1.　ミルク･乳製品利用の歴史

1-1　乳の利用の歴史

西アジア地域で草食動物が飼育され、乳利用の文化が生まれたと考えられている。

ヤギ：紀元前8000~7000年ごろ（イランイラク国境付近）
→アフリカ、ヨーロッパ、アジアに広がる

ヒツジ：北東中央アジア、カスピ海南部
ウシ、ウマ：西アジア（中東）で家畜化が始まる（紀元前6000年ごろ）

紀元前3000年ごろ：メソポタミア文明（シュメール人）が搾乳やバター製造。古代エジプトでも、牛乳の搾乳が行なわれる
紀元前1800~600年ごろ：聖書に牛乳が発酵し固まったヨーグルト様の食品の記載がある
紀元前200年ごろ：ローマ皇帝伝記に二種類の発酵乳の製造方法が記載されていた。

ミルクの保存、加工技術が発達し、各地の風土にあった乳製品（発酵乳）が作られるようになった。

シルクロードを通り、西アジアから中央アジアなどの遊牧民族に広がる。

現在、世界各地の発酵乳は400種以上
20世紀初頭、メチニコフにより、ブルガリアの長寿の秘訣がヨーグルトにあると発表し、ヨーロッパを中心に爆発的に普及した。

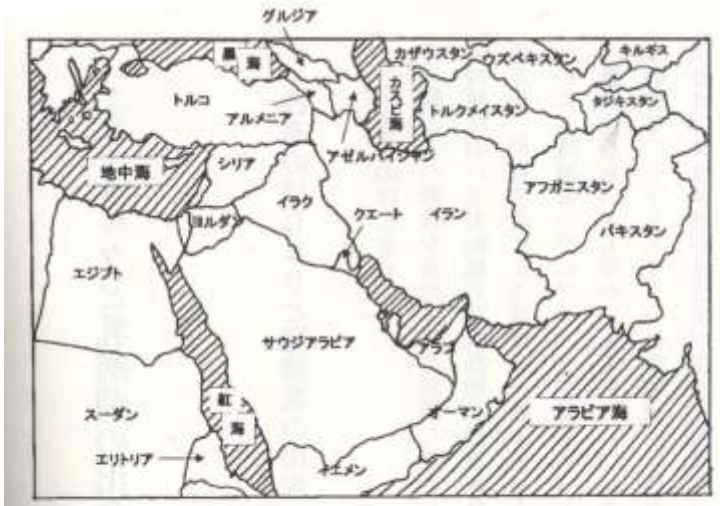


図2-1　アラビア、地中海地域
ヤギやヒツジ、ウシの家畜化は西アジアに起源し、その生活様式から、乳利用の文化が生まれてきたと見なされている。

1-2 主な古代の乳加工法

太古に遊牧民が乳を加工し、乳製品を生み出してきましたが、その方法は主に3つあります。

①搾乳した生乳を放置し、乳酸菌などの微生物の作用で発酵させた酸乳を作り、それを原料として乳製品を作る。(ヨーグルトなど)

②生乳を放置して浮かび上がるクリームをすくい取り、残りの酸乳を乳製品に、クリーム層はバターに用いる。

③乳をウシの第四胃に保存、もしくは果物などの凝乳酵素を加え、凝固させて乳製品を製造する。(チーズなど）

1-3　古典的ヨーグルト、バター、チーズ

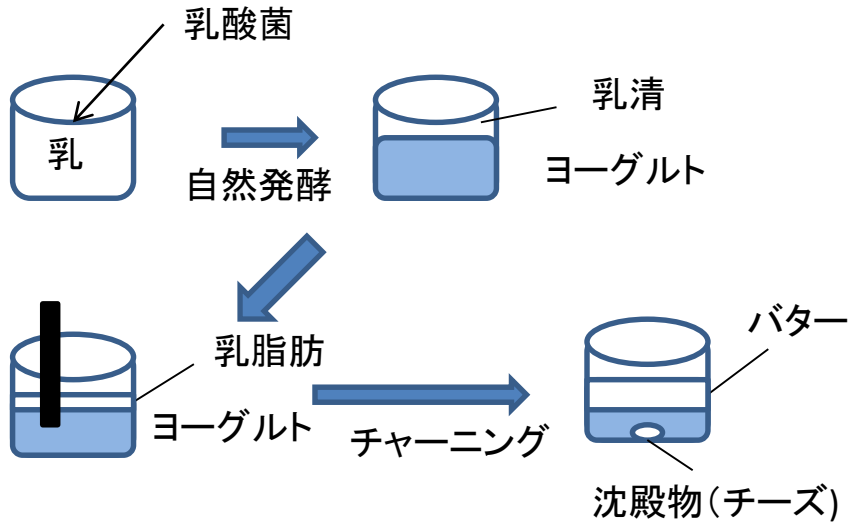
ヨーグルト：搾乳した家畜乳をカメなどにためておいた際、乳酸菌などの混入により自然発酵し、半固体状になったものが始まりと考えられている。

