

世界の発酵乳とそれらの微生物フローラ

誌名	ミルクサイエンス = Milk science
ISSN	13430289
著者名	宮本,拓
発行元	日本酪農科学会
巻/号	55巻4号
巻号補足	
掲載ページ	p. 253-262
発行年月	2007年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



世界の発酵乳とそれらの微生物フローラ

宮 本 拓

(岡山大学大学院自然科学研究科バイオサイエンス専攻, 岡山市津島中一丁目1番1号 700-8530)

Fermented milks of the world and their microflora

Taku MIYAMOTO

(Division of Bioscience, Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University
Tsushima-naka 1-1-1, Okayama-shi 700-8530, Japan)

Summary

Fermented milks are reported to have originated in the Middle East before the Phoenician era. Approximately 400 diverse products derived from fermentation of milk are consumed throughout the world. It is believed that fermentation was the first technique employed by human for preservation of milk. Fermentation conserves the vital nutrients of the milk, and also provides distinct health benefits beyond conventional nutrition as functional dairy products. A wide range of indigenous fermented milk products are traditionally made in rural areas, and most of these products rely primarily on spontaneous fermentation due to presence of indigenous microflora (mainly lactic acid bacteria) in the milk. This article surveys the traditional fermented milks in the various regions of the world, and also illustrates their dominant microflora.

はじめに

発酵乳と人類との係わり合いは紀元前数千年前にさかのぼり、その起源は文明の発祥と時を同じくしているといわれ¹⁾、人類は昔からそれと知らずに乳酸菌の力を巧みに利用してきた。

Kern がコーカサス地方の酸乳ケフィールから、現在の乳酸桿菌に相当する菌を分離したのが1882年という。それ以来、細菌の分類学の進歩と相俟って、発酵乳製品の製造は自然界由来の優良な乳酸菌の純粋培養をスターターに用いる接種方法に移行した。このことは製品の均一性、安全性および品質や工程の安定化に寄与し、発酵乳製品製造の近代化を招来する結果となった。現今のように、管理された製造工程のもとに乳酸菌をスターターとして接種し、発酵乳製品を製造するようになるまでは、自然環境に由来する乳酸菌の自然の乳酸発酵に依存してきたと考えられ、今でも伝統的な発酵乳の製造技術が生きている²⁻⁹⁾。

本稿では、世界の伝統的な発酵乳を概観し、それらの微生物フローラの特徴を述べることにする。

発酵乳の歴史^{10,11)}

家畜を飼うという牧畜文化は中近東を中心とした西ア

ジアに発祥したといわれ、その家畜の生産物である乳、肉、皮、毛、糞などを有効に牧畜民の衣食住に活用してきた。その中で乳利用文化は乾燥アジアを中心に北東はモンゴル、南西はアフリカの北部にわたる広域に独自の伝統的乳利用技術を伝播する一方、南東のインド、チベット方面へは湿潤または熱帯性アジアに独特な乳利用文化を築いていった (Fig. 1)¹⁾。

実際にメソポタミア、エジプト、インド、中央アジアの地方では牛乳を放置して表面に浮いてくるクリームや自然発酵で生ずるカードが発酵乳などの乳製品の製造法を確立するきっかけを与えたが、この種の乳製品の製造

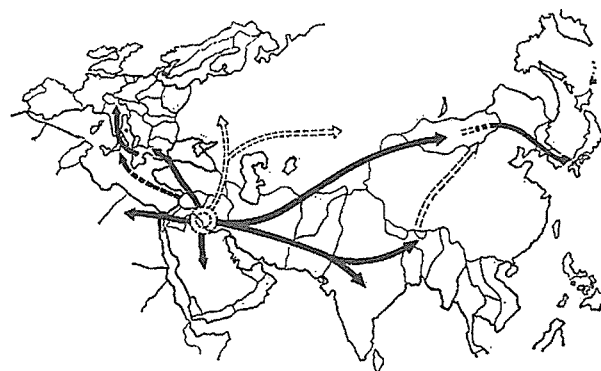


Fig. 1 The origin and widespread consumptions of the fermented milks in the world.

がはじまったのは紀元前4000～2000年頃といわれている。

これらのアジア、アフリカ大陸への伝播は今日まで古い伝統のまま受け継がれてきているものが多いが、中近東からのもうひとつの重要な伝播経路はバルカンを経由してヨーロッパ大陸に定着した牧畜文化への道である。この経路こそ近代的乳加工利用技術確立の本流になったものであり、発酵乳製造の本流もここに華々しく隆盛を極めることになる。

一方で、日本には6世紀に百済系の帰化人智総の息子善那が孝徳天皇に牛の乳を捧って「蘇」を献上し、牛乳の効用を説いたという。以後の飛鳥、奈良、平安時代にかけて「蘇」を奉納する「貢蘇の儀」が制度化された。「蘇」以外の当時の乳製品には「酪」、「醍醐」、「乳哺」などがあり、加熱濃縮や酸凝固を伴った乳製品で、モンゴルの「ウルム」や「ホロート」の製法と類似した乳製品といわれる。これらの古代乳製品は貴族社会のスタミナと健康を保全し、仏教文化を形成する底力になったともいわれる。この牛乳利用の隆盛は平安期の没落によって1240年頃に衰退し、長い牛乳利用空白時代を経て、明治以後の西欧的乳加工技術の導入による近代的な乳利用技術確立の時代に入っていく。

発酵乳の種類

発酵乳は世界各地で生産され、伝統的な製法あるいは工業的な製法で生産される発酵乳の名称は、Campbell-Platt¹²⁾、Kurmman¹³⁾、Robinson と Tamime¹⁴⁾などによると、400種類にも及ぶといわれる。これらの発酵乳の種類は、次のように原料乳、使用菌種、製品の性状などの違いで分類される。

(1) 原料乳の違い

牛乳、山羊乳、羊乳、水牛乳、馬乳、駱駝乳、ヤク乳などを利用した発酵乳がある。

(2) 構成する微生物フローラの違い

a. 自然発酵型発酵乳

スターターの特定されていない伝統的発酵乳が該当する。

b. スターター添加型発酵乳

b-1. 乳酸菌単独の発酵乳

- 中温性乳酸菌の発酵乳：発酵バターミルク、北欧のロングフィル（Langfil, スウェーデン）、タッテメルク（Taettemelk, ノルウェー）など
- 高温性乳酸菌の発酵乳：ヨーグルト、ブルガリアンミルク（Bulgarian milk, ブルガリア）、ツァバディ（Zabady, エジプト）など
- 保健的機能あるいはプロバイオティクスを強化した発酵乳：アシドフィラスミルク、ヤクルトなど

