの一助となることを願い本稿を作成しました。

2. 牛乳の理化学的な面

(1) 牛乳は白い

牛乳の理化学的な性質を理解するために、4項目に絞って述べます。牛乳に限らず一般にミルクの色は乳白色といわれますが、これはミルク中の成分の分散状態と光の散乱が関係しています。牛乳では乳脂肪が直径 $0.1\sim 20\mu\text{m}$ の顕微鏡的サイズの粒子(脂肪球という)として牛乳中に浮遊し、さらに牛乳タンパク質であるカゼインも、脂肪球よりも小さいサイズ(直径 $0.05\sim 0.28\mu\text{m}$)の粒子(カゼインミセルという)として存在しています。このような状態をコロイド分散といいます。このような状態をコロイド分散とありますが、どちらの粒子も光の波長よりもかなり大きいために、光を乱反射してあらゆる波長の光が目に入るために白く見えます(図1)。

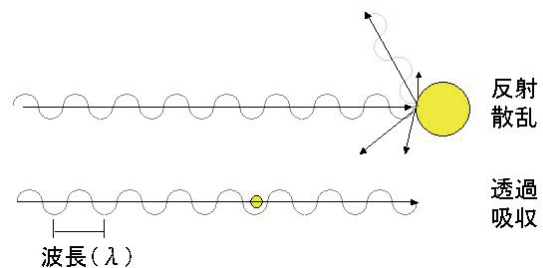


図1. 粒子サイズと光の散乱(乱反射)・吸収(透過)

(2) 乳脂肪（クリーム）は浮く

牛乳中で最も大きな粒子である脂肪球の比重は牛乳よりも小さいために、搾ったままのミルク（生乳）を静置しておくと、徐々に上の方に浮き上がってきます。この性質を利用して、機械的に大きな遠心力をかけて脱脂乳とクリームを製造しています。なお、それぞれの比重は牛乳1.027～1.035、脱脂乳1.032～1.036、乳脂肪0.93です。

(3) 水に溶け難い物質も分散

乳脂肪は水には溶けないものですが、脂肪球の周りを親水性の物質（主にリン脂質から構成される脂肪球膜）で囲んで、牛乳中に分散させています。脂肪球膜のリン脂質は牛の乳腺細胞由来です。他の食品では卵黄にリン脂質が多く含まれています。なお、油を水に分散（あるいは乳化）させる性質をもった物質は乳化剤といい、親水性の部分と疎水性（あるいは親油性）の部分の両方をもった物質です。石鹸で油汚れがとれるのも同様な理由です。

(4) 牛乳は固まる

牛乳が固まることを凝固あるいは凝乳といいます。液状の牛乳がヨーグルトとなる過程は、乳酸菌によって乳糖が消費されて生成した乳酸による凝固（酸凝固）です。食酢やレモン汁を牛乳に加えても同様に固まります。その時のpHの値は4.5～4.6ですが、さらに強い酸を加えてpHを2～3にすると再び溶解します。一方、チーズも牛乳を固めて作った製品ですが、凝固のメカニズムは酸凝固とはかなり異なります。凝乳酵素（レンネット）による κ -カゼインの分解が引き金になり、カルシウムイオンを解してカゼイン成分が結合した凝固物（カード）を作ります。その際、塩化カルシウムを添加し、さらにチーズ用乳酸菌スタータ

ーを加えてやや酸度をあげます。この乳酸菌はチーズの熟成にも関与します。なお、牛乳を凝固させた場合に残る液状の部分はホエイあるいは乳清といいます。

3. 牛乳の生物学的な面

(1) 高い栄養価をもつ「生もの」

牛乳の生物学的意義は非常に多いのですが、ここでは3点に絞ります。まず、牛乳は非常に栄養価が高く、かつ「生もの」であるために、私たちの食品としてだけではなく微生物にとっても格好の栄養源になります。そのため、搾乳から加工、流通、家庭での保存など各過程においてその取扱を衛生的に行うことには十分に注意しなければなりません。

