

# モンゴル遊牧民の製造する乳製品と馬乳酒の性質および特性

誌名	ミルクサイエンス = Milk science
ISSN	13430289
著者名	石井, 智美
発行元	日本酪農科学会
巻/号	64巻1号
掲載ページ	p. 53-62
発行年月	2015年4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



## モンゴル遊牧民の製造する乳製品と馬乳酒の性質および特性

石井 智美\*

(酪農学園大学, 北海道江別市, 069-8501)

Characteristic and property of Mongolian noma's dairy products and kumiss production

Satomi Ishii

(Department of Food Science and Human Wellness, Rakuno Gakuen University, Ebetu, Hokkaido 069-8501)

## 緒 論

哺乳類の乳は動物によって組成は異なるが、いずれの仔畜も乳のみである程度まで成長出来る優れた栄養素を含んでいる。こうした乳について、ウシの乳を中心に利用、加工、性質、機能性等の観点から多くの報告がなされてきた<sup>1,2,3)</sup>。

人の子どもも仔畜と同様にある程度まで母乳のみで育つが、成長するに伴い乳中の乳糖を分解する酵素が出なくなり、大人では一定量の乳を飲むと、乳糖不耐の不快な症状が高い頻度で現れることが知られている。これは子どもにとって唯一の食べものである乳を、大人が横取りしないための遺伝子の戦略ともいわれている<sup>4)</sup>。

早い時期から人は野生動物の家畜化を試みてきたと考えられている。家畜は人の生活において使役、乗用をはじめ、食料、皮、毛など生活に必要な物資の供給源だった。搾乳は「人の母親が赤ん坊に授乳する」ことを家畜に応用して始まったとされている。地球上には多くの種類の野生動物が生息しているにも関わらず「家畜化された哺乳動物は少ない」と Jared, D は述べ、家畜化された「メジャーな5種」としてヒツジ、ヤギ、ウシ、ブタ、ウマ。「マイナーな9種」としてヒトコブラクダ、フタコブラクダ、ラマ、アルパカ、ロバ、トナカイ、水牛、ヤク、バリ牛、ガヤルシなど僅か14種でしかないとしている<sup>5)</sup>。そのうち13種の野生祖先種が、地球上で東西南北に至る広大で、乾燥地から湿潤な土地まで多様な環境を有するユーラシア大陸に生息していた。ユーラシア大

陸は家畜となった動物の大供給地だったのである。地球規模で重要な家畜は「メジャーな5種」とされるヒツジ、ヤギ、ウシ、ブタ、ウマだが、搾乳という観点ではウマの搾乳は遊牧地域に限られ、ブタは搾乳の対象にはならなかった。

農耕に適さない乾燥地域で遊牧を生業とし、家畜から搾乳して乳製品をつくってきたのが遊牧民である<sup>6,7,8,9)</sup>。モンゴル遊牧民は、Jared, D の説く「メジャーな5種」のうち、ヒツジ、ヤギ、ウシ、ウマと「マイナーな9種」のうちのフタコブラクダを飼ってきた。これらは「モンゴル5畜」と呼ばれ、すべてが搾乳の対象で、肉、内臓、血液をも食料として完全利用してきた。

筆者はウマの生乳をドブコク状に発酵させた馬乳酒について、多くの伝承があるものの科学的見地からの報告が少なく関心を持ち続けてきた。そして遊牧の食は、移動する生活形態から家畜由来の乳、肉に依存する割合が高く野菜や果物の摂取量が殆どない、限られた食材の繰り返しで我々の食の対極にある。こうした遊牧の食で健康を維持してきたメカニズムを検討する過程で、独自の乳利用の中で馬乳酒が果たしてきた役割に気がついた。以下モンゴル国の馬乳酒について、これまで得た知見の一部を報告する。

## 1. 遊牧生活における家畜と乳

## 1-1. 家畜と乳

モンゴル遊牧民は、生活地域の植生に合わせて複数の家畜を飼うことで疾病、自然災害時などに、全家畜を失うリスクの回避を図ってきた<sup>10)</sup>。寒さに強い在来種を中心とした「モンゴル5畜」のうち、ゴビ地方以外ではラクダを除いた4畜を飼っている家庭が多い。最も飼育頭数が多いのはヒツジで、次がヤギである。ウシは数頭、ウマは乗用として必ず数頭は飼っている。馬乳酒をつくっている家庭では、種オス(アズラカ)1頭と数十頭のメスで構成するウマ群を、1つから2つほど維持し

\* 連絡者 石井智美(いしい さとみ)  
〒069-8501 北海道江別市文京台緑町582番地  
酪農学園大学農食環境学群・食と健康学類 教授  
(Tel: 011-388-4887, Fax: 011-388-4887,  
E-mail: ishii@rakuno.ac.jp)  
2014年11月28日 受付  
2015年2月20日 受理  
[doi:10.11465/milk.64.53]

Table 1 Chemical composition analysis of Mongolian animal milk (%).

	Water	Solid	Protein	Fat	Ash	Insolubled nitrogen	kcal
Goat (Native species)	81.3	18.7	6.1	7.3	1.0	4.3	107
Cow (A mongrel)	86.8	13.2	3.5	4.0	0.7	5.0	70
Cow (Native species)	85.9	14.1	4.1	3.5	0.7	5.8	71
Yaku	83.7	16.3	5.7	4.3	0.8	5.5	84
Camel (Bactrian camel)	86.4	13.6	4.2	4.2	4.2	1.0	71

ている。

草原で肉を得るには、財産である家畜を屠らなければならない。しかし搾乳は、家畜を減らさず継続して乳を得ることが可能な、優れた「生活技術」なのである。草原の草生えがよかった2012年9月の、モンゴル国の家畜乳の一般成分分析の値を表1に示した。モンゴルのウシは移動しつつ草を食べ運動量も多い。西洋風に配合飼料で飼われているウシに比べ、遊牧民の飼うウシの乳量は1日2~4L程度と少ないが、たんぱく質含有量が高い。乳質には家畜の食べる草の種類、土壌など家畜を飼う地域の自然環境が大きく関わっている。草原は家畜が草を食べ、移動することによって生じる負荷を復元し、維持されてきた。

遊牧民は家畜群を管理する上で、大きくて丈夫なオスを種オスとし、それ以外は去勢してきた。去勢後は性格がおとなしくなり、太りやすかつ肉質は軟らかくなる。5畜すべてに行われる去勢は、搾乳とともに草原の重要な「生活技術」なのである。