b-2. 酵母と乳酸菌併用の発酵乳

ラクトース発酵性酵母や乳酸菌などをスターターとして製造されるアルコール発酵乳で、代表的なものとして旧ソ連邦コーカサス地方原産のケフィール（Kefir）ならびにモンゴルをはじめとする中央アジア一帯で作られているクームス（Koumiss）がある。クームスは馬乳を原料として製造され、モンゴルではアイラグ（Airag）と呼ぶ。

b-3. カビと乳酸菌併用の発酵乳

ビーリ（Viili）はフィンランド原産の発酵乳で、中温性乳酸菌とカビをスターターとして製造され、白色から黄色の薄いカビの表層を持つ。

(3) 製品の性状の違い

a. 成分規格あるいは脂肪含量の違い

全脂、部分脱脂あるいは脱脂タイプの発酵乳などがある。

b. 製品の物理的な性状の違い

容器にミックスを充填したのちに発酵する後発酵タイプとミックスをタンクで発酵後に容器に充填する前発酵タイプの発酵乳があり、プレーンヨーグルト、ハードヨーグルト、ソフトヨーグルト、ドリンクヨーグルトあるいはフローズンヨーグルトと呼ばれ、固形、半固形、液体、あるいは凍結状態の製品形態を示す。これらの中には果汁や果肉類、野菜類などを加えてフレーバーの付与とともに、機能性を強化したものがある。

c. 発酵後に加工処理を加えた発酵乳

発酵乳からホエーを除いた濃縮発酵乳（ドイツのクワルク（Quark）、デンマークのイメール（Ymer）、ケニアのムルシク（Mursik）など）やこの濃縮発酵乳を天日乾燥したモンゴルのホロート（Hurood）やビシラグ（Biaslag）、エジプトのキシク（Kishk）などがある。このキシクには穀類、野菜類、豆類などが強化されている。

世界各地の伝統的発酵乳

Table 1は神邊^{2,6)}、細野³⁾、Prajapati と Nair⁵⁾、Chandan⁷⁾、Vedamuthu⁸⁾および Sah⁹⁾によって紹介された世界各地の主な発酵乳を示す。旧ソ連邦（ロシアなど）を中心とする東欧型発酵乳、エジプトや東アフリカを中心とする地域の発酵乳、スカンジナビア諸国等の北欧の発酵乳、モンゴル、中国内蒙古自治区・新疆ウイグル自治区、インド・パキスタン・バングラデシュなどの中央アジアから南アジア地域に跨る牧畜と乳利用の古い文化を持つ発酵乳、そして世界最古の文明発祥の地として知られ、乳利用の歴史も古いアラブ地域やトルコを含む中近東諸国の発酵乳に分けられる。

(1) 旧ソ連邦および東欧型の発酵乳

Table 1 Major fermented milks in the different regions of the world.

Product Name	Major Country/Region
Acidophilus milk	Russia, United States
Airag	Mongolia, Inner Mongolia
Ayran	Turkey
Bulgarian milk	Bulgaria
Chal	Turkmenistan
Dadih	Indonesia
Dahi	Indian subcontinent
Ergo	Ethiopia
Eedsun su	Mongolia, Inner Mongolia
Gruzovina	Yugoslavia
Iogurte	Brazil, Portugal
Katyk	Transcaucasia
Kefir	Russia, Central Asia
Koumiss	Central Asia
Leben, Laban, Laban rayeb	Lebanon, Syria, Jordan, Iraq, Yemen
Mast	Afghanistan, Iran
Matsoni, Matsun	Georgia, Armenia
Maziwa lala	Kenya, Tanzania
Pitkapiima	Finland
Prostokvasha	Countries of the former Soviet Union
Ryzhenka	Ukraine
Skyr	Iceland
Tarag, Kitek	Mongolia, China
Tarho	Hungary
Tettemelk	Norway
Viili	Finland
Yiaourti	Greece
Ymer	Denmark
Zabady	Egypt, Sudan

a. ケフィール^{15~17)}

ケフィールは、牛乳、山羊乳、羊乳などを原料に複数の乳酸菌と酵母で複合発酵させる発酵乳で、そのふるさとは世界長寿村のひとつである北コーカサスである。伝統的にはケフィール粒と呼ばれる種菌をスターターにして、山羊の胃袋を容器に用い、攪拌発酵することで製造され、爽快でまろやかな酸味と発泡性のあるアルコール性保健飲料ができあがる。この中には乳酸（0.9～1.1%）、エタノール（0.3～1%）および炭酸ガス（1%）を含む¹⁷⁾。

スターターとなるケフィール粒は、ケフィランと呼ばれる粘性多糖を含み、乳酸菌、酵母、酢酸菌などの微生物で構成されている。ケフィール粒の微生物フローラは多くの研究者によって検討されている。Robinson など¹⁸⁾によると、*Lactobacillus brevis* や *Lactobacillus kefirifaciens*（ケフィラン生産菌）¹⁹⁾などの *Lactobacillus* 属、*Streptococcus thermophilus*、*Lactococcus* 属および



Fig. 2 Fermented milks exhibited in the supermarket of Moscow, Russia.

Leuconostoc 属の乳酸菌、*Acetobacter aceti* や *Acetobacter rasens* などの酢酸菌、そして *Saccharomyces* 属、*Kluyveromyces* 属、*Candida* 属などの酵母に加え、*Geotrichum candidum* などのカビも検出されるという。Kosikowski と Mistry の著書²⁰⁾によると、優勢な酵母は *Saccharomyces kefir*、*Torula* あるいは *Candida kefir* であり、優勢な細菌は *Lb. kefir*、*Lactococcus* 属および *Leuconostoc* 属の乳酸菌であるという。

現在では、この伝統的な製法によらないケフィールの製造が西欧をはじめとする多くの国で行われている。筆者らは西欧で市販されているケフィール製品から菌体外多糖生産菌 *Lc. lactis* subsp. *cremoris* を分離した²¹⁾。

b. ブルガリアの発酵乳²⁾

ブルガリアはアジアとヨーロッパを結ぶ重要な地域に位置している。1908年にノーベル生理学賞を受けたロシアのメチニコフが「ブルガリアのヨーグルトによる不老長寿説」を発表して以来、一躍ブルガリアンヨーグルトが世界の脚光を浴びることになった。工業的には *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* の単独スターターあるいは *Str. thermophilus* を混合したスターターを用い、非常に酸っぱいのが特徴である。

c. その他のヨーグルト以外の発酵乳^{22,23)}

旧ソ連邦をはじめ東欧諸国にはヨーグルト以外の発酵乳と呼ばれる伝統的な発酵乳がある。写真（Fig. 2）はモスクワのスーパーマーケットの発酵乳売り場であるが、日本では見られないくらい長い幅の陳列棚に、ケフィールをはじめ様々の発酵乳がぎっしり陳列されており、発酵乳が国民の健康維持に欠かせない食品であることが分かる。陳列されていた発酵乳の中で、日本にはあまりなじみのないものとしてプロストクバーシャ（Prostokvasha）、マツォーニ（Matsoni）、リジェンカ（Ryzhenka）と呼ばれる発酵乳がある。