(2) 機能性成分も含む

牛乳に限らずミルクは本来、仔牛や赤ん坊に飲ませるために分泌されるものですから、栄養成分が含まれているのはもちろん、細菌やウイルスに感染して病気にかからないようにガードして成長を側面から支援する物質も含んでいます。初乳には特に多く含まれており、免疫グロブリン、ラクトフェリン、ペルオキシダーゼがその主なもので、その他に母乳ではリゾチームも含まれています。なお、これらの組成は初乳と常乳、さらに牛乳と母乳とで大きな違いがあります。

(3) 牛のミルクを人が摂取すること

3番目の項目は、牛のミルク（牛乳）をヒトが摂取することについてです。牛乳は仔牛が飲むために分泌されるものですから、これをそのまま消化器官の未成熟な状態にある人間の赤ん坊に飲ませた場合は当然、不都合が生じます。牛乳の方がタンパク質、特にカゼイン成分が多く、またカルシウム

やリンなどの無機成分も多く含まれています。そのために赤ん坊の胃の中でカゼインが凝固する場合には硬い塊（カード）を作り、消化に負担がかかります。育児用の粉ミルク（育児用調整粉乳）ではタンパク質と無機質を減らし、乳糖を加え、さらに母乳に比較的多く含まれるオリゴ糖も加えています。さらに脂肪酸組成やタンパク質組成についても母乳の組成に近づける工夫がされており、組成の母乳化といえます。次の段階は機能の母乳化で、特に初乳に多く含まれる抗感染因子の働きを対象としています。

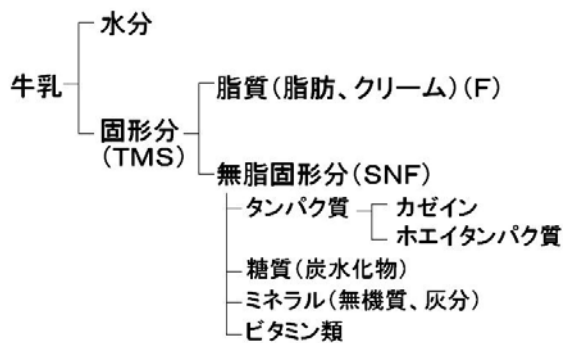


図2. 牛乳成分の分類

4. 牛乳の成分

(1) 牛乳成分の分類

牛乳に含まれている成分の大きな分類を図2に示しました。水分以外の全てを全固形分 (total milk solid、TMSと略す) といい、さらに、乳脂肪分と無脂乳固形分 (solid not fat、SNF) とに分類されます。無脂乳固形分には炭水化物、タンパク質、無機質、ビタミンなどが含まれています。ビタミンAとカロチン (カロテンともいう) が脂肪球に含まれるため、乳脂肪はやや黄色味を帯びています。水溶性ビタミンではビタミンB2が比較的多く含まれ、ホエイ (乳清) に蛍光をおびた薄黄緑色を与えています。

(2) 糖質あるいは炭水化物 (乳糖)

乳糖はミルクに特有の二糖類で、牛乳に含まれている糖質のほぼ99%を占めています。しかし、乳糖はそのままでは腸から吸収されず、乳糖分解酵素 (ラクターゼ) でガラクトースとグルコースとに分解してから体内に吸収されます。しかし私たちを含むアジア系およびアフリカ系の人々は、生まれてからしばらくの間は小腸上皮に乳糖分解酵素が分泌されますが成人になると無くなり、乳糖を消化・吸収できなくなります。そのため、摂取された乳糖は腸内細菌がもっぱら利用し、場合によっては細菌がガスを発生するためにお腹が張ったり、浸透圧が高くなるために便がゆるくなったりします。これを乳糖不耐症あるいは病気ではないのでラクターゼ欠損といえます。

(3) 乳脂肪 (脂質)

乳脂肪のほとんどは単純脂質であるトリアシルグリセロールで、グリセロール (グリセリンともいう) と様々な種類の脂肪酸がエステル結合したものです。含まれる脂肪酸の組成比によって融点など物理化学的性質が変化します。母乳では牛乳に比べて長鎖不飽和脂肪酸が比較的多く含まれています。