ヒツジ、ヤギの生殖には人が種オスをコントロールし、出産時期を3月に固めてきた。その折、初乳の一部を加熱して乾燥させた黄色味の強い初乳チーズ（オーラク）をつくり、体調の悪い時に利用してきた。初乳の持つ免疫効果を熟知しているのである。

一方大型動物であるウシ、ウマ、ラクダの生殖には人は積極的な介入は行わない。多くのラクダを飼うゴビ地域では血が濃くならないためとして、出産適齢期のメスをあえて放し野生のオスと交配させることも行っている。

遊牧の1年は、人が家畜の成長のサイクルに合わせて営まれている。夏営地への移動は事前に移動先の水と草原の状態を確認し、仔畜が自力で移動出来るようになる6月下旬頃に行われる。家畜は夏営地で10月末まで草を食べて太り、この間は休むことなく搾乳、乳加工が行われる。11月になると寒風を避けるため冬営地へ移動し、家畜は凍った地面を脚で掘り枯草を食べて春を待つ。例年厳冬期に-40℃付近まで気温が下がるため、越冬出来ないと判断した弱い個体は11月上旬に屠り冬の間の食料とする。遊牧の食はその生活サイクルから「夏期は乳製品の摂取割合が高く、冬期は肉食の割合が高い」という明確な季節性を持っている<sup>11)</sup>。

## 1-2. 乳加工における発酵の利用

草原では長い間ヒツジ、ヤギが搾乳の主力であったが、1頭当たりの泌乳量が少なく、多くの頭数を搾るため手間がかかり、近年搾乳をする家庭は減り、今日の搾乳の中心はウシである。

乳加工は女性の仕事で、道具は料理にも使われる柄杓、鉄鍋を用いゲル（移動式天幕住居）の屋内で行われる。最初に乳脂肪を集めて取出し、残った脱脂乳から次にたんぱく質を抽出してチーズをつくる。乳加工には、乳を発酵させるための「スターター」となる自家製発酵乳が欠かせない。遊牧民宅では乳を発酵させる専用の発酵容器を大切にしてきた。発酵容器はバターチャーンに似た縦型の木桶が多く用いられ、中に先端に木製の羽根のついた攪拌棒があり、上下に動かして乳を攪拌する。家畜の世話などで忙しく乳加工を行う時間がないときは、発酵容器中に全脂の乳を直接注ぎ、乳加工を行う時間を調整する役割をも担ってきた。

筆者が数軒の遊牧民宅の発酵乳中の乳酸菌と酵母の種類、総菌数を調べたところ、日本の糠漬けを漬ける糠床で、家庭ごとに菌叢が異なっているのと同様、遊牧民宅の発酵乳でも、家庭ごとに複数の菌種からなる独自の優勢菌叢が構成されていた。総菌数は乳酸菌群で $10^6 \sim 10^8$ /mL、酵母群は $10^4 \sim 10^6$ /mLだった。遊牧民は高標高で冷涼な環境下で発酵容器中の乳の状態に、細心の注意を払い温度、風通し、攪拌回数によって発酵を調整してきた。発酵が不調な場合は、「生のハルガイ（ツリガネ科の野草）」「ヤギの発酵乳」などを加えることも行われていた。こうして発酵状態を維持する過程で、家庭に合った微生物叢が構成されてきた。

中尾<sup>12)</sup>は、世界各地で早い時期から気候、環境に合った独自の乳加工が行われてきたと述べている。モンゴルの乳加工に関する先行研究は管見した限り、戦前の柏原・浜田<sup>13)</sup>の研究に始まり、本橋<sup>14)</sup>、菌井<sup>15)</sup>、松島<sup>16)</sup>、斉藤・小島<sup>17)</sup>の研究、第2次世界大戦後は梅棹<sup>18)</sup>、中尾<sup>12)</sup>、中江<sup>19)</sup>、小長谷<sup>20)</sup>、水谷<sup>21)</sup>、平田<sup>9)</sup>による研究がある。これらの報告は、調査先の乳加工が弾力的に運用されていること、乳の種類、乳量等をも考慮しなければならないとともに、同じモンゴルでもモンゴル国と中国内蒙古自治区では、調査地の違いから今日よく知ら

れている乳製品に関する報告がないという事例もある。モンゴル族が暮らす草原は第2次世界大戦後、外国人の立ち入りが禁止され、情報が極めて少ない時期が続いた。1991年のモンゴルの民主化以降、立ち入りが可能になり、筆者も調査を行ってきた<sup>22)</sup>。

モンゴル遊牧民の乳加工は最初に脱脂を行い、脱脂乳となった乳を低発酵状態で加工する、もしくは発酵を進め高発酵状態にして加工するという発酵状態の2本立ての加工が並行して行われている。乳加工において発酵が大きな役割を果たしてきた。一見すると無造作に行われているかに見える乳加工だが、再現性のある乳製品がつくられてきた。

筆者は、数軒の遊牧民宅の乳加工で「スターター」として用いる発酵容器中の発酵乳、自家製乳製品と発酵干し肉（ヒツジ肉）から、乳酸菌の分離・同定を行った。その結果、それぞれの家庭の発酵乳、自家製乳製品と発酵干し肉から、家庭ごとにほぼ同じ複数の乳酸菌を分離した。家庭単位で独自の複数の微生物叢が構成され、相互に影響を与えあう発酵によって、草原の食は支えられてきた。