c-1. プロストクバーシャ

旧ソ連邦で自然発酵により製造されていた酸乳に対する名称である。現在では、中温性乳酸菌に属する乳酸球

菌をスターターにして製造される。

c-2. マツォーニ

グルジア原産の発酵乳で高温性乳酸菌を用いて製造される。Uchida ら²⁴⁾はグルジア国の各地から伝統的な製法で作られている26種類のマツォーニを試料とし、80株の乳酸球菌と173株の乳酸桿菌を分離し、菌種の同定を行った。その結果、乳酸球菌はすべてが *Str. thermophilus* であり、乳酸桿菌の大部分は *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* であった。しかし、RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) 法によって、それぞれの菌株レベルでは試料間に多様性のあることを示唆した。

c-3. リジェンカ

ウクライナ原産の発酵乳であり、高温加熱によって褐色化した原料乳を用い、高温性乳酸菌である *Str. thermophilus* と *Lb. delbrueckii* ssp. をスターターとして製造する。

(2) アフリカの発酵乳

a. エジプトの発酵乳

西南アジアに続く北アフリカのエジプトおよびその他の多くのアラブ諸国で作られているヨーグルトの一種にツァバディ (Zabady) と呼ばれる発酵乳がある。El-Gendy の総説²⁵⁾によると、ツァバディは主に水牛乳を用いて作られ、*Str. thermophilus* と *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* の乳酸菌を主要なフローラとする。その他に発酵乳からクリームを除いたラバン・ライブ (Laban raybe)、発酵乳からバターを除いたラバン・カード (Laban khad) とその濃縮物ラバン・ゼール (Laban zeer)、そしてラバン・カードあるいはラバン・ゼールに穀類を混ぜて煮沸後、天日乾燥したキシク (Kishk) などの伝統的な発酵乳類がある。

b. 東アフリカの発酵乳

ケニア、タンザニア、ウガンダに跨る東アフリカ地域にはマジワラと呼ばれる発酵乳が牧畜生活を営むマサイ族などの部族の間で伝統的に生産・消費されている。スワヒリ語でマジワは「乳」を、ララは「寝る」ことを意味し、この地域での発酵乳に対する一般的な名称である。伝統的な方法で製造されるマジワラの他に、市販のスターター添加型マジワラもあり、地方の小さな食堂でもそのメニューを見つけることがある。

Fig. 3 の写真に示したように、伝統製法で作られるマジワラ (市販品と区別する意味でララと呼ぶこともある) は、ヒョウタン容器の内部を火の点いた棒で擦ることで殺菌する。次にこの容器に乳を入れ、自然発酵して作られるヨーグルト様の飲料である。製品にはいぶった匂いがすると同時に、容器に残っていた炭の粉が過度の酸生成を抑える役割をしている。部族の習慣によって、炭の粉以外に動物の血液、尿あるいは野菜の葉などを加えて製造される場合もある²⁶⁾。その他に、マジワラ

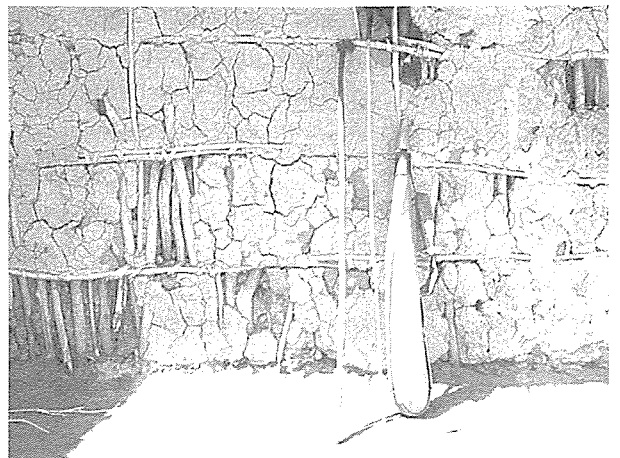


Fig. 3 Gourd and chopped sticks for the production of Maasai traditional fermented milk in East Africa.

からホエーを除いた濃縮タイプの発酵乳ムルシク (Mursik, ナンディー語)²⁷⁾なども作られている。

伝統製法で作られるマジワラの微生物フローラについては、Miyamoto ら^{28,29)}、Isono ら³⁰⁾、Nakamura ら³¹⁾、Mathara ら³²⁾によって報告されており、中温性乳酸菌の *Lb. plantarum*, *Lc. lactis* および *Leuc. mesenteroides* などを主な乳酸菌フローラとし、それらと共生関係にある *Weissella* 属乳酸菌 (以前は *Leuc. paramesenteroides* あるいは *Lb. confusus* と呼ばれていた菌種) も検出される。一方で、市販のマジワラ製造には *Lc. lactis* および *Leuc. mesenteroides* などの中温性乳酸菌をスターターとして用いている^{33,34)}。

c. エチオピアの発酵乳³⁵⁾

エチオピアでは生産される牛乳のかかなりのものがエルゴ (Ergo) と呼ばれるヨーグルト様発酵乳として消費されている。このエルゴは農村部とりわけ牧畜民の間では陶製の容器内壁をオリブの枝でいぶした後に、生乳を入れて自然発酵または先に作ったエルゴを添加し、室温で約2日間発酵したものである。エルゴ試料から *Lc. garvieae*, *Lc. lactis* ssp. *lactis* および D-乳酸生成能を持つホモ発酵型中温性乳酸桿菌の分離が報告されている³⁶⁾。

(3) 北欧の発酵乳

a. スカンジナビア諸国の発酵乳^{37,38)}

フィンランド、ノルウェー、スウェーデンのスカンジナビア諸国で古くから伝統的に製造され、現在では近代化された工場で生産されている世界でも特異な発酵乳として、非常に強い粘性を持つ酸乳がある。高橋の調査³⁹⁾によると、食べる際にスプーンでかき混ぜると20~30 cm も糸を引くという。この種の発酵乳はフィンランドではピトカピーマ (Pitkapiima)、ビーリ (Viili)、ノルウェーではテッテメルク (Tettemelk)、スウェーデンではラングフィル (Langfil) などと呼ばれる。