バター：上記のヨーグルト様のものを2,3日放置すると、上の方が固まり（乳脂肪）、周りは液体に覆われる。これを棒のようなものでよく撹拌（チャーニング）すると、固体と液体に分離する。この固体の方がバターの原型と考えられている。
食用のほかに、燃料、皮製品の加工、皮膚の荒れ治療にも使用されていた。（古代インド聖典：ヴェーダ）
チーズ：バター製造の過程で、バターをすくい取った残りの液体に含まれる沈殿物を煮詰め、塩を加えたものが、チーズの原型と考えられている。
数千年前にアラビア商人が、ヒツジの胃袋で作った水筒に乳を入れておいたところ、胃袋に付着した乳酸菌で乳が発酵し、胃袋に含まれるキモシン(凝乳酵素)が乳と反応し凝固したものが、現在のチーズ製造法の始まりといわれている。

1-4　日本における乳利用

6世紀半ば：大陸と交易が盛んになり、高句麗から牛乳の飲用と加工技術が伝わる

8世紀：平城京に都が移され、宮廷内で乳牛が飼育された。そこで、牛乳から酪、酥、醍醐が作られた。しかし、平安朝の没落とともに姿を消した。



酪：牛乳を皮膜を取りながら煮詰め、古い酪を加えて発酵させる（古代日本版ヨーグルト）
酥：牛乳を煮詰めて濃くしたもの。
醍醐：発酵乳を煮詰め、湯葉のような皮膜を集めて濃縮したもの（古代日本版チーズ）：醍醐味の語源

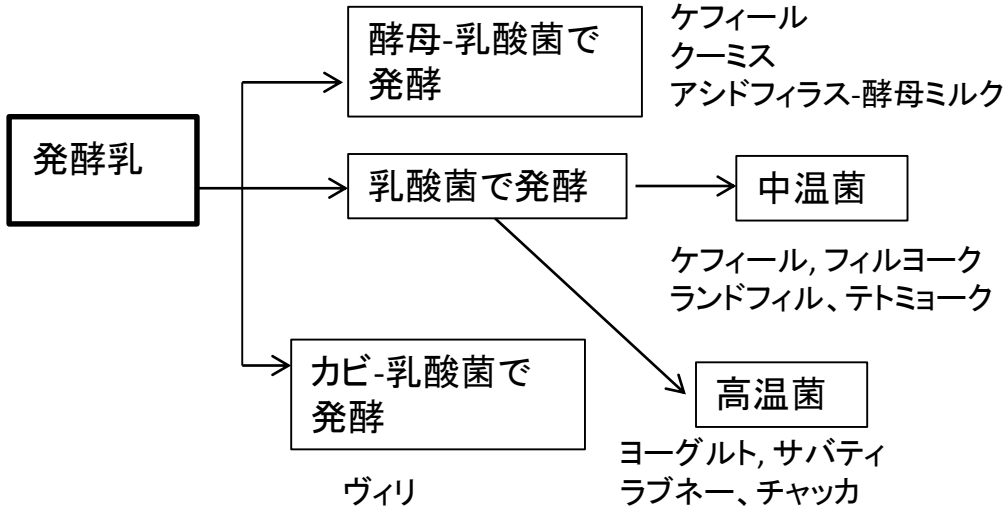
鎖国時代は牛が農作業用として珍重されたため、牛乳は優先的に子牛に与え、人間は飲めなかった。下田に赴任した総領事ハリスは、牛乳の納入を求めたが、幕府に却下された。牛乳を飲む文化が廃れていたため、幕府に理解されなかったと考えられている。
明治時代以降、再び庶民の口に入るようになる。
発酵乳：整腸剤として利用