(4) タンパク質

牛乳のタンパク質には、酸を加えると固まる性質をもったカゼインと、上澄みに残るホエイタンパク質 (乳清タンパク質) とがあります。カゼイン/ホエイタンパク質の比は牛乳で3.7ですが、母乳では0.47と大きな違いがあります。牛カゼインには α s-カゼイン、 β -カゼイン、 κ -カゼインが主で、各カゼイン成分はさらに細分化されます。 α s-カゼインと β -カゼインはリン酸基をもつためにカルシウムイオンがあると非常

に沈殿しやすい性質をもっております。これらのカゼインは κ -カゼインに周りを囲まれてカゼインミセルを形成し、牛乳に110 mg/100 ml程含まれているカルシウムから守られています。一方、ホエイタンパク質の主なものは β -ラクトグロブリン、 α -ラクトアルブミン、血清アルブミン、免疫グロブリン、ラクトフェリン、ラクトペルオキシダーゼ、プロテオース・ペプトンです。

牛乳を煮立たせても表面に膜ができる程度で特段の変化が見られないのは、熱安定性の高いカゼインの割合が圧倒的に多いためです。しかし、ホエイタンパク質は加熱すると変性し凝固し易い性質を持っています。そのため、ホエイタンパク質の一つである免疫グロブリンが非常に多い初乳では、加熱すると豆腐のように固まります。

牛乳と母乳のタンパク質組成は非常に違っており、特に牛ホエイタンパク質で最も多く含まれている β -ラクトグロブリンは、母乳中にはありません。そのため、 α s-カゼインと β -ラクトグロブリンは牛乳アレルギーの原因物質（アレルゲン）と考えられ、卵、小麦とともに、アレルギーの症状が軽くても症例数が多い食品原料として表示が義務付けられました。

乳糖の生合成に必要な α -ラクトアルブミンが、カゼインに次いで母乳では多くなっています。さらに牛乳では100 ml当たりで1 mg程度しか含まれていないラクトフェリンが母乳にはその20倍も含まれ、2番目に多いホエイタンパク質です。ラクトフェリンの働きが解明されるにつれ、牛乳から分離したラクトフェリンを摂取してもアレルギーなど副作用を起こさず、逆に私たちの健康維持・増進にとって役立つものとして、現在、非常に注目されています。

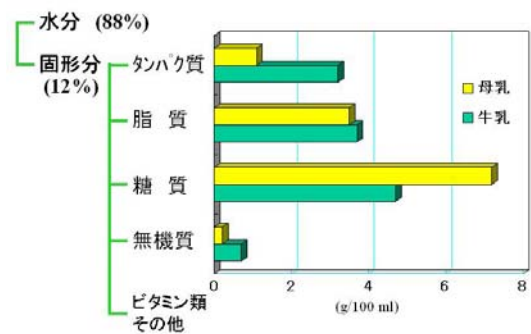


図3 母乳と牛乳の成分の比較

最後に

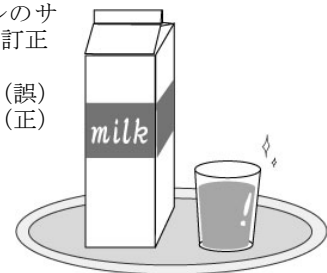
牛乳に限らずミルクについての科学的探究は19世紀後半から続けられてきましたが、全てが解き明かされたわけではありません。分析技術の進歩により、これまで知られていなかったごく微量の活性物質が発見されることもあります。また、ホエイタンパク質の中で最も含量の高い β -ラクトグロブリンでさえ、牛乳になぜ含まれているのかその生物学的意義がまだよく分かっていません。これからもミルクについての様々な知見が見出されることは確実ですが、本稿で述べた基礎的な知識があれば、現時点での牛乳の全てを理解する糸口となるでしょう。

参考図書

阿久澤ら編著「乳・肉・卵の機能と利用」ケイ・アイコーポレーション (2005)

訂正記録

- p.1 右欄 乳脂肪とカゼインミセルのサイズの単位を訂正
- p.2 左欄
ビタミン B1 (誤)
ビタミン B2 (正)