ピトカピーマ、テッテメルクおよびラングフィルには

Lc. lactis ssp. *lactis*, *Lc. lactis* ssp. *cremoris* の莢膜性スライム生産菌株と *Leuc. mesenteroides* ssp. *cremoris* の混合スターターを用いる。ピーリでは *Lc. lactis* ssp. *lactis*, *Lc. lactis* ssp. *cremoris*, *Leuc. mesenteroides* ssp. *cremoris* の乳酸菌の他に、糸状菌の *Geotrichum candidum* がスターターとして用いられる。原料乳を均質化せずに静置発酵させるので、浮上したクリーム層の上にビロード状にカビが生育しているという。

b. デンマークとアイスランドの発酵乳

イメール (Ymer) はデンマーク原産の発酵乳で、中温性乳酸菌に属する *Lc. lactis* ssp. *lactis*, *Lc. lactis* ssp. *cremoris* および *Leuc. mesenteroides* ssp. *cremoris* をスターターに製造される。伝統的な製法では発酵乳からホエーを除いて作られている。スキール (Skyr) はアイスランド原産の発酵乳で、スターターには乳酸菌と酵母を含むという。

(4) アジアの発酵乳

a. モンゴルの発酵乳⁴⁰⁾

中央アジアからモンゴル高原にかけては遊牧を主体とした家畜の飼養形態が共通しており、北方遊牧民としての蒙古民族の牧畜と乳利用には注目すべきものがある。蒙古民族は、主に中国内蒙古自治区およびモンゴル国に跨って生活している民族で、古来から今日に至るまで遊牧の生活を受け継いでいる数少ない民族である。伝統的な蒙古民族の食生活は乳製品類を主要な食材としており、白い食べ物と呼ばれている。

家畜の種類は牛、馬、羊、山羊、駱駝などがある。これらの家畜の種類は地域において特色がある。多くの種

類の家畜から乳を搾り、それを乳製品製造に利用しているために、加工法は基本的に同じであっても最終製品はかなり違うものとなり、それがモンゴルの乳製品の種類の豊富さに結びついている。牧民は家畜の乳はもちろんのこと、肉、皮、毛そして糞に至るまで有効的に利用している。

中江⁴¹⁾、梅棹⁴²⁾、小長谷⁴³⁾、越智⁴⁴⁾、水谷ら⁴⁵⁾そして高橋⁴⁶⁾の調査に基づくモンゴル (外蒙古と内蒙古) の乳加工体系によれば、モンゴルの乳製品には30種類以上の名前が知られており、それらの中には、世界に類を見ないユニークな乳製品もある。Fig. 4は、上述の文献ならびに筆者らの現地調査をもとにモンゴルの主な乳製品の加工体系を示したものである。いずれもスー (生乳) を出発点とするが、乳酸発酵あるいはアルコール発酵の場合はボルソン・スー (脱脂乳) やエードスン・スー (脱脂酸乳) を原料にすることもある。

加熱濃縮乳製品にはウルム (モンゴル独特の乳製品) やシャル・トス (バターオイル) などがあり、牛、山羊、羊などの乳が原料となる。乳酸発酵乳製品には、液状飲料のタラグ (ヨーグルト) や棒状、板状などに成形するホロート (チーズ) がある。ホロート製造では、レンネットを用いず、製品は熟成度の低い硬い製品⁴⁷⁾となる。

一方、アルコール発酵 (乳酸発酵も同時に進行) には馬、牛、駱駝などの乳が使われ、樽桶などの容器 (古くは皮袋を使用) 内で攪拌通気すると酵母の働きでドロドロのような乳酒 (アイラグ) ができる。これを蒸留して、蒸留乳酒 (アルビ) を製造する。蒸留した残りはツァガーとよばれ、アーロールのような酒かす製品を得る。ま

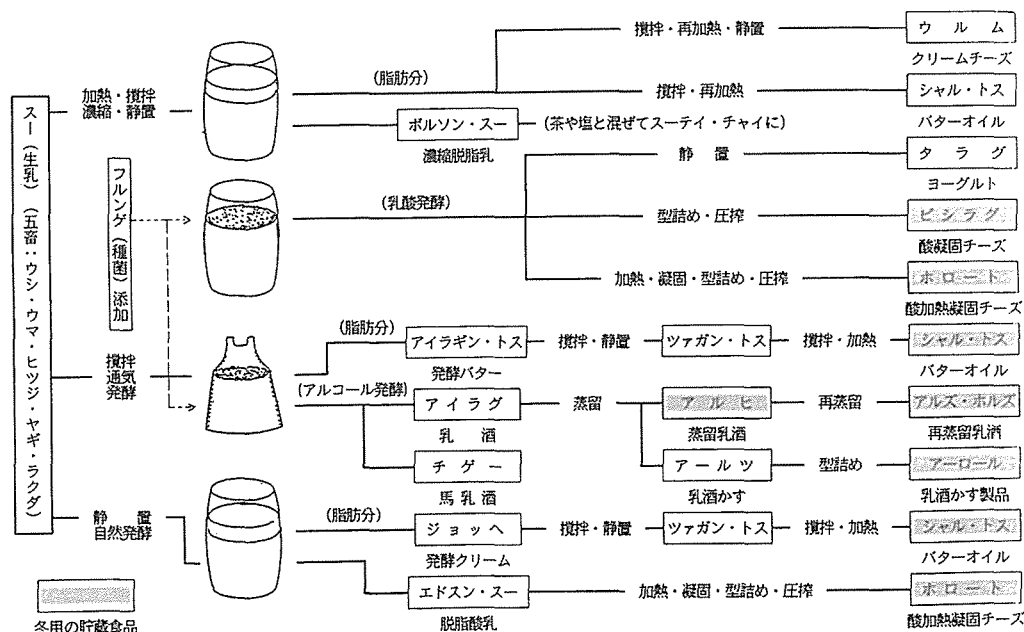


Fig. 4 Major fermented dairy foods in Mongolia.

た、馬の乳から作るチゲー（馬乳酒）は直接飲用されるもので、保健的な効果が経験的に知られている。

乳酒製造時や静置したときにできる浮上部分（アイラギン・トスやジョッヘ）を攪拌して得るツァガン・トスは、ウルムの場合と同様にシャル・トスになるが加熱風味を伴わない点で異なる。また、乳を静置分離して得たエードスン・スー（脱脂乳部分）は、ボルソン・スーと同様に、ホロートなどの製造に使われる。

これらの乳製品のうち、シャル・トス、ホロード、蒸留乳酒などは冬用の主な貯蔵食品にもなる。モンゴルの乳製品作りの特徴は、すべてが有効に利用され、廃棄物を残さない点にある。それは乳利用における長い歴史と厳しい自然環境下で育まれた生活の所産ともいえる。

a-1. タラグ (Tarag)

ウルムを取った下層部分の温度を約40~45℃とし、種菌となるフルンゲ (Hurunge) を入れて攪拌し、充分に混ぜたあとに静置発酵を行うとタラグという液状酸乳になる。タラグは直接飲用できるし、さらに加工してビシラグ (Biaslag) やホロート (Horood, エーシゲ Ejige もしくはチャラー Chyora とも呼ぶ) の製造に使う。

a-2. エードスン・スー (Eedsun su)