1912年にケフィアが、1914年にヨーグルトが、1938年には新しい発酵飲料として、ヤクルトが販売される。1950年、明治乳業が工業規模で初めてヨーグルトを販売製造。
参考文献：ヨーグルトの科学（八坂書房）、牛乳とタマゴの科学（講談社ブルーバックス）

2. 世界の家畜乳と乳製品

2-1　伝統発酵乳の種類

民族的発酵乳は全世界で400種以上あり、そのうちヨーグルトのみが商業的発酵乳として、工場生産されています。



2-2　伝統発酵乳の製造方法による分類

発酵乳の凝乳方法による違いから分類すると、下記の4つに分類される。

①発酵容器(革製、木製など)に付着している微生物で発酵
②発酵乳をスターターとして発酵
③消化管由来(動物の胃袋など)微生物で発酵
④植物由来微生物による発酵

2-3　世界の発酵乳

発酵乳は牛、羊、山羊、馬、ヤク、水牛などの乳を原料として、主に乳酸菌で発酵させたものです。大きく分けると「アルコール発酵乳」と「酸乳」に分類されます。前者は乳酒で、後者はヨーグルトです。

15世紀では、アジアに乳利用の文化がない

【乳酒】:動物乳を乳酸菌、酵母でアルコール発酵させたもの

・ケフィール(ケフィア): コーカサス地方で生産される、牛乳、ヒツジ乳、山羊乳などにケフィア粒(酵母と乳酸菌を含む)を接種し、3日ほど発酵させる。アルコール濃度1%
・クーミス: 中央アジアで作られる馬乳を用いたアルコール性発酵乳
・レーベン: トルコやブルガリアで作られ、牛乳や馬乳をアルコール発酵させたもの
・マース: アフリカで作られ、水牛乳を発酵させた乳酒
・ニイナイチュウ: 中国で作られる馬乳、山羊乳、牛乳などを酵母で発酵し、アルコール分を蒸留したもの
・アイラグ: モンゴルで製造される馬乳を発酵させた乳酒。アルコール分は1-2%。アルコール分を蒸留したものはアルヒという。

馬乳の搾乳（モンゴル国）

馬乳のバター製造（左)と馬乳酒のpH測定(右)
(モンゴル国）

【ヨーグルト】:動物乳を乳酸菌で発酵・固化させたもの
原産地はバルカン半島（トルコ、ギリシャ、アルバニア、ブルガリア、旧ユーゴなど）。
・ブルガリア：羊乳、牛乳、水牛乳などを二種の乳酸菌(ブルガリカス菌、サーモフィラス菌）を用いて発酵させ、ヨーグルトを作る

<u>ヨーグルトの製法と種類</u>
①プレーンヨーグルト：乳と乳製品のみで作られるヨーグルト。
②ハードヨーグルト：硬度のあるヨーグルトで、硬度を上げるためにゼラチンや寒天を用いる。
③フルーツヨーグルト：前発酵させたヨーグルトに、フルーツ切片などを混ぜたもの
④ドリンクヨーグルト：ヨーグルトの発酵を攪拌しながら行なったもの
⑤乳酸菌飲料：脱脂乳を乳酸菌で発酵させ、発酵後カードを砕き、砂糖を1-1.5倍加え殺菌したもの

【チーズ】動物乳に乳酸菌や凝乳酵素を加え固化させ、乳清（ホエー）を除いたもの（カード）を熟成させたもの（ナチュラルチーズ）

<u>チーズの種類</u>
・プロセスチーズ：ナチュラルチーズを粉砕し、加熱溶融し、乳化したもの
・フレッシュチーズ：上記の製法で熟成させないチーズ
（例)モッツァレラ、マスカルポーネなど
・白カビチーズ：白いカビで熟成させたチーズ
(例)カマンベール、ヌーシャテル（フランス）
・青カビチーズ：青カビで熟成させたチーズ
(例)ゴルゴンゾーラ(イタリア)、ババリアブルー（ドイツ)
・シェーブルチーズ：山羊の乳で作られたチーズ
（例)ヴァランセ、サント・モール・ド・トゥレーヌ（フランス）
・ハードチーズ：製造過程で水分を少なくした（水分が38％以下）もの
（例)エメンタール(スイス)、パルミジャーノ・レッジャーノ（イタリア）、チェダー（イギリス）
・セミハードチーズ：製造過程で水分を少なくした（水分が38-46 % ）もの
（例)ゴーダ（オランダ）