乳加工は、朝と夕に搾ったウシの乳を冷却した後、夕方まとめて大鍋に入れることから始まる。アルガリ（ウシの糞）を熱源としてストーブで緩やかに加熱し、温めた乳を柄杓ですくい上げ、高い位置から鍋に静かに落とす動作を繰り返すと比重の軽い乳脂肪が上部に集まり、鍋の上は一面軽く泡立つ。鍋をストーブから降ろし静置すると、翌朝鍋の上部にウエハス状の厚みのある乳脂肪製品ウルムが出来ている。ウルムを取った残りの脱脂乳を再び加熱し、鍋の中の乳を指にかけ温度が35℃付近であることを確認し、発酵乳を「スターター」として加え、ストーブから降ろした鍋を厚手の布で包み半日ほど保温しヨーグルト（タラグ）をつくるか、加熱を続けて液体の乳から形成された固形分をワイシャツ生地に似た繊維の目の細かい袋に詰め、重しを載せるか吊るすかして中のホエーを除き、酸味の少ないチーズ（ビヤスラク）か、煮詰めて茶色いチーズ（エーズギー）をつくる。いずれも1日屋外で乾燥させて完成する。つくられる乳製品は、家族の好みと当日乳加工に費やすことの出来る時間によって決まる。モンゴルで最も好まれるチーズは高発酵乳でつくる酸味の強いアロールである。作り方は、ウルムを取った後の脱脂乳を一度専用の乳発酵容器に注ぎ、高発酵乳となった状態でビヤスラクの製造と同様に行う。2008年8月に Uburhangai 県の同一家庭で製造した乳製品の一般成分分析の値を表2に示した。ウルムは脂肪含有量が高く、朝食時に出来立てを食べるほか、再度加熱し保存に耐えるよう脂肪含有量を上げた製品をつくることもある。

Table 2 Chemical composition analysis of Nomads made dairy products (%).

	Water	Solid	Protein	Fat	Ash	Insoluble nitrogen	kcal
Urumu	30.0	70.0	4.8	59.1	0.7	5.4	573
Byasuragu	53.0	47.0	21.0	22.8	1.9	1.3	294
Eezugi	10.1	89.9	43.2	18.3	5.6	22.8	429
Arolu	15.3	84.7	22.1	4.5	2.2	55.9	353

### 1-3. 食における乳製品

草原の朝食は、通年自家製チーズと茶に少量の乳と塩を加えた乳茶である。必要なエネルギー量は確保出来るが、満腹感は得られない。夏期は新鮮な乳製品を存分に食べ、冬期は寒さに耐えるため肉の喫食量が増す。遊牧民は「冬の肉食で疲れて赤くなった胃を、夏に新鮮な乳製品を食べて白くする」と表現し、夏に乳製品を食べることを重要視してきた。乳製品を食べることで、腸内細菌叢の入れ替えが行われることによる身体への効果を経験的に知っていたのである。大人の遊牧民は乳を飲まずに乳製品を食べているが、例外として男性でウマ乳の搾乳を開始した頃から、搾ってすぐの温かいウマ乳を1日に200~300 mL程度、2週間程度連続して飲むことがよく行われている。最初は急激な下痢に襲われるが、遊牧民はこの下痢を「腸管を洗濯する」ためのよいものと認識している。下痢によってしばらくの間腸内細菌叢が不安定になるなど、マイナス面も多いと思えるが、下痢から回復した後は胃腸を含め体調がよくなるので続けてきたとしている。こうした乳利用の持つ意味、腸管におけるメカニズムについて、民族特性を視野に入れつつ今後検討を進めたい。

遊牧民の主婦は夏の間越冬用として、200 kg程度の乳製品を蓄えるが、その過程で搾乳量に余裕がある場合、主婦の裁量で高発酵乳を手製の蒸留器にかけて蒸留酒（アルヒ）をつくることも行われてきた。世界各地で行われる酒づくりが米、麦などの穀類、芋類、果物といった植物性食品を炭素源としてきた中で、遊牧民は動物性食品である乳から酒をつくってきた。乳中に含まれる乳糖を乳糖発酵性酵母が資化してアルコールを生成することを利用してきた。そして乳加工の過程で排出されたホエーは多くの乳糖を含んでいるため、乳の発酵容器の中に加えて酒づくりに用いられてきた。モンゴルの乳加工では廃棄される成分はないのである。

モンゴルのチーズづくりには、西洋式のチーズづくりにおける熟成や加塩がない。ゆえにモンゴルでは、自家製乳製品を大量に食べることが可能になった。モンゴル以外の遊牧を生業とする地域では、防腐対策から加塩したチーズ（クルト）をつくっている。これらの地域では小麦粉など穀類の入手がモンゴルに比べて容易で、現在

Table 3 An average energy intake and the energy ratio of the nomad people (man).

	June and July, 1997	May, 2002	August, 2002	August, 2008
Mean intake amount of energy (kcal)	2,190±589	1,678±496	2,108±618	2,571±185.7
A variation index	0.27	0.30	0.29	0.07
A mean protein intake (g)	97.4	41.9	75.8	110
The ratio in the energy intake ratio from wheat flour (%)	23	70	47	27
The ratio in the energy intake from dairy products (%)	50	5	36	63

\*; Winter, 2001–Spring, 2002 was very cold, and May 2002 was not enough dairy products. In summer dairy products food present for latives.

も乳製品に対する嗜好性は高いが、1日の乳製品の喫食量はモンゴル遊牧民に比べると遥かに少ない。

草原では乳製品は終日卓上に置かれ、適宜喫食されている。筆者が1996年から調査に協力していただいている、Uburhangai 県の遊牧民の男性（2015年で65歳；以後H氏と記す）の栄養摂取の推移を表3に示した。H氏のエネルギー摂取量は2002年5月では、2001年の夏期が前年の雪害で家畜が減り搾乳量も少なく、越冬用に備蓄した唯一の発酵乳製品アールツも底をついたため極めて低かったが、同年の夏期には搾乳が行われ、1日のエネルギー摂取量も2000 kcal を越えた。雪害の被害から回復した2008年夏期では、摂取エネルギー中の乳製品由来のエネルギー量が60%を越えた<sup>23)</sup>。この頃は草原でも小麦粉の購入が以前より容易になり、H氏宅の年間の小麦粉消費量は、11年前に比べ2倍に増えた。しかし「伝統的な遊牧民の夏期の食は乳製品の摂取が多い」という特徴は、今日も維持されている。そこには次に述べる民族飲料馬乳酒の飲用が大きく関わっている。

## 2. 遊牧民と馬乳酒

### 2-1. ウマ乳の利用

モンゴル遊牧民にとってウマは特別な存在で飼育頭数も多い。ウマ乳はたんぱく質が少なく、乳糖量が多いという特徴を持ち、チーズなどの乳製品をつくるには適さない。ゆえにもっぱら生乳を乳酸菌と酵母で発酵させて馬乳酒をつくり、どんどん飲むという特異な消費形態をとってきた。