栄養学からみた牛乳・乳製品

石井 智美 (いしい さとみ)
(酪農学園大学酪農学部食品科学科)

1. 牛乳消費のはなし
～世界と日本
2. 牛乳・乳製品と食事
～日本人の食と乳・乳製品
3. 最新の乳・乳製品に関する栄養学の話

はじめに

ヒトにとって「食べること」は、生きていく上でいつの時代、どこに住んでいても欠かせない。食べることを介して、様々な国、地域に暮らす人々の素顔が見える。食べものについて、国、地域、宗教によっては数々の禁忌、タブーがあるが、乳の利用についてのタブーは少ない。それはなぜかといえば、新生児、子畜の生存に欠かせないという乳の重要性を、経験的に認識してきた経緯があるからだ。本日はそうした乳・乳製品について、栄養学を切り口にお話をします。

1. 牛乳消費のはなし (1) 世界と日本の乳利用

「主食は」と問われると日本人は「米」と答える。今後、食事の内容、形態などが変化しても、日本人が米から離れることはないと言われている。この主食という言葉は、ヨーロッパの言語には存在しない。主食を「主に継続的に食べることによって栄養を摂取出来るもの」と栄養学的に定義すると、パンは皿に残った料理のソースを拭き取るのに用いるほか、

お腹を塞ぐものであり、日本における米の役割はヨーロッパでは肉が果たしてきた。

このように「主なエネルギー源をどのような食品に求めるか」には、民族の生活する地域の状態が大きく関与してきた。ヨーロッパでは牧畜によってもたらされた肉と乳に、畑作による小麦粉が加わった食形態である。今日もバター、チーズなど乳を加工したものの消費量が多い。世界的に見ても、乳は飲用するより加工して消費される頻度が高い。

乳・乳製品の消費の背景に、文化的な視点からのアプローチが必要だ。翻って日本の乳利用を見ると、乳製品を食べるよりも乳を飲む割合が高い。2003年の統計でも生乳生産量の60%近くを飲用が占めている。これは乳との関わりの歴史が実質、明治以降に拡大した日本ならではの消費形態と言えよう。

人類の歴史において、価値の高い乳を加工することは、食糧の保存において重要な技術だったのだ。

2. 牛乳・乳製品と食事

～日本人の食と乳・乳製品

(1) 日本人の食の推移と乳製品

日本人の主食の「米」は、塩味で食べるとよりおいしさが増す。乳に対しヨーロッパ人が求めるバターに代表される脂肪の味への嗜好性も、日本人の食におけるダシなどの味を考えても、日本人はさほど脂肪の味への執着は少なかった。そうした米食に牛乳・乳製品がないままの食が日本の食であった。それが変身したのは、戦後である。経済成長に合わせて食が洋風化した。そして脱脂粉乳にはじまるミルク給食の影響である。学校給食はパンとミルクでスタートしたが、今児童に人気の学校給食メニューはお米の献立という。

学校給食を経験した世代が増えている中、「米と牛乳」という組み合わせに対し違和感が無く、合うものと考えている割合が多くなっていることが、諸アンケートから窺える。日本の食は歴史的に弾力性があり、進化していくと考える。

戦前、日本の食は煮物など野菜の利用が多かった。日本人の昭和40年代までのカルシウム補給源は野菜、小魚であった。戦後の経済成長により、蛋白質など栄養素が十分に確保され、カルシウムもあわせて西洋型の食生活の中で摂取量が増えたことで、日本人の体格も各段に向上した。戦後世代の身長が伸びたことへの、乳・乳製品の貢献は大きいのだ。

(2) カルシウムの摂取

現在カルシウムの主な補給源は牛乳・乳製品であるが、その摂取量は、「食事摂取基準2005」の掲げる目標量にまだ足り

ない。カルシウムは継続摂取が必要であるが、継続的に摂っている場合、その吸収率は緩やかになる傾向がある。そのため、カルシウム摂取量の総量を成人女性など、今後、骨粗しょう症が心配される人では1日800mgの摂取を考える必要がある。今後、1週間単位で摂取量考える栄養指導や食育が必要と考える。