参考文献：ヨーグルトの科学（八坂書房）、牛乳とタマゴの科学（講談社ブルーバックス）、発酵食品礼讃(文芸春秋)、
発酵食品の魔法の力(PHP)、雪印メグミルクHP(https://www.meg-snow.com/cheeseclub/knowledge/shurui/)

3. ミルク･乳製品の種類と成分

3-1　乳の成分

動物乳は、①炭水化物(乳糖：ラクトース)、②タンパク質(カゼイン、乳清(ホエー)タンパク質、アミノ酸など)、③脂肪(乳脂肪)、④ミネラル、⑤ビタミンなどからなる。①から⑤を五大栄養素といい、乳は五大栄養素を含む優れた食品でもある。特にタンパク質は、必須アミノ酸をすべて含んでいるため、人の体を作るために必要なタンパク質の合成を補助する役割がある。

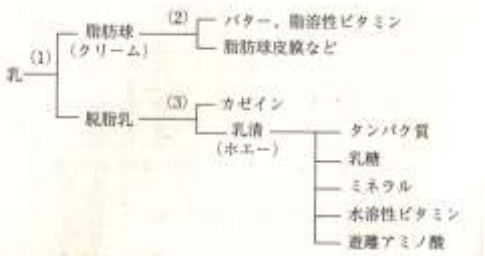


図3－1　乳の構成成分　(1)、(2)、(3)で遠心分離器を使い、重いものは沈み、軽いものは浮く性質を利用して分ける。

【動物による乳成分の違い】

動物の乳を比較すると、その成分には違いが見られる。牛乳は優れた栄養食品であるが、人乳と成分が異なるため、乳児に与える時には注意が必要である。人乳より多く含まれるカゼインは、乳児が摂取し分解するには多量なため、アレルギーの原因となる。また、消化不良も起こしやすい。そのため、乳児用の粉ミルクは、人乳に成分を近づけている。

また馬乳は、牛乳と比べカゼイン、乳脂肪の含量が少ないため、白色が薄く見える。この点で、馬乳を用いた乳製品(ヨーグルトやチーズなど)が作りにくいと考えられる。

その他の動物では、水生または寒冷地に棲息するアザラシ、マナティ、シロクマなどは乳脂肪分やタンパク質含量が高く、糖質が少ない傾向にある。

表2-4　それぞれの哺乳動物のミルクの組成（%）

	全固形分	タンパク質	脂質	糖質	ミネラル
カンガルー	20	4.6	3.4	6.7	1.4
キンモグラ	20.6	7.2	10.1	2	2.3
コウモリ	34.4	11.1	18.9	3.7	0.7
ウサギ	32.8	13.9	18.3	2.1	1.8
テナガザル	11.9	1.2	3.7	7	0.2
オランウータン	11.5	1.5	3.5	6	0.2
ヒト	12.4	1	3.8	7	0.2
リス	39.6	74	24.7	3.7	1
モルモット	16.4	8.1	3.9	3	0.8
イヌ	23.5	7.9	12.9	3.1	1.2
キツネ	18.1	6.3	6.3	4.6	1
オオカミ	23.1	9.2	9.6	3.4	1.2
クマ	44.5	14.5	24.5	0.4	1.8
ネコ	—	7	4.8	4.8	1
ライオン	30.2	9.3	17.5	3.4	—
オットセイ	65.4	8.9	53.3	0.1	0.5
アザラシ	67.7	11.2	53.2	2.6	0.7
インドゾウ	21.9	4.9	11.6	4.7	0.7
ウマ	11.2	2.5	1.9	6.2	0.5
サイ	8.1	1.4	0	6.1	0.3
ロバ	10.1	2.1	1.5	6.2	0.4
ブタ	18.8	4.8	6.8	5.5	0.8
カバ	11.5	5.3	3.5	4.3	0.8
ラクダ	15	3.9	5.4	5.1	0.7
キリン	22.9	5.6	12.5	3.4	0.9
ウシ	12.7	3.4	3.7	4.8	0.7
スイギュウ	16.8	3.8	7.5	4.9	0.8
ヤギ	13.2	2.9	4.5	4.1	0.8
ヒツジ	19.3	5.5	7.4	4.8	1
シロナガスクジラ	57.1	10.9	42.3	1.3	1.4