遊牧民は朝食前に自家のウマ群を集め、ウマ取り棹で春に生まれた仔ウマを捕えてゲルの近くに1列に繋ぐ。仔ウマは馬乳酒を製造する3か月間は、朝から日没まで繋がれて過ごす。仔ウマが心配な母ウマが終日仔ウマのそばにいたため、最盛期には1日に2時間おき8回にも及ぶ搾乳の度に、母ウマを捕える必要がない。搾乳時は仔ウマを母ウマのもとへ連れてきて少し乳を吸わせ、催乳したところで仔ウマを素早く離して人が乳を頂くのである。搾乳は必ず仔ウマを扱う男性と、搾乳する女性のペアで行われる。日没後解き放された仔ウマは母

ウマとともに群れに戻る。遊牧民にとって馬乳酒は、人手と多くの時間をかけてもつくって飲みたい民族飲料なのである。

モンゴルの気象観測所の協力のもと、全国のウマの飼育頭数と馬乳酒製造の有無を県別に調査したところ、ウマの飼育頭数の多い東部では競馬用などの育種が中心で、搾乳を行ってはいない。全国で馬乳酒製造が行われているのではないのである。馬乳酒製造が盛んな地域はウマの飼育頭数も多く、草原の状態もよいモンゴルの最大部族のハルハ族が暮らすモンゴル草原の中央部のTuv 県、Aruhangai 県、Ubruhangai 県、Bulgan 県であった。モンゴル農牧省の畜産統計では、ウマの頭数の記載はあるが乳量の欄はない。それは今日モンゴルでウマ乳は馬乳酒として自家生産、自家消費されているものと認識され、すなわち換金用としての乳利用、馬乳酒の工業製品化が行われていないことを示している。

### 2-2. 馬乳酒の性質と特性

馬乳酒はモンゴル語でアイラグ、ロシア語でクミスと呼ばれている。紀元前5世紀のヘロドトスの「歴史」<sup>24)</sup>にも記され、今日までヤクート共和国、ブリヤート共和国、中国内蒙古自治区、モンゴル国、トウバ共和国、キルギス、カザフスタン共和国からロシアに至る内陸アジア各地でつくられてきた。ロシア、カザフスタン共和国の一部では工場製の馬乳酒が市販されているが、モンゴルでは先述したように自家生産、自家消費されている。

馬乳酒に関する研究はKhirisanfoval, M<sup>25)</sup>をはじめ、ロシアからの報告<sup>26,27)</sup>が多く、ロシア語で書かれている。日本には安田によって「結核に効くのみものクミス」として入ってきた<sup>28)</sup>。その後、村田<sup>29)</sup>、武井<sup>30)</sup>、清水ら<sup>31)</sup>の報告がなされ、結核への効能が注目された。我が国では一時期馬乳酒の性質に対する理解が文献において混乱し、筆者は整理を試みた<sup>32)</sup>。

製造方法は冷却したウマ乳を夕方生乳のまま、発酵の進んだ馬乳酒が2割ほど残った発酵容器に加える「中種方式」で、攪拌して製造させる。投入した乳量、気温によって攪拌回数が決まり、翌朝には飲用が可能である。攪拌回数は乳量によるが数千回から多い場合は1万回

Table 4 Chemical composition analysis of Mongolian kumiss and Mare's milk (%).

	Water	Solid	Protein	Fat	Ash	Insolubled nitrogen
Uburhangai Province	95.0	5.0	2.0	1.6	0.3	1.1
Aruhangai Province NO1	94.0	6.0	2.3	1.9	0.3	1.5
Aruhangai Province NO2	95.2	4.8	2.0	1.9	0.3	0.6
Bulgan Province No1	94.9	5.1	2.1	2.1	0.3	0.6
Bulgan Province No2	94.8	5.2	2.3	1.7	0.3	0.9
Tvo Province	94.6	5.4	2.1	1.9	0.3	1.1
Uburhangai Province Mare's milk	89.3	10.7	2.1	2.0	0.4	6.2
Bulgan Province No1 Mare's milk	89.6	10.4	1.9	1.9	0.3	6.3

Table 5 Mineral composition analysis of Mongolian kumiss and Mare's milk.

	Na	Ca	P	Fe	K	Mg	Zn	Cu	Mn
	(mg/100 ml)	(mg/100 ml)	(mg/100 ml)	(mg/100 ml)	(mg/100 ml)	(mg/100 ml)	(mg/100 ml)	(mg/100 ml)	(mg/100 ml)
Uburhangai Province	12	60	43	0.1	47	6	0.02	0	0.02
Aruhangai Province No1	11	66	54	0.1	59	5	0.02	0	0.02
Aruhangai Province No2	12	59	46	0.2	55	5	0.02	0	0.02
Bulgan Province No1	13	59	39	0.1	42	6	0.02	0	0.02
Bulgan Province No2	13	58	49	0.1	64	7	0.03	0	0.01
Tvo province	14	88	49	0.1	67	0	0	0	0.02
Uburhangai Province Mare's milk	12	62	38	0.1	44	5	0.03	0	0
Bulgan province NO1 Mare's milk	13	67	37	0.1	46	5	0.03	0	0

にもおよび、夕方以降数時間、連続的な攪拌が毎日行われる。性質は乳酸菌数 $10^7 \sim 10^8$ /mL、酵母菌数 $10^6 \sim 10^7$ /mL、酸度1~1.5%、アルコール度1.2~2.5%のドロドロ状で、微かな発泡性を持っている。現在モンゴルでおいしい馬乳酒の産地として知られているのは、中央部のTuv県、Aruhangai県、Uburhangai県、Bulgan県である。これらの地域の2012年9月のウマ乳と馬乳酒の一般成分分析の値を表4、微量成分の値を表5、遊離アミノ酸量を表6に示した。各地の馬乳酒の諸成分の分析結果に大きな違いはなかった。エタノール量1.5%、一般成分のたんぱく質、脂質、カーボンの値と乳糖の残糖量から馬乳酒のエネルギー量を約40 kcal/100 mLと算出した。微量成分の値は成分点滴に似た組成で、各アミノ酸量は試料により差があった。馬乳酒は加熱されていないため分析開始まで発酵が進行しており、生成アミノ酸量について今後も検討を進めたい。

馬乳酒は総じて1日における飲用量が多く、H氏の飲用量は1日約4Lだった。エネルギーに換算すると1日約1,600 kcalになる。そのため馬乳酒を飲んでいる間の食事量は少なくなっていた<sup>33)</sup>。家畜由来の乳、肉に由来する割合が高く、野菜や果物の摂取が極めて少ないという遊牧の食において、特に夏の間限定でつくられてきた馬乳酒の飲用は大きなウェートを占めている。