3. 最新の乳・乳製品に関する栄養学の話題

(1) カルシウムの有効な摂取源としての乳製品

女性は将来の骨粗鬆の防止のためにも、若いうちからより積極的なカルシウム貯金が重要である。カルシウム摂取で牛乳を飲む利点は、吸収率が非常に良いことだ。牛乳のカルシウム吸収率は40%、小魚は33%、野菜は19%である。食品成分表に記載されているカルシウムの数値は食品としての数値で、腸管に入ってから吸収という面からも、カルシウム摂取を考えて行かなければならない。

体内でカルシウムが多く蓄積されている骨は、非常に固い組織という印象があり、そこで代謝が起きているとは思われないが、日々変わっている。骨の壊れたカルシウムは尿中に排出され、食べものから摂取されたカルシウムで、新しく骨がつくられている。人体は食事などからカルシウムを継続的に摂っていると、腸管での吸収は緩やかになり、不足気味の際は吸収率が上がるという、絶妙な消化吸収のメカニズムを持っている。そうしたメカニズムゆえに、牛乳も、継続的な飲用が必要になってくる。

今日、朝食の欠食、食事内容の貧弱化、

好きなものだけ食べるなど、食に関わる問題は多い。それゆえ言い続けられてきたことであるが「食事に牛乳を1本加えることで、栄養摂取が大きく改善されること」、「牛乳はカルシウムの吸収効率が良い食品であること」の2点を、世代に合った説明方法で確実に伝えていくのが重要だ。そして牛乳を飲む上で、どのような時間に飲むと人体への各種の働きがより良いかといった知識も、広く共有されて行くべきだと考える。

まずは毎日の食生活においてカルシウム摂取の総量を上げることが必要である。高齢化社会が進行する日本で誰もが出来ることとして、食卓に調理など手を加える手間が無く、素早く食べることの出来る牛乳、乳製品が登場する機会を増やすことだ。学校給食から離れた世代の牛乳ばなれを防ぐことも急務である。

(2) ヨーグルトのはなし

乳を微生物によって発酵させたものを発酵乳と総称し、日本ではヨーグルトと呼ぶことが多い。このヨーグルトの語源はトラキア語の「ヨグ」腐ったという意味と、「ルト」乳であるといわれている。マッツォーニ、スメタナなど、民族、地域によって多彩な呼称を持つ。

モンゴル遊牧民は下痢をした場合、「タラグ(ヨーグルト)を食べて腸の中を(良く)変える」としている。

今年ロシアのメチニコフ博士が、ヨーグルトを『楽観論者のエッセイ』で「不老長寿の妙薬」と紹介して100年目であ

る。メチニコフ博士は、人の老化に、腸内の腐敗菌の出す毒素が関係しているのではないかと考えて研究を行った。現在注目されている腸内細菌叢研究の先駆者なのだ。今日、日本ではヨーグルトの持つ「3次機能」が注目され、右肩上がりの消費が続いている。食べものの中に健康に関与する成分が含まれていることは、効果が微弱でも注目すべきことだ。

ブルガリアではヨーグルトのことを「一番効き目の弱い薬」といっている。ブルガリアのヨーグルトの消費量は1日ひとりあたり約500gである。

(3) プロバイオティクス効果

近年、ヨーグルトが腸内細菌叢に望ましい効果を与えるのは、1日100gを摂取することで期待出来ると言われている。外科手術前に患者が継続してヨーグルトを摂ることで、「手術の予後が良い」、「早く傷口が塞がる」などの具体的な効果が医療の場から報告されている。さらにヨーグルトを食べると腸管を介して免疫力が上がり、以前に比べて抗生物質の投与量が半減したと言う。

最近入院が決まった人に、自宅でヨーグルトを食べて入院してもらおう指導をしている病院もある。ヨーグルトの喫食は、抗生物質の効かない耐性菌を押さえるためにも安全で有効な手段なのだ。ヨーグルトなど各種発酵乳製品には、まだ我々の知らない機能が眠っているかもしれないのだ。

memo



牧場から食卓まで 牛乳・乳製品製造の実際とその科学

元島 英雅

(よつ葉乳業株式会社 中央研究所)