乳を容器に入れてゲル（モンゴル式の家）の中で自然発酵を行う。形成された脂肪分（ジョッヘ, Zhoohei）をすくい取ったあとの下層部分は乳固形分の凝固したエードスン・スーになる。その pH は5.5~6.0程度で、わずかに酸っぱくなるために酸乳とよばれる。エードスン・スーは自然発酵による香りがあり、乳白色である。これを遊牧民はそのまま飲む以外に、ホロートの原料にする (Fig. 5)。

a-3. アイラグ (Airag)

新鮮乳または脱脂乳を陶製もしくは木製の容器に入れ、スターター用微生物のフルンゲを加え、攪拌発酵を行うとアイラグになる。木製の蓋の真ん中に小さな口を

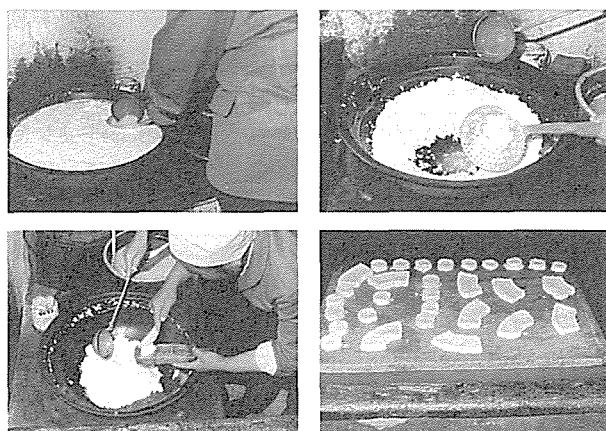


Fig. 5 Production of Hurood from Eedsun su.

開けてそこから一本の木製の棒（先が十字架型のかき混ぜ棒）を入れて、上下の方向に攪拌し製造する (Fig. 6)。

アイラグの製造において、注意することは温度管理である。寒い時には容器の外側に皮などの掛け物を付ける。アイラグの pH は4.0~4.5の酸っぱい液状である。アイラグはそのまま飲用する以外に、乳脂肪分を集めてアイラギン・トス (Airagin tos) やツァガン・トス (Chagan tos, 白い油の意味) とし、シャル・トス (Shar tos) の製造に使う。残りのアイラグはアルヒ (Aruhi) の製造にも使う。アルコール発酵した乳酒をモンゴルではアイラグと呼ぶ。そのうち、馬乳のアイラグをチゲー (Chigee) もしくはグン・アイラグ (Gun airag), そして駱駝乳のアイラグをインギン・アイラグ (Engin airag) もしくはホゴルマグ (Hogormag) と呼んでいる。アルヒは牛乳のアイラグを蒸留して作る蒸留酒である。

上述したタラグ、エードスン・スーおよびアイラグなどの発酵乳とアイラグの種菌となるフルンゲに関する微生物フローラは、日本やモンゴルの研究者によって調査されている^{48~55)}。共通性の高いものとして、*Lc. lactis*, *Leuc. mesenteroides*, *Enterococcus* 属菌種などの乳酸球菌と *Lb. plantarum*, *Lb. casei*, *Lb. paracasei* などの乳酸桿菌を含む。馬乳酒、駱駝乳酒およびそれらの種菌フルンゲには上述の乳酸菌に加えて、*Candida kefyr*, *Saccharo-*

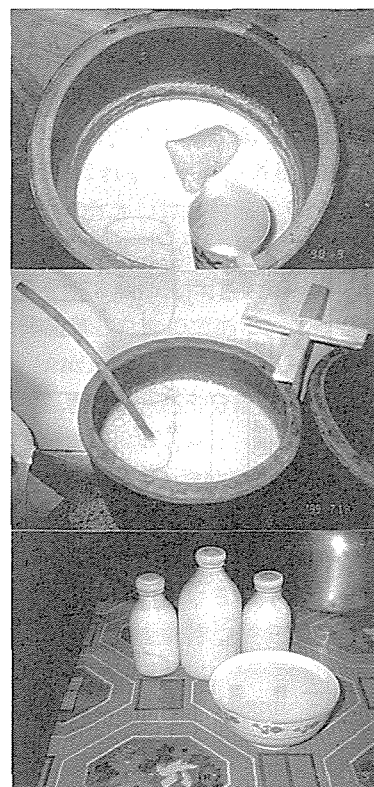


Fig. 6 Production of the mare's milk, Chigee fermented with Hurunge.

myces cerevisiae, *Kluyveromyces marxianus* var. *lactis* などの乳糖発酵性あるいは乳糖非発酵性の酵母を含む。その他に検出される乳酸菌として、*Lb. helveticus* が比較的共通性の高い菌種である。

b. 中国新疆ウイグル自治区の発酵乳⁵⁶⁾

西アジアからモンゴルに通じるシルクロードの中継点に位置する中国新疆ウイグル自治区の区都ウルムチとその周辺から入手したキテック (Kitek) は、牛乳や羊乳を殺菌後、陶製容器に継ぎ足し、室温で発酵される。この酸乳には、スライム生産能を持つ高温性乳酸菌の *Str. thermophilus*, *Lb. helveticus* および *Enterococcus* 属菌種を含んでいた (Fig. 7)。

c. インドとその周辺の発酵乳

インド、ネパール、パキスタン、バングラデシュなどのインド周辺地域では、ダヒ (Dahi) に代表される発酵乳がある⁷⁾。伝統的な製法で作られるダヒは、加熱殺菌した乳を素焼きの容器に入れて、前日のダヒを加えて発酵する。

Rashid ら⁵⁷⁾ はバングラデシュの全域から Fig. 8 に示すような伝統製法によるダヒ試料28種類を収集し、分離乳酸菌266株について同定した。その結果、*Str. bovis* を主なフローラとして、*Lb. fermentum*, *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Lb. delbrueckii* ssp. *lactis*, *Ec. faecium*, *Str. thermophilus*, *Leuc. mesenteroides*, *Lc. lactis* ssp. *lactis*, *Lc. raffinolactis* および *P. pentosaceus* などの乳酸菌の存在を明らかにした。

今日ではスターター添加によるダヒの製造も行われており、スウィートダヒ用に *Lc. lactis* ssp. *lactis*, *Lc. lactis* ssp. *cremoris*, *Lc. lactis* ssp. *lactis* biovar *diacetylactis*, *Leuc. mesenteroides* ssp. *cremoris* などの中温性乳酸球菌を用いたり、サワーダヒ用に *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* と *Str. thermophilus* を使用して製造されている⁹⁾。

d. インドネシアの発酵乳⁵⁸⁾

ダディヒ (Dadih) は、インドネシアの西スマトラに古くから伝わる発酵乳で、竹筒に水牛乳を入れてバナナの葉で蓋をし、そのまま一晩室温に放置して、ヨーグルト様に凝固させたものであり、*Leuc. mesenteroides* を主なフローラとする乳酸菌から成っている。