2013年6月にBulgan県で行った飲用量の聞き取りを、表7に示した。1日の馬乳酒の飲用量が10Lとの答えはモンゴルでは特異な飲用量ではなく、実際の飲用も確認している。馬乳酒の飲用量には個人差が大きい。大量飲用の背景であるが、普段の食事がエネルギー的には満たされても、満腹感を得られるものではない中、馬乳酒が他の乳製品のような保存が出来ず、製造期間中は集約的につくってはどんどん飲むという消費形態の自由さが、民族的な嗜好へ繋がった可能性がある。そして聞き取りの結果、「遊牧民が好む」「おいしいとする馬乳酒」は、夕方ウマ乳を発酵容器に投入し攪拌した翌朝の発酵がさほど進んでいない、すなわちアルコール度の低いものだった。馬乳酒には強い利尿作用があり、飲んでからは速やかにトイレに向くには浸透圧も関与し、代謝が早く進むこと、軽い発泡性があり飲みやすいこと、エネルギー量が高くはないことも関係していると思われる。

馬乳酒の大量飲用により多くの菌体が腸管に入る。これらの菌体は胃液等により死菌になってもコレステロールの吸着を阻害し、表6に示したような遊離アミノ酸成分が腸管内で利用されるとともに、菌によって異なる特異な細胞壁成分が有効に働き、腸管内の悪い物質を吸着し排出する、野菜や果物の摂取が極めて少ない食における食物繊維の代用をしてきた可能性がある<sup>34)</sup>。13世

Table 6 Amino acid analysis of Mongolian kumiss and Mare's milk.

	Asp	Thr	Ser	Glu	Gly	Ala	Cys	Val	Met
	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml
Uburhangai Province	2.0	2.0	12.0	18.0	5.0	16.0	0	3.0	1.0
Aruhangai Province NO1	4.0	4.0	3.0	28.0	4.0	16.0	0	4.0	2.0
Aruhangai Province NO2	1.0	1.0	2.0	5.0	3.0	9.0	0	2.0	1.0
Bulgan Province NO1	2.0	1.0	2.0	13.0	2.0	7.0	0	2.0	2.0
Bulgan Province NO2	4.0	4	6.0	16.0	4.0	15.0	0	5.0	2.0
Tvo Probince	1.5	1.4	2.2	9.5	2.2	10.2	0	1.0	0.8
Uburhangai Province Mare's milk	3.0	0	0	13.0	0	2.0	0	2.0	0
Bulgan Province NO1 Mare's milk	3.0	0	0	13.0	0	0	0	2.0	0
	Leu	Tyr	His	Phe	Lys	Trp	Arg	Pro	Ile
	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml
Uburhangai Province	9.0	4.0	3.0	4.0	3.0	0	6.0	29.0	3.0
Aruhangai Province NO1	11.0	0	0	5.0	3.0	0	0	10.0	0
Aruhangai Province NO2	5.0	0	0	3.0	2.0	0	0	22.0	0
Bulgan Province NO1	9.0	4.0	0	3.0	0	0	4.0	12.0	0
Bulgan Province NO2	15.0	5.0	8.0	5.0	8.0	0	0	11.0	5.0
Tvo Probince	5.4	1.2	0	2.8	3.4	0	2.5	13.0	0.7
Uburhangai Province Mare's milk	2	0	0	0	2.0	0	0	0	4.0
Bulgan Province NO1 Mare's milk	2.0	0	0	0	4.0	0	0	0	0

Table 7 The amounts of kumiss consumed per day in Bulgan Province.

Man		Femal	
Age	Drink/day	Age	Drink/day
65	10 L/day	60	2~3 L/day
60	5 L/day	57	10 L/day
58	30 L/day	57	10 L/day
58	10 L/day	55	2 L/day
58	10 L/day	50	5 L/day
56	20 L/day	45	5 L/day
55	20 L/day	25	5 L/day
55	10 L/day	25	2 L/day
53	15 L/day	14	3 L/day
50	5 L/day		
31	20 L/day		
25	20 L/day		
25	10~15/day		
21	15 L/day		

紀にモンゴルを訪れた修道士 Ruburck, W が、著書<sup>35)</sup>で驚きをもって記した馬乳酒の大量飲用は今日も続いている。馬乳酒は遊牧民にとって「液体の食べ物」なのである。

### 2-3. 馬乳酒の発酵と菌叢

Uburhangai 県の H 氏宅で1年の最初に馬乳酒をつくる時、以前は最後の馬乳酒に1日程度、穀物粒を入れた布袋を浸して乾燥させた「ホロンゴ」(モンゴル語で資本の意)を、冷暗所に保存し、翌年新しいウマ乳に加えよく攪拌して用いていた。近年は先に馬乳酒製造をはじめた家庭から馬乳酒を5L程度購入し、自家のウマ乳に加えてよく攪拌して製造していた。この方法はスターターの量が多く、発酵が失敗することは少ない。かつて用いていた「ホロンゴ」について各地の遊牧民宅で聞き取りをしたところ、「最後の自家の馬乳酒を冷暗所に置き置いた乾燥物」「最後の馬乳酒にウマの臍を細く割いたものを浸して冷暗所に保存したもの」「自家製のヤギのタラグ(ヨーグルト)」「生の野草ハルガイ」を用いていたとの答えが多かった。

例年、モンゴル国の中で最も早く馬乳酒の製造を始める地域が Aruhangai 県である。この地域は春の気温が他の地域に比べて高いため草も早く生え、仔ウマの育ちも早いゆえである。2012、2013年に Bulgan 県で、現在用いている「ホロンゴ」について聞き取りを行ったところ、ほとんどの家庭が H 氏宅と同様、「他の家庭の馬乳酒を用いる」と答え、その購入先は最も早く馬乳酒の製造をはじめたため発酵が安定している Aruhangai 県の

馬乳酒で、5~10 L 程度購入し自家のウマ乳に加えていた。

早い時期から馬乳酒製造を行っている Aruhangai 県で、他の県を含め多くの遊牧民宅の「スターター」となっている遊牧民宅を捜し、「ホロンゴ」について聞き取りを行った。そこでは「自家製のヤギのヨーグルト（タラグ）」を用いており、ヤギのヨーグルトを数回、一部を取っては新たなヤギ乳を加えて繰り返し培養し発酵状態を安定させてつくったという。集住せず離れて暮らす遊牧民は独自のネットワークを持ち、馬乳酒製造においてもネットワークを介した情報を活用していた。