- 1. はじめに
- 2. 牧場から
- 3. 乳業工場での製品の製造
- 4. 牛乳の製法
- 5. 牛乳に関する良くある質問
- 6. まとめ

1. はじめに

日本の生乳生産量は年間 830 万トンです (平成 17 年度)。そのうち、474 万トンは飲用向けに加工されます。飲用向けの国内自給率は 100%です。残りは粉乳やバター、クリーム、チーズに加工されます。日本の乳製品需要量は生乳に換算すると 1214 万トン相当分あり、乳製品全体での自給率は 68%に過ぎません。不足分はチーズや粉乳、バター等として輸入されています。残念なことに、生乳生産の基盤となる家畜飼料も大部分が輸入に依存しており、平均自給率は 25%にすぎません。北海道は生乳を 388 万トンを生産し、餌の自給率も 55%と高く (都府県 16%)、正に酪農王国といえます。現在は、さらに自給飼料を増やす取り組みがなされています。北海道で生産される生乳は、54 万トンが牛乳として直接飲用され、それ以外の大部分は粉乳やバター、クリーム、チーズとして加工されます。また、41.5 万トンは生乳のまま本州に出荷されます。北海道には 8,600 戸の酪農生産者がおり、一戸当たりの平均乳牛数は 100 頭です。本講演では、北海道で生産される生乳が乳業工場でどのように加工されているのか、その製造の実際と科学的背景について簡単

に説明し、特に飲用に供される「牛乳」の製法を中心に紹介します。

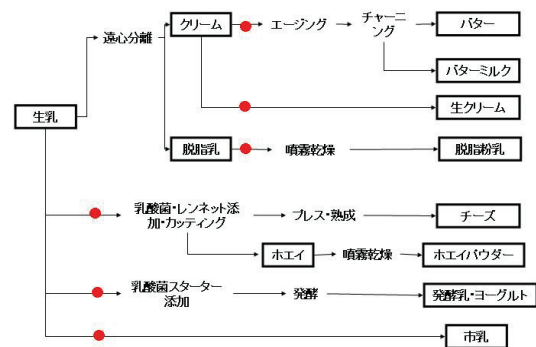


図1 生乳が乳製品になるまでの基本的な流れ ●殺菌

2. 牧場から

搾乳は一日に2回が一般的で、朝と夕方に行われます。搾乳前に酪農家自身が個々の乳牛の乳に異常がないかをチェック後、ミルクラーと呼ばれる自動搾乳機械で搾乳します。搾乳された生乳はバルククーラーと呼ばれる農家ごとにあるタンクに冷却保管されます。一般に毎日、あるいは隔日で、ミルクローリー車で乳業工場に運搬します。積み込む前に、運転手が乳温、外観、比重、風味、アルコール検査、残留抗生物質の迅速チェックなどの庭先検査を行い、異常な乳が混入するのを防止します。

3. 乳業工場での製品の製造

工場でも、再度、さらに厳密な受け入れ検査を行って異常乳でないことを確認後、ローリー車から貯乳タンクに生乳を受け入れられます。工場では、食品衛生法第7条の3第1項に基づき、総合衛生管理製造過程（HACCP）を経て図1のような流れで各種製品を製造しています。北海道の生乳の約75%は、主に粉乳、バター、クリーム、チーズなどに加工されます。脱脂乳の場合、生乳をクリームセパレーターと呼ばれる遠心分離機で、脱脂乳とクリームに分離し、脱脂乳は殺菌、濃縮後、噴霧乾燥して粉乳に加工されます。一方、クリームは、殺菌し、そのまま生クリームとして販売されるとともに、バターの原料となります。バターは連続バターマシンと呼ばれる装置で作られますが、その原理は、昔ながらのチャーニングと同じです。チーズは、生乳を殺菌後、乳酸菌スターターとレンネットと呼ばれる凝乳酵素を添加し、凝固したカードを型に詰めて成型し、熟成して製造します。日本では3万4千トンほどのナチュラルチーズが製造されていますが、大部分は北海道産です。そのうち2万1千トンはプロセスチーズ原料となっています。