(5) 中近東の発酵乳

a. トルコの発酵乳

トルコの乳業は近代化された工場でのヨーロップ型乳製品の製造が見られる一方で、地方都市や小さな町では家内工業的な特殊な乳製品の製造も見られる。トルコ独特の乳製品という意味ではヨーグルトとチーズに属する製品に大きな特徴がうかがわれる。トルコのヨーグルトは古い歴史を持ち、言語学的にもトルコ語のヨウルト (Yogurt) がヨーグルトの語源と考えられている。そのような古い伝統のあるトルコのヨーグルトには、中

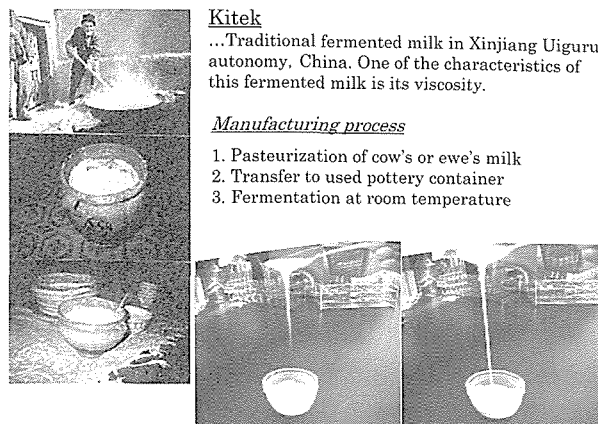


Fig. 7 Production of the traditional fermented milk, Kitek in Xinjiang Uiguru autonomy, China.

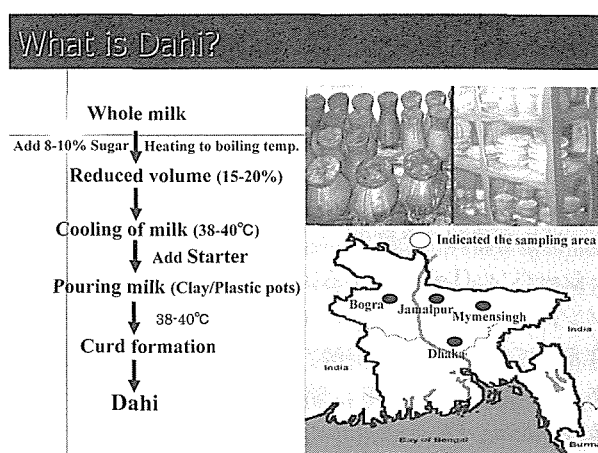


Fig. 8 Production of the traditional fermented milk, Dahi in Bangladesh.

江⁵⁹⁾や高橋⁶⁰⁾の調査によると、クリーム層付きの全乳ヨーグルト、アイラン (Ayrān), トルバ (Torba), クルト (Kurut), ウインターヨーグルト (Winter yogurt) がある。

クリーム層付きヨーグルトは全乳をそのまま乳酸発酵させ、発酵中にクリームが浮上して層をつくと共に、下の脱脂乳層と一緒に固まったものである。

アイランは液状ヨーグルトに同量の1%食塩水を混合希釈してびん詰した製品であり、塩味のきいたドリンクヨーグルトである。スターターには *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* が使用されている。中央アジアや中近東にも同様の飲料があり、トルコでは一般大衆の日常的な飲料として愛飲されている。元来が遊牧民の作った発酵バターミルク相当のアイランから派生したものであり、乾燥した岩塩地帯の遊牧民の歴史的な所産ともいえる。

トルバ、クルト、ウインターヨーグルトは濃縮ヨーグルトと総称される製品で、ふつうのヨーグルトを布袋に入れて水切りするだけの製品をトルバ、ヨーグルトを圧

搾加塩後天日乾燥した硬い製品をクルトという。また、ヨーグルトを攪拌加熱して布袋に入れ、水切りした上で2～3%の食塩を加え、壺に収めてバターオイルまたはオリーブ油をかぶせて保存したものをウインターヨーグルトといい、冬の保存食として利用される。

遊牧民が古くから作っていたヨーグルトはテレ・ヤー（バター）づくりを兼ねており、ヨーグルトのもとになる乳酸菌の種菌はもともと牧草からとったといわれ、乳に植えて発酵させてできる凝乳をスターターとして代々植え継いできた。テレ・ヤーを作ったときにできる残りの液状物がバターミルクであり、遊牧民はアイランと称しているが、現在ふつうに呼ばれるアイランとは異なるものである。

b. ギリシアの発酵乳⁶¹⁾

ギリシアは他のバルカン諸国と異なり、羊乳や山羊乳の生産が多く、それらを利用した発酵乳の製造が盛んである。ギリシアではヨーグルトをヤウルティ (Yiaourti) と呼び、伝統的なギリシアの静置型ヨーグルトには、*Leuc. menteroides* ssp. *mesenteroides* と *Pediococcus* 属菌種を含んでいたという。

c. アラブ諸国の発酵乳

レーベン (Leben) あるいはラバン (Laban) はレバノン、シリア、ヨルダン、イエメンなどのアラブ諸国で作られている伝統的な発酵乳であり、呼称もさまざまである。牛、山羊、羊、駱駝の乳から作られ、*Str. thermophilus*, *Lb. acidophilus*, *Leuc. lactis* などの乳酸菌の他に、*Kluveromyces fragilis* や *Saccharomyces cerevisiae* といった酵母が発酵に関与している。

荒井ら⁶²⁾はイエメン産の伝統的自然発酵乳ラバンの微生物フローラを調べ、*Lc. lactis* ssp. *lactis*, *Leuc. mesenteroides* ssp. *mesenteroides*, *Leuc. lactis*, *Trichosporon sericeum*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida kefir* などの乳酸菌と酵母の分離を報告している。

おわりに

伝統的な発酵乳は長い年月をかけて複数の微生物からなる安定なフローラを形成している場合が多く、微生物同士の共生と拮抗を経て安定的なフローラを確立したものと考えられる。その意味で、伝統的な発酵乳の微生物フローラを詳細に把握することは、その発酵乳の安定的な製造あるいは商業的に生産する際の微生物制御において重要である。

従来の微生物フローラの調査では、試料を段階希釈後に寒天培地で培養する手法が行われてきた。この手法には菌株固有の特性を調べることができるといった利点はあるが、優勢な菌株に隠れて検出されない菌株も存在する。このような少数派の菌株には発酵乳の風味や組織形

成に重要な役割を担う菌株もある。こうした少数派の菌株の存在を明らかにする分子生物学的な解析手法が導入されてきた⁶³⁾。従来の培養法に加え、試料を培養することなくDNAからフローラを解析する手法を併用することで、菌株レベルでの有用乳酸菌の発見が増大するものと期待される。