	水分	カゼイン	乳清タンパク	脂肪	乳糖	ミネラル
人	87.1	0.4	0.6	3.8	7.1	0.2
牛	87.5	2.8	0.6	3.7	4.8	0.7
馬	88.8	1.3	1.2	1.9	6.2	0.5
犬	76.5	5.8	2.1	12.9	3.1	1.2

注）同一の種でも泌乳時期、栄養状態、品種の違いによって多少の変動がある

参考文献：ヨーグルトの科学（八坂書房）、牛乳とタマゴの科学（講談社ブルーバックス）

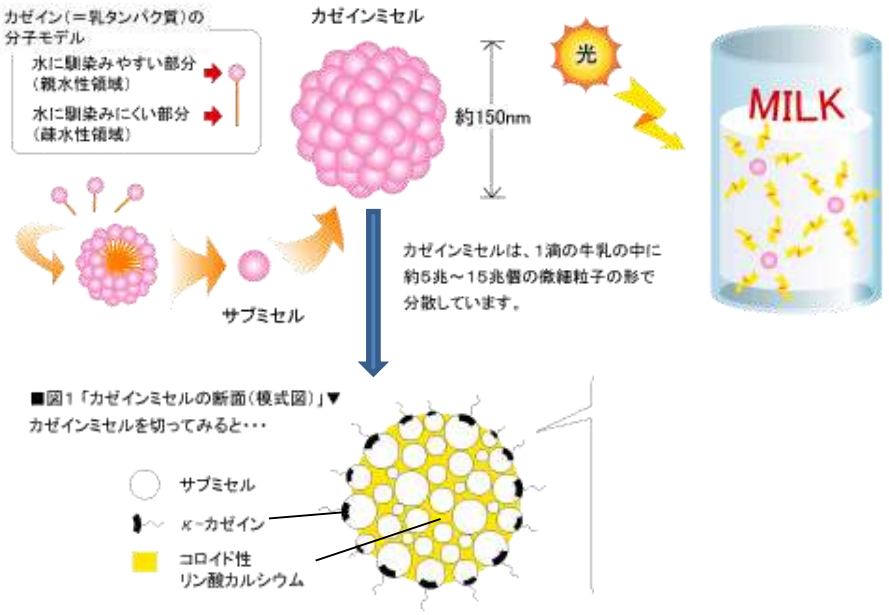
3-2　乳タンパク質

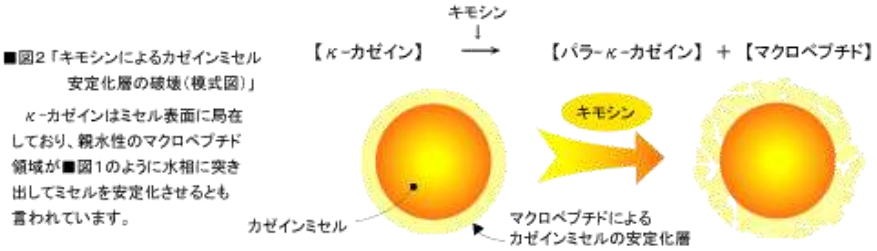
乳タンパク質は、大別するとカゼイン(約80%)と乳清(ホエー)タンパク質（約20%)に分類される。牛乳100ml中に約3.3g含まれている。牛乳に酸を加えると沈殿する成分（カード）の主成分がカゼインで、残りは乳清（ホエー）である。

①カゼイン

カゼインはα，β，κ カゼインの三種類のタンパク質の集合体で、巨大なミセルを形成し、乳の白色はカゼインの色である。カゼインのミセルが光に反射し、我々の目には白く映る。カゼインミセル中には、他にリン酸カルシウム(骨の成分)が含まれる。

　また、カゼインはpH4.6で沈殿を起こす性質がある（等電点沈殿)。チーズづくりでは、酸性物質（酢酸、乳酸など）や凝乳酵素(レンネット：キモシンともいう）でカゼインを凝乳させ、乳清を除いたもの（カード）がナチュラルチーズで、さらに微生物により熟成させると多様なチーズとなる(プリントNo.4)。





キモシン(レンネット）で、カゼインミセル表面の親水性部分を切断し、内部の疎水性部分が凝集することで、カードが生成する。

②乳清（ホエー）タンパク質

乳からカゼインを取り除いたものを乳清（ホエー）という。ホエーは90%以上が水分だが、その他に、ホエータンパク質、乳糖、酢酸、乳酸、ビタミン、カルシウムやマグネシウムなどのミネラルなどを含む。ホエーを用いた飲料やホエーを与えたホエー豚など、ホエーを利用した商品も開発されている。