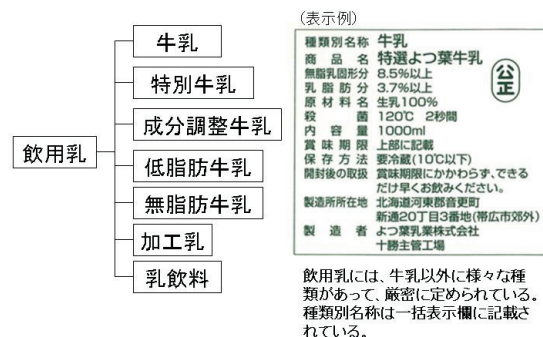


図2 飲用乳の種類

4. 牛乳の製法

(1) 表示

「牛乳」の定義や表示方法は、食品衛生法、JAS法などで基準が定められており、いわゆる飲用乳には種類別「牛乳」「特別牛乳」「成分調整牛乳」「低脂肪牛乳」「無脂肪牛乳」「加工乳」「乳飲料」の区分があり、容器の一括表示欄に記載されています(図2)。

(2) 製法

一般的な「牛乳」の製造では、生乳は、フィルターで濾過後、クラリアファイヤーという遠心分離機で細かい異物（細かい砂塵など）が除去されます。50℃前後まで加温し、ホモジナイザー（均質機）という装置を通します。これは、ピストンポンプのような構造をしていて、牛乳に含まれている脂肪球を細かく砕いて小さな脂肪球に変化させ、流通している間に脂肪球が浮いて分離しないようにします。密閉系で行われるので、脂肪が酸化されるといったことは起こりません。次に、120℃～130℃、2秒程度の殺菌（UHT殺菌）を行います。冷却後、これを無菌タンクに入れて、紙パック充填機で充填します。最後に金属探知機を通して、金属異物が混入していないことを確認します。最後に製品検査を行ってから販売されます。一般の牛乳はほとんどがUHT殺菌乳ですが、63℃30分の殺菌をした低温殺菌乳や、72℃15秒殺菌のHTST牛乳などもあります。

5. 牛乳に関する良くある質問

(1) 何故、牛乳は殺菌する必要があるのか

残念なことに、自然界には、結核、サルモネラ症などヒトにも乳牛にも感染できる様々な人獣共通感染症菌が存在します。そ

のため、乳等省令で、感染した乳牛から搾乳してはいけないことになっておりますが、実際問題として、牛が発病してからでなければ感染が分かりませんので、常に生乳にこのような病原菌が混入する潜在的なリスクがあります。そのため、多くの国で、生乳の一般販売は禁止されています。

生乳中の病原菌を安全な程度まで減少させるのに必要最低限の殺菌条件は日本を含め、国際的に63℃30分以上の加熱、あるいは72℃15秒以上の加熱をすることになっています。この必要最低限の殺菌条件は、生乳に含まれる可能性がある病原菌の内で耐熱性が高いQ熱病原体（コクシエラ・バーネッチ）が十分減少する条件とされています。市販されている牛乳は、「特別牛乳」などの特殊な例を除き、この条件以上の殺菌が行われていますから、万一、原料の生乳が病原菌に汚染されていても安全が確保されています。また、実際の製品検査では、結核菌やQ熱病原体の検査を行うのではなく、検出が容易な大腸菌群を衛生性の指標として行います。表1に、乳等省令に示されている牛乳の一般的な殺菌条件を示しました。このような加熱殺菌は、他の乳製品においても製造工程の一部で、必ず行われています（図1）。

名称	通称	殺菌温度	保持時間
低温長時間殺菌法	LTLT法 Low Temperature Long Time	63℃	30分
高温短時間殺菌法	HTST法 High Temperature Short Time	72℃	15秒
超高温殺菌法	UHT法 Ultra High Temperature	120~150℃	1~3秒