遊牧民に「おいしい馬乳酒」について尋ねると、地域を問わず「フフル（伝統的な発酵容器）でつくったもの」「発酵があまり進んでいないもの」「ホジル（塩類の一種）を含む土壌の草を食べるウマの乳でつくったもの」「スティーパ（イネ科の草）をよく食べるウマの乳でつくったもの」との答えが多かった。地域によっておいしい馬乳酒をつくる家庭が知られている。一見すると同様に思われる馬乳酒だが、「おいしい馬乳酒の製造」には、ウマの健康状態、ストレスがないこと、ウマ乳の質に関わる飼育地域の自然環境と水、草としてイネ科のスティーパが豊富であること、発酵に関わる温度管理、容器の種類、攪拌回数といった要素が複合的に関わっている。

H 氏宅の発酵容器は、1998年に妻がウシの一枚皮を手縫いしてつくった皮袋フフルを用いていたが2007年に息子に譲り、アルコール運搬用の大型ポリ容器に変えていた。フフルは馬乳酒の製造終了後水洗いし仕舞うため、発酵に関与する微生物がフフルの皮の裏に棲んで越冬出来たが、ポリ容器では棲むことは出来ない。

モンゴルの馬乳酒製造に関与する菌株についてこれまで Sigaeva ら<sup>36)</sup>、那日松<sup>37)</sup>、渡部ら<sup>38)</sup>、筆者<sup>39)</sup>、布仁特古斯<sup>40)</sup>、Uchida ら<sup>41)</sup>、烏力吉特力根ら<sup>42)</sup>の報告がある。1997年から筆者が常法に準拠<sup>43,44,45,46)</sup>し、モンゴル各地の馬乳酒から菌の分離・同定を行った結果、表 8 に示したように乳酸菌株14菌株、酵母11菌株と多様だった。1家庭の馬乳酒から必ず複数の菌株が分離され、家庭単位で各菌の割合、優勢菌叢は異なるが、複数の菌によって製造されていた。中でも乳酸菌では、*Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei*、*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*、*Lactobacillus plantarum* が多く、酵母では、*Kluyveromyces marxianus* var. *lactis* が最も多く分離された。分離菌の種類や、馬乳酒中での菌量が少なく優勢菌ではなくても、発酵において時期限定で重要な役割を果たしている菌が多いのではないかと考える。ゆえに乳糖を資化しない酵母の役割についても今後検討を進めたい。

乳酸球菌はすべての馬乳酒から分離出来たのではなく、試料の状態のよいものから分離された。Rubinnsky, B が1910年に「馬乳酒の発酵に *Lactobacillus bulgaricus*

Table 8 Isolated of microbial flora for Mongolian kumiss.

Lactic acid bacteria	yeast
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Kluyveromyces marxianus</i> var. <i>marxianus</i>
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	<i>Kluyveromyces marxianus</i> var. <i>lactis</i>
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i>	<i>Kluyveromyces mesenteroides</i>
<i>Lactobacillus paracasei</i> subsp. <i>paracasei</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
<i>Lactobacillus paracasei</i> subsp. <i>tolerans</i>	<i>Saccharomyces florentinus</i>
<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Saccharomyces fragilis</i>
<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	<i>Debaryomyces polymorphus</i>
<i>Lactobacillus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>	<i>Debaryomyces hansenii</i>
<i>Lactobacillus brevis</i>	<i>Candida kefyr</i>
<i>Lactobacillus helveticus</i>	<i>Candida tropicalis</i>
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	<i>Torula delbrueckii</i>
<i>Streptococcus salivarius</i> subsp. <i>thermophilus</i>	
<i>Pediococcus acidilactis</i>	
<i>Leuconostoc oenos</i>	

が関与している」と報告した<sup>47)</sup>。これは乳酸菌の分離・同定が試みられた初期の報告で、現在の *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* と同じであるかは厳密にはいえないと思うとともに、これまで多く引用されたことで、馬乳酒の発酵に関与する特有の菌株があると認識されたと考える。

筆者は馬乳酒の発酵に関わる特有の菌株があるということから、遊牧民が生活する空間に多くの菌が存在していることから、発酵に関わる菌株は多様だと考える。乳酸菌の間で、さらに乳酸菌と酵母の間で、様々な共生関係がつけられ、菌数の多少では評価出来ない要素が複合する中、弾力的に発酵が進行し、最適な状態の菌叢が家庭単位で構成されたと考える。馬乳酒はウマ乳中の炭素源を消費するまで発酵が進行することが、その性質の評価において大きなファクターになっている。土壌中の塩類をはじめ諸成分、地域の植生、水などの環境からもたらされるウマ乳の質が、モンゴルならではの冷涼な気候下で複数の菌の発酵からもたらされた各種の代謝産物と相まって、馬乳酒の微妙な風味形成、各種機能性の付与に大きく関わってきたのである。

馬乳酒から分離した乳酸菌株の中で、これまで筆者が実験に用いた桿菌では標準菌株に比べ、発育至適温度域が広い性質を有するものが多かった。それはモンゴルの冷涼な気候のもとで、おいしい馬乳酒を製造するため遊牧民が発酵容器の温度管理、発酵乳の酸っぱさ等に常に細心の注意を払い、発酵容器中の目に見えない微生物の管理を経験的に工夫し、保持してきたことが関与していると考えられる。近年馬乳酒を製造する多くの家庭で発酵容器がフフルからポリ容器等に変わり、「ホロンゴ」も変



わる中、各家庭で発酵に関わってきた菌株自体と、菌間の関係にもある種の変化が起きていると推測する。

馬乳酒は筆者の測定で100 mLあたり8~11 mgのビタミンCを含んでいた。野菜や果物の摂取がほとんどない遊牧の食において、馬乳酒は貴重なビタミンC供給源だったのだ<sup>48)</sup>。ウマ乳を他の乳加工とは異なり、加熱せずに生乳のまま発酵させる方法ゆえにこの値が保持されてきた。これまで遊牧民は「茶の飲用によってビタミンCを取ってきた」といわれてきたが、遊牧民が用いる團茶（グルジア産）のビタミンCを測定したところ、含まれてはいなかった。茶葉を團茶にする過程で失活したと考える。