近年急速に進展してきた発酵乳の栄養・生理的機能の解明と共に、世界の各地域で固有に発展してきた伝統的発酵乳の微生物フローラの解析は、今後あらたな発酵乳を開発するうえからも関心がもたれる。

本稿をまとめるにあたり、文献の収集や整理にご協力いただいた岡山大学大学院博士後期課程所属の津田治敏氏に感謝致します。

文 献

- 1) 中江利孝：「世界のチーズ要覧」，三洋出版貿易，東京，pp. 3-15 (1982)
- 2) 神邊道雄：「世界の伝統的な発酵乳」(「発酵乳の機能」，中澤勇二・細野明義編)，食品資材研究会，東京，pp. 111-122 (1988)
- 3) 細野明義：「東洋における発酵乳類」(「発酵乳の機能」，中澤勇二・細野明義編)，食品資材研究会，東京，pp. 309-320 (1988)
- 4) 伊藤敏敏：「発酵乳と乳酸菌」(「乳酸発酵の文化譜」，雪印乳業健康生活研究所・小崎道雄編)，中央法規，東京，pp. 74-108 (1997)
- 5) 神邊道雄：「発酵乳の歴史」(「発酵乳の科学」，細野明義編)，アイ・ケイコーポレーション，川崎，pp. 52-59 (2002)
- 6) Parajapati, J. B., and Nair B. M.: The history of fermented foods. in *Handbook of fermented functional foods*. E. R. Farnworth ed. CRC Press, Florida, pp. 1-25 (2003)
- 7) Chandan, R. C.: History and consumption trends. in *Manufacturing yogurt and fermented milks*. R. C. Chandan ed. Blackwell Publishing, Iowa, pp. 3-15 (2006)
- 8) Vedamuthu, E. R.: Other fermented and culture-containing milks. in *Manufacturing yogurt and fermented milks*. R. C. Chandan ed. Blackwell Publishing, Iowa, pp. 295-308 (2006)
- 9) Shah, N. P.: Health benefits of yogurt and fermented milks. in *Manufacturing yogurt and fermented milks*. R. C. Chandan ed. Blackwell Publishing, Iowa, pp. 327-340 (2006)
- 10) 足立 達：「乳製品の世界外史」，東北大学出版

- 会, 仙台 (2002)
- 11) 中江利孝: 日本における乳加工技術100年をふりかえって, 化学と生物, 9, 594-600, 655-661, 730-736, 792-800 (1971)
 - 12) Campbell-Platt, G.: Fermented foods of the world. Butterworths, London (1987)
 - 13) Kurmann, J. A.: The production of fermented milk in the world. in *Fermented milks*. International Dairy Federation, Brussels, pp. 8-26 (1989)
 - 14) Robinson, R. K., and Tamine, A. Y.: Types of fermented milks. in *Fermented milks*. A. Y. Tamine ed. Blackwell publishing, Iowa, pp. 1-10 (2006)
 - 15) 中江利孝: 「健康長寿の可能性『ケフィール』」, 女子栄養大学出版部, 東京 (1989)
 - 16) Farnworth, E. R., and Mainville, I.: Kefir: A fermented milk product. in *Handbook of fermented functional foods*. E. R. Farnworth ed. CRC Press, Florida, pp. 77-111 (2003)
 - 17) Wszolek, M., Kupiec-Teahan, B., Skov Guldager, H., and Tamine, A. Y.: Production of kefir, koumiss and other related products. in *Fermented milks*. A. Y. Tamine ed. Blackwell publishing, Iowa, pp. 174-216 (2006)
 - 18) Robinson, R. K., Tamine, A. Y., and Wszolek, M.: Microbiology of fermented milks. in *Dairy microbiology handbook*. R. K. Robinson ed. John Wiley & Sons, New York, pp. 367-430 (2002)
 - 19) Fujisawa, T., Adachi, S., Toba, T., Arihara, K., and Mitsuoka, T.: Lactobacillus kefirifaciens sp. nov. isolated from kefir grains. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 38, 12-14 (1988)
 - 20) Kosikowski, F. V., and Mistry, V. V.: Cheese and fermented milk foods. in *Fermented milks*. F. V. Kosikowski ed. LLC, Westport, Connecticut, pp. 57-74 (1997)
 - 21) 宮本 拓・森田祐嗣・西岡功志・片岡 啓・泉本勝利・久山忠彦: ケフィールの構成乳酸菌とその抗変異原性, 酪農科学・食品の研究, 40, A112-120 (1991)
 - 22) Lipatov, N. N.: Fermented milks other than yoghurt. XX International Dairy Congress, Scientific and Technical Sessions, Paris, 43ST, 1-15 (1978)
 - 23) Reddy, N. S.・宮本 拓・片岡 啓・中江利孝: 東欧型発酵乳製品から乳酸菌の分離と同定, 酪農科学・食品の研究, 35, A5-A12 (1986)
 - 24) Uchida, K., Urashima, T., Chanishvili, N., Arai, I., and Motoshima, H.: Major microbiota of lactic acid bacteria from Matsoni, a traditional Georgian fermented milk. *Anim. Sci. J.*, 78, 85-91 (2007)
 - 25) El-Gendy, S. M.: Fermented foods of Egypt and the Middle East. *J. Food Prot.*, 46, 358-367 (1983)
 - 26) Odunfa, S. A.: African fermented foods. in *Microbiology of fermented foods*. vol. 2. B.J.B. Wood ed. Elsevier Applied Science, London, pp. 155-191 (1985)
 - 27) Mathara, J. M., Miyamoto, T., Koaze, H., Kiiyukia, C., and Yoneya, T.: Production of traditional fermented milk in Kenya. 静岡県立大学短期大学部研究紀要, 第9号, 257-264 (1996)
 - 28) Miyamoto, T., Gichuru, S.G.G., Akimoto, T., and Nakae, T.: Identification and properties of lactic acid bacteria isolated from traditional fermented beverages in East Africa. *Jpn. I. Zootech. Sci.*, 57, 265-276 (1986)
 - 29) Miyamoto, M., Nakajima, H., Muigai, C. W., Kiiyukia, C., and Miyamoto, T.: Identification of lactic acid bacteria isolated from Kenyan traditional fermented milk, Maziwa lala, and their symbiotic relationship. *Milchwissenschaft*, 60, 416-418 (2005)
 - 30) Isono, Y., Shingu, I., and Shimizu, S.: Identification and characteristics of lactic acid bacteria isolated from Masai fermented milk in Northern Tanzania. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 58, 660-664 (1994)
 - 31) Nakamura, T., Sugai, M., Ozawa, A., Koaze, H., Kiiyukia, C., Arai, I., and Urashima, T.: Microbiological properties of Maziwa lala, a Kenyan traditional fermented milk of Masai community in Kenya. *Milk Sci.*, 48, 9-14 (1999)
 - 32) Mathara, J. M., Schillinger, U., Kutima, P. M., Mbugua, S. K., and Holzapfel, W. H.: Isolation, identification and characterisation of the dominant microorganisms of kule naoto: the Maasai traditional fermented milk in Kenya. *Int. J. Food Microbiol.*, 94, 269-278 (2004)
 - 33) Wangoh, J., Schulthess, W., and Struebi, P.: Flavouring of the cultured milk product Mala with fruits available in Kenya. *Milchwissenschaft*, 47, 27-31 (1992)
 - 34) 中村昇二・荒木美和・宮本 拓・片岡 啓・Maina, M. J.: ケニア産発酵乳製品からの乳酸菌の分離と同定, 酪農科学・食品の研究, 45, A35-42 (1996)
 - 35) Ashenafi, M.: Effect of container smoking and in-