ホエータンパク質には、下記のような種類がある。

表4 乳清タンパク質の免疫機能

タンパク質	機能
β-ラクトグロブリン	レチノール(ビタミンA)を結合し，腸管からレチノールの取り込みを促進する．また，長鎖脂肪酸への結合能が高い．
α-ラクトアルブミン	腫瘍細胞を致死させる作用がある．気道上部の細菌を殺菌したり，消化管粘膜を保護する作用がある．
ラクトフェリン	腸管から鉄の吸収を調節する．種々の細菌の増殖を著しく抑制する．好中球などが貪食し，破壊した菌体から放出した遊離鉄を結合し，組織などの酸化を防止する．免疫担当細胞の免疫応答を調節する．
血清アルブミン	脂肪酸，胆汁色素などの水に溶け難い物質を結合し，運搬する．
免疫グロブリン G	補体が介入する殺菌作用に関与し，細菌の組織などへの付着を阻止する．毒素やウイルスを中和する．
免疫グロブリン A	種々の細菌などを凝集し，細菌の増殖を抑制する．ウイルスや細菌が産生した毒素を中和する．腸粘膜表面への細菌の付着を防止する．
免疫グロブリン M	IgGと同じ機能をもつが，生物活性はIgGよりも強い．
ラクトペルオキシダーゼ	体内の過酸化水素とシアン酸イオンから殺菌力の強いヒポチオシアンイオンを生じる反応を触媒する．
リゾチーム	細菌の細胞壁を破壊して溶菌する．

主なホエータンパク質

①β-ラクトグロブリン(βLG)

162残基からなる分子量18.3kDaからなるタンパク質で、単量体（酸性、低温）もしくは2量体以上の多量体（中性、高温、脂肪酸結合など）を形成する。LGはその一次構造から脂質結合タンパク質であるlipocalinファミリーの一員で、レチノール (ビタミンA) やパルミチン酸と結合することが知られており、脂質結合にはlipocalinファミリーに保存されているG17-X-W19 配列の関与が示唆されている。β - LGが腸管内に存在すると，ビタミンAの吸収が促進される.

βLG (pdb code 1BEB)

②α-ラクトグロブリン(αLA)

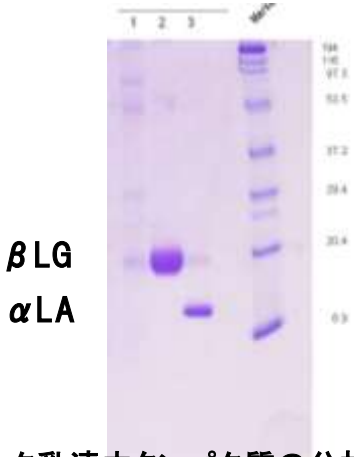
123残基からなる分子量14.2kDaのCaを含む単量体タンパク質である。オレイン酸の存在下で多量体を形成し、殺細胞作用を示すことが知られており、オレイン酸以外の脂肪酸とも相互作用する。乳腺細胞内でラクトースの生合成に不可欠なタンパク質で、また胃腸管粘膜の保護作用があることが知られています．さらにαLAは呼吸器疾患の病因となるインフルエンザ菌や肺炎連鎖球菌などに対して強い殺菌作用があり，この効果は脂肪酸との相互作用によることが分っています.

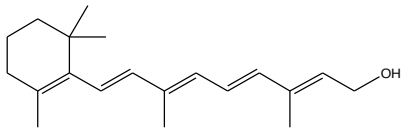
αLA (pdb code 1F6S)

③ラクトフェリン(LF)

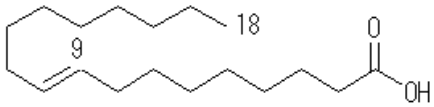
LF (MW約86,000)は鉄結合タンパク質で、体内で遊離した鉄イオンによる酸化作用と組織や細胞などの損傷誘発から、鉄イオンを吸い取り，その損傷から守る．さらに，その鉄結合性により細菌に必要な鉄分を奪取したり，種々の有害菌に結合して菌体を凝集し，その増殖を抑制します．LFをプロテアーゼで限定分解したラクトフェリシン(LFcin：LFのN末端47残基)は、種々の細菌に対し、抗菌活性を有する抗菌ペプチドである。