※変則的に75℃15分

表1 牛乳の殺菌法

（2）何故、日本には低温殺菌乳やHTST牛乳が普及していないのか？

よくある誤解に、海外の牛乳はHTST殺菌が主流なのに、日本の牛乳はUHT殺菌ばかりで、必要以上に加熱しているという意見があります。北海道で生産されている生乳は世界的に見ても最高品質ですが、実はそのような生乳を用いて低温殺菌乳やHTST牛乳を製造しても、あまり日持ちがしません。これは、日本が非常に温暖であると同時に、法定流通温度が10℃と比較的高いため、製品劣化が早く、広域流通するのが困難であることが主な理由です。

（3）UHT牛乳とHTST牛乳

牛乳パッシングの本などで、UHT牛乳は過剰な殺菌をしているので、タンパク質が変性しており、牛乳に含まれる酵素なども失活して体に良くないということが書かれています。確かに、酵素はUHT殺菌の加熱条件でほぼ失活します。一方、HTST牛乳では、タンパク質の熱変性が僅かですので、酵素や抗体がある程度活性をたもったまま残存します。しかし、当然ながら、酵素や抗体はタンパク質でできていますので、食べると消化吸収されてしまい、生体内で機能を有するというわけではありません。

（4）ESL製法とは

近年、乳業に導入された新技術としてはESL充填技術があります。従来、牛乳はUHT殺菌により、ほぼ無菌的ではありましたが、チルドで流通すれば良いということもあって、十分な無菌充填ではありませんでした。そこで、設備や包装資材の無菌化、無菌充填技術などを総合的に向上させることで、開封しないかぎり、冷蔵下で高い品質を維持したまま、賞味期限延長が可

能となりました。

(5) 開封後はどの程度もつのか？

通常の牛乳は、UHT殺菌しているため、開封前は、ほとんど無菌に近いのですが、ひとたび開封すると、空気中の細菌が混入します。特にシュードモナス属などの低温菌が混入した場合には、冷蔵であっても急速に劣化し、牛乳に古臭、薬品臭などの異風味が付きます。開封後は冷蔵していても、賞味期限に関係なく劣化が始まりますから、早めに消費することをお勧めします。冷蔵庫を過信してはなりません。

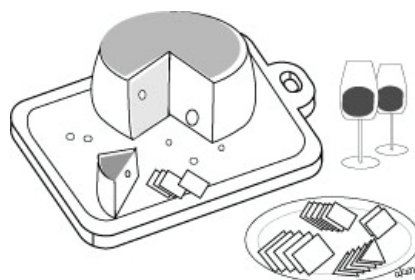
(6) 賞味期限と消費期限の設定

賞味期限は消費者にとって、極めて重要な情報です。牛乳や乳製品の賞味期限の設定は、ガイドラインに従って科学的に実施されます。例えば牛乳の場合、定められた条件で保存し、その理化学検査、官能検査、微生物検査を実施し、食品としての品質が十分維持されている期間に対して安全率（牛乳の場合0.7、賞味期限が2ヶ月以上のものは0.8）を乗じて設定します。例え

ば製造後21日以上品質を維持できれば14日間と設定します。おおむね5日間しか品質保持できないような劣化しやすい製品には消費期限を記載します。

6. まとめ

酪農と乳製品の利用は、人類の歴史とともに発展してきました。それ故、乳製品の食経験は議論する必要がないほど長いものです。しかし、生乳は極めて腐敗しやすく、冷蔵技術がなかった時代には、天日乾燥したり、チーズなどの発酵製品を作る以外に保存の方法がありませんでした。生乳を一滴も無駄なく食品に加工できるようになったのは、科学的な殺菌法や噴霧乾燥法などの加工技術、冷蔵輸送が整備されて以来のことです。現在の乳業工場は規模が大きくなって自動化が進んでいますが、その背景にある製造技術は、愛情込めて手作りする場合と、本質的な意味で、変わらないものです。（おわり）



memo 

世話人 島崎敬一（北海道大学・日本農芸化学会北海道支部長
北海道農芸化学協会副会長）
元島英雅（よつ葉乳業(株)・北海道農芸化学協会評議員）
岡本清孝（雪印乳業(株)・北海道農芸化学協会評議員）
連絡先 tel 011-706-3642/2540 fax 011-706-4135
simazaki@anim.agr.hokudai.ac.jp
<http://ww.agr.hokudai.ac.jp/jsbba/>