- cubation temperature on the microbiological and some biochemical qualities of fermenting Ergo, a traditional Ethiopian sour milk. *Int. Dairy J.*, 6, 95-104 (1996)
- 36) 米屋武文・中島 肇・清水希和・宮本 拓・片岡啓：エチオピアの伝統的発酵乳 Ergo より分離した乳酸菌の分類学および生化学的性状，*ミルクサイエンス*, 48, 65-71 (1999)
 - 37) Fonden, R., Leporanta, K., and Svensson, U.: Nordic/Scandinavian fermented milk products. in *Fermented milks*. A.Y. Tamime ed. Blackwell publishing, Iowa, pp. 156-173 (2006)
 - 38) 鳥羽隆宏：中温性乳酸菌を使った発酵乳，*酪農科学・食品の研究*, 36, A235-A244 (1987)
 - 39) 高橋富士雄：スカンジナビア諸国における発酵乳の利用，*New Food Industry*, 37(7), 33-40 (1995)
 - 40) 宮本 拓・布仁特古斯：白い食べ物，文明のクロソード *Museum Kyushu*, 71, 34-44 (2002)
 - 41) 中江利孝：乳利用の国モンゴルとその乳製品，*乳技協資料*, 26, 14-25 (1976)
 - 42) 梅棹忠夫：「梅棹忠夫著作集第2巻モンゴル研究」，中央公論社，東京，pp. 267-351 (1990)
 - 43) 小長谷有紀：「モンゴルの乳製品」（「乳利用の民族誌」，雪印乳業健康生活研究所・石毛直道・和仁皓明編），中央法規，東京，pp. 218-233 (1992)
 - 44) 越智猛夫：「乳酒の研究」，八坂書房，東京，pp. 139-174, 231-256 (1997)
 - 45) 水谷 潤・斎藤芳男・渡部殉子・高野俊明・有賀秀子：中華人民共和国内蒙古自治区における伝統的乳製品の製造法と乳利用体系，*ミルクサイエンス*, 46, 193-200 (1997)
 - 46) 高橋富士雄：モンゴルの乳利用，*New Food Industry*, 42(12), 1-8 (2000)
 - 47) 中江利孝・片岡 啓・宮本 拓：モンゴルの乳および乳製品の化学的性状について，*岡山大学農学部学術報告*, 48, 63-67 (1976)
 - 48) 三橋重之・山田真由美・望月英輔・宮本 拓・片岡 啓・中江利孝：内蒙古の乳製品より分離した乳酸桿菌と乳酸球菌の性状の検討，*酪農科学・食品の研究*, 38, A-209-216 (1989)
 - 49) 那日松・北本 豊：中国・内蒙古地域における伝統的発酵乳エードスンスーの微生物フローラ，*日本畜産学会報*, 66, 555-563 (1995)
 - 50) 那日松・田中嘉則・森 信寛・北本 豊：中国・内蒙古地域における伝統的発酵乳アイラグの微生物フローラ，*日本畜産学会報*, 67, 78-83 (1996)
 - 51) 石井智美・菊地政則・高尾彰一：中国内モンゴル自治区の Chigo からの乳酸菌と酵母の分離と同定，*日本畜産学会報*, 68, 325-328 (1997)
 - 52) 渡部殉子・池田なぎさ・水谷 潤・佐藤直子・金世琳・平井智子・有賀秀子：中国内モンゴル伝統的発酵乳とカルピス酸乳の理化学的性状および構成菌比較，*ミルクサイエンス*, 47, 1-8 (1998)
 - 53) 布仁特古斯・宮本 拓・中村昇二・野坂能寛・青石晃宏：中国内モンゴル自治区の馬乳酒から分離した構成乳酸菌の同定，*日本畜産学会報*, 73, 441-448 (2002)
 - 54) Shuangquan, Burentegusi, and Miyamoto, T.: Microflora in traditional fermented camel's milk from Inner Mongolia, China. *Milchwissenschaft*, 59, 649-652 (2004)
 - 55) Shuangquan, Burentecusi, Bai YU, and Miyamoto, T.: Microflora in traditional starter cultures for fermented milk, hurunge, from Inner Mongolia, China. *Anim. Sci. J.*, 77, 235-241 (2006)
 - 56) 阿部浅樹・近藤康博・宮本 拓・梅田慎也・原和志：新規乳酸菌，特願 2006-59980 (2006)
 - 57) Rashid, M. H., Togo, K., Ueda, M., and Miyamoto, T.: Identification and characterization of dominant lactic acid bacteria isolated from traditional fermented milk Dahi in Bangladesh. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 23, 125-133 (2007)
 - 58) 細野明義：発酵乳の歴史と種類，*Health Digest (Food)*, 9(2), 1-8 (1994)
 - 59) 中江利孝：トルコ共和国の酪農・乳業，*日本畜産学会関西支部報*, 9, 99-11 (1985)
 - 60) 高橋富士雄：北部・東部ヨーロッパおよび西アジア地域における牧畜と乳利用（その2）トルコの伝統的乳製品，*酪農科学・食品の研究*, 39, A139-A147 (1990)
 - 61) 高橋富士雄：北部・東部ヨーロッパおよび西アジア地域における牧畜と乳利用（その5）バルカン諸国の自然と牧畜，および発酵乳，*酪農科学・食品の研究*, 40, A181-A196 (1991)
 - 62) 荒井威吉・中島景典・丸山千弘玲・中村 正・戸羽隆宏・浦島 匡：イエメン産の伝統的自然発酵乳“ラバン”の菌叢ならびに官能特性の解析，*ミルクサイエンス*, 51, 63-72 (2002)
 - 63) Temmerman, R., Masco, L., Huys, G., and Swings, J.: Application of repetitive element sequence-based (rep-) PCR and denaturing gradient gel electrophoresis for the identification of lactic acid bacteria in probiotic products. in *Probiotics in Food Safety and Human Health*. I. Goktepe, V. K. Juneja, and M. Ahmedna eds. CRC Press, Boca Raton, pp. 207-228 (2006)