馬乳酒の飲用と健康の関わりについて、雪害の影響のある2002年にUburhangai県で馬乳酒を飲んでいない5月と、飲んでいる同年8月の2回、同一人（女性20名、男性14名）で行った。その結果、血清総たんぱく質濃度、血清トリグリセリド濃度、総コレステロール値は僅かでも乳製品（馬乳酒）摂取の増えた8月には低下する傾向に、亜鉛濃度、血清ビタミンC濃度に上昇が見られた。5月から8月の血清トリグリセリド濃度の変化と8月の血清ビタミンC濃度の値は、馬乳酒飲用量と有意に相関し、馬乳酒の飲用に脂質代謝改善効果があることが示唆された<sup>49)</sup>。それは馬乳酒中の乳酸菌、酵母の菌体成分、代謝産物に由来すると考えている。

馬乳酒中のアルコールについてであるが、「どのような馬乳酒を好むか」との問いに「あまり発酵が進んでいない馬乳酒」との答えが多かった。そこから、アルコール度1.2%の馬乳酒を女性の飲用量の回答で多い2 L飲むとすると、24 gのアルコール摂取となり我々の飲酒における許容量に近い。ゆえに、許容量より少ないアルコール摂取では、身体に対し幾らかのリラックス効果をもたらすと思われる。しかし男性における1日10 Lの大量飲用では、アルコールによる身体へのリラックス効果はないといえよう。そして馬乳酒の飲用期間が夏期の約3か月に限られていることも、長期飲用による血圧上昇のリスクを幾分押さえることに関与しているのではないか。そのほか、馬乳酒が一切加熱されることなく生乳でつくられているゆえIgG値が保持されていることも、身体の免疫作用により効果をもたらしていると考えられる。

遊牧民からの馬乳酒の飲用効果の聞き取りでは、「肺によい」「結核によい」「胃腸によい」「肝臓によい」「身体すべてによい」「健康によい」「血圧の低い人によい」「肌が白くなる」との答えだった。さらに「血圧の高い人は飲んではいけない」「骨折者は飲んではいけないが、骨接ぎの時には骨が外れやすくなるので飲む」との認識もある<sup>23)</sup>。

1991年の民主化以降、現金経済の流れが草原にも押

し寄せ、遊牧生活に変化が起きている。そうした中で個人差はあるが、馬乳酒を夏期に大量に飲むことで「夏期の遊牧の食は乳製品の摂取割合が高い」という伝統的な食生活が維持されてきた。今後も馬乳酒の発酵に関与する微生物叢の特性、おいしい馬乳酒とはどのようなものか、飲用効果について科学的見地からの検討を進めて行きたい。

## おわりに

モンゴル遊牧民は、畜種ごとの乳の特性を把握し、発酵を管理し最適な乳加工法を編み出してきた。加工の過程で廃棄される成分はなく完全利用してきた。モンゴル遊牧民はまさに「乳を食べる人々」なのである。乳という優れた食品を微生物によって発酵させて活用してきた遊牧民の知恵と食のあり方に、21世紀の我々が学ぶことは多いのではないかと思う。

## 謝辞

このたびは、栄誉ある日本酪農科学会賞をいただき、学会長の齋藤忠夫先生（東北大学大学院教授）、副会長の宮本拓先生（岡山大学大学院教授）をはじめ、関係各位の皆様にご心からお礼申し上げます。

今回の報告は、これまでの多くの方に支えられて行ってきたものの一部で、研究に協力いただきましたモンゴルの皆様の友情に深く感謝いたします。

本研究の一部は、味の素食の文化財団、糧食学会、三島海雲記念財団、伊藤記念財団、トヨタ財団、JST、JIRCASの研究助成を受けて行ったものであることを記して感謝いたします。そしてご指導いただきました小長谷有紀先生（人間文化研究機構理事）、高尾彰一先生（北海道大学名誉教授・故人）、菊地政則先生（酪農学園大学名誉教授）、鮫島邦彦先生（酪農学園大学名誉教授）、馬乳酒研究会会長前田壮二郎先生（前田医院院長）をはじめ同研究会の皆様、森永由紀先生（明治大学教授）、本研究に理解を示してくださった酪農学園大学、研究を通してお世話になりました多くの皆様にご心から感謝いたします。

## 引用文献

- 1) Frank, K. (ed): Chapter 4, Fermented milks, In *Cheese and fermented milk food*, Elsevier, New York, pp. 37-45 (1977)
- 2) 吉川正明・細野明義・中澤勇二・中野 覚 共編: 「ミルクの先端機能」, 弘学出版, 東京, pp. 27-102 (1998)

- 3) 上野川修一・清水 誠・堂迫俊一・鈴木英毅・元島英雅・高瀬光徳 編集:「ミルクの事典」, 朝倉書店, 東京, pp. 194-202 (2009)
- 4) Scrimahaw, N. S.: The Acceptability of milk and milk products in population with a high prevalence of Lactose Intolerance. 雪印乳業健康相談所, 東京, pp. 3-102 (1975)
- 5) Jared, Diamond. (倉骨 彰訳):「銃・病原菌・鉄」(上), 草思社, 東京, pp. 233-260 (2000)
- 6) Wood, B. J. B., Hoge, M. M.: Yeast-Lactic acid bacteria interactions and their contribution to fermented foodstuffs. In Wood B, J, ed, *Microbiology of fermented foods* vol. 1, Elsevier Science LTD, New York, pp. 263-294 (1985)
- 7) 石毛直道・谷泰・中尾佐助・和仁皓明: 乳食文化の系譜「乳利用の民族誌」, 中央法規出版, 東京, pp. 267-293 (1992)
- 8) 足立 達:「乳製品の世界外史」, 東北大学出版会, 仙台, pp. 3242-345, 511, 836-841 (2002)
- 9) 平田昌弘:「ユーラシア乳文化論」, 岩波書店, 東京, pp. 137-178 (2013)
- 10) 小長谷有紀:「モンゴル草原の生活世界」, 朝日新聞社, 東京, pp. 142-147 (2001)
- 11) 石井智美: 白い食べものと赤い食べもの「アジア読本モンゴル」(小長谷有紀編) 河出書房新社, 東京, pp. 27-35 (1997)
- 12) 中尾佐助:「料理の起源」, 日本放送出版協会, 東京, pp. 54, 151-158 (1972)
- 13) 柏原孝久・浜田純一:「満蒙地誌」, 富山房, 東京, pp. 279-301 (1919)
- 14) 本橋平一郎: 蒙古乾酪及蒙古ニ於ケル乳汁利用一般, 鳥取農学会報, 1, 191-204 (1928)
- 15) 藺井秀男:「満蒙全集第4巻」, 満蒙学校出版部, 東京, pp. 153-157 (1934)
- 16) 松島 鑑:「満蒙の文化」善隣協会調査部, 大連, pp. 53-58 (1935)
- 17) 斉藤道雄・小島正秋:「蒙古乳製品に関する研究(第1報)大陸科学院研究報告」, 大陸科学院, 大連, pp. 175-329 (1937)
- 18) 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. 269-354, 383-440 (1990 (1953))
- 19) 中江利孝・片岡 啓・宮本 拓: モンゴルの乳および乳製品の科学的性状について, 岡山大学農学報, 48, 63-67 (1976)
- 20) 小長谷有紀: モンゴルの乳製品, 「乳利用の民族誌」(石毛直道・和仁皓明編), 中央法規出版社, 東京, pp. 218-233 (1992)
- 21) 水谷潤・齋藤芳男・渡部洵子・高野敏明・有賀秀子: 中華人民共和国内蒙古自治区における伝統的発酵乳製品の製造法と利用体系, ミルクサイエンス, 46, 193-200 (1997)
- 22) 石井智美: 内陸アジアの乳酒に関する微生物学的知見と機能性, 日本調理科学会誌, 32, 99-105 (2000)
- 23) 石井智美: モンゴル遊牧民の馬乳酒の製造方法と性質, 「アフロ・ユーラシア内陸乾燥地文明叢書7」, 名古屋大学文学研究科比較人文学研究室, 名古屋, pp. 45-57 (2014)
- 24) Herodotus. (Carter, H.): Herodotus of halicarnassus, Oxford University press, London, pp. 288-289 (1962)
- 25) Khirisanfoval, M.; Antimicrobial properties of kumys from cow and mare milk, *Moloch. pro*, 30, 16-19 (1961)
- 26) Lang, A. B. S.: A study of kumiss manufactures potential new outlet for milk, *The milk industry*, 10-2, 2-24 (1970)
- 27) Koroleva, N. S.: Technology of kefir and kumys, *Bulletin of IDF*, 277, 96-100 (1975)
- 28) 安田徳太郎: ソ連邦の結核撲滅策, 月刊ロシア, 1, pp. 44-49 (1935)
- 29) 村田昇清: 結核にクミス製剤「ビオクミス」実験例, 東京医事新誌, 2978, 48-50 (1936)
- 30) 武井正衛:「結核療法としてのクミスに関する調査支那調査報告書第3冊」, 外務省文化事業局, 東京, pp. 1-44 (1939)
- 31) 清水文彦・武井正衛・石川善三: クミスに関する実験的研究, 実験医学, 25, 440-453 (1941)
- 32) 石井智美: 馬乳酒をめぐる記述に関する文献的研究, 民族学研究, 62-1, 33-43 (1997)
- 33) 石井智美: 第3章遊牧, 「食と大地」(原田信男編), ドメス出版, 東京, pp. 68-87 (2003)
- 34) 石井智美: 乳から造った酒は probioticus の先駆, 生物工学会誌, 81, 78 (2003)
- 35) Ruburck, W. (Dawson, C.): The Monlol Mission. Ams Press, New York, pp. 224-258 (1251 (1980))
- 36) Sigaeva, M. K., Ospanova, M. E.: New stater for kumiss preparation, *Int Dairy Congr*, 1, 308 (1982)
- 37) 那日松・田中嘉則・森 信寛・北本 豊: 中国内モンゴル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)
- 38) 渡部洵子・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性状および構成菌比較, ミルクサイエンス, 47, 1-8 (1998)

- 39) 石井智美：馬乳酒の微生物学的知見と機能性，日本醸造協会誌，**97**，210-215 (2002)
- 40) 布仁特古斯・宮本 拓・中村昇二・野坂能寛・青石晃宏：中国内蒙古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)
- 41) Uchida, K., Hirata, M., Motoshima, H., Urashima, T., and Arai, I.: Microbiota of airag, tarag and other kind of fermented dairy products from nomad in Mongolia, *Animal Science Journal*, **78**，650-658 (2007)
- 42) 烏力吉特力根・池田裕美・濱田千恵・吉村論史・小野夏彦・Thognemekh Bolormaa・蘇 敦・宮本 拓：モンゴル地域の馬乳酒における乳酸菌分布について，ミルクサイエンス，**62**，77-84 (2013)
- 43) 内村 泰・岡田早苗（小崎道雄監修）：「乳酸菌実験マニュアル」，朝倉書店，東京，pp. 47-73, 111-114 (1992)
- 44) 飯塚 広・後藤昭二：「酵母の分類同定法 第3版」，学会出版センター，東京，pp. 1-72 (1980)
- 45) Paul, De. Vos., George, M., Garrity, Dorothy. Jones., Noel, R. Krieg., Wolfgang, Ludwig, Fred. A. Rainey., Karl-Heinz, Schleifer., and William, B. Whitman.: *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology Second Ed*, (vol. 3 The Firmicutes), Springer, Dordrecht, Heidelberg, London & New York, pp. 465-532, 655-722 (2009)
- 46) Cletus, p. Kurtzman., Jack, W. Fell.: *The Yeasts, A Taxonomic Study Fourth edition*, 36. *Kluyveromyces van der Walt emend. van der Walt*, M.A. Lacchance, Elsevier, Amsterdam, Lausanne, New York, Shannon, Singapore, Tokyo, pp. 227-247, 255, 563 (1997)
- 47) Rubinsky, B.: *Studien uber den kumis. Zbt fur bakt*, Berlin, pp. 161-177 (1910)
- 48) Satomi, Ishii., Buho, Hoshino., Hiroshi, Komiyama., Aritune, Uehara., and Sabyr, Nurtazin.: Study on production and properties of kumiss of Herders in Mongolian Dry Steppe, *J. Arid Land Study*, **24-1**，195-197 (2014)
- 49) 宮澤正顕・前田壮二郎・浜 直・石井智美・小長谷有紀：モンゴル遊牧民馬乳酒の脂質代謝に与える影響，日本醸造協会誌，**98**，322-328 (2004)