Satoh, T. *et al* (2006)



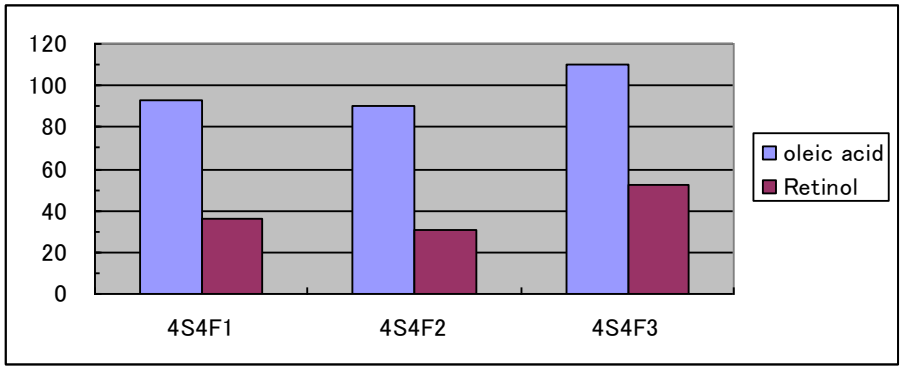


Retinol (Aquasol A)



Oleic acid (C18:1)

ミルク乳清中タンパク質の分析
(15-25% gradient gelを用いたSDS-PAGE)



スターリーミルク画分のオレイン酸・レチノール結合

顕在的因子		分子量	コメント	由来
ペルオキシダーゼ(制癌)……	Lactoperoxidase(precursor)	Mw78000	712AA	乳、植物
ラクトフェリン(鉄結合・静菌)……		Mw 76000	689AA	乳
造血ホルモン(エリスロポエチン)……赤血球産生調節因子	erythropoietin	Mw40000	糖タンパク質	〃
免疫グロブリン(抗体提供)……		Mw47000	428AA	初乳
リパーゼインヒビター(肥満防止)……	apolipoprotein	Mw35000	317AA	〃
甲状腺刺激ホルモン(TSH)……	Thyrotropin-releasing factor	MW.28000(ヒト),	α、βのサブユニット	乳
乳腺刺激ホルモン(MTH,プロラクチン)……	prolactin, mammotropic hormone	Mw.22000(ヒト)		〃
性腺刺激ホルモン(GTH,ゴナドトロピン)…	gonadotropin,gonadotropic hormone		黄体形成ホルモン(LH)、濾胞刺激ホルモン(FSH)、絨毛性性腺刺激ホルモン(CG)の総称	〃
		Mw29000	LH,糖タンパク	
		Mw35000	FSH、糖タンパク、αとβのサブユニットからなる	
		Mw37000	CG、糖タンパク質、αとβのサブユニットからなる	
上皮成長因子(EGF)……				〃
アミラーゼインヒビター(肥満防止)……				動・植・微生物
プロテアーゼインヒビター(身体調節)…		Mw14520－21000	132AA－191	〃
トリプシンインヒビター(内皮成長因子)…		Mw6300	60AA	〃
シスタチン(抗菌・抗ウイルス)……	cystatin C	Mw16500	148AA	初乳
αラクトアルブミン		Mw14200	123AA	
βラクトグロブリン		Mw18400	162AA	
TSH放出因子(TRH)……	thyroid-stimulating	Mw362	pyroGlu-His-Pro-NH2,	乳
成長ホルモン放出因子(GRH),ソマトリベリン……	Growth hormone-releasing hormone	推定Mw4500	40個のアミノ酸からなるペプチド、	〃
副腎皮質刺激ホルモン(ACTH)……	adrenocorticotropic hormone	Mw4500	39個のアミノ酸からなるペプチド、	〃
ガストリン放出ペプチド(ボムベシン…	Gastrin-releasing peptide	Mw1700～3000	15～27個のアミノ酸からなるペプチ	〃

潜在的因子	由来	分子量
オピオイドペプチド……	カゼイン	Mw550
		Mw1900-3500
		Mw1000
		Mw1900
繊維芽細胞成長因子……	〃	Mw13400
カルシウム吸収促進ペプチド…	〃	
ファゴサイトーシス促進ペプチド…	〃	Mw440
血圧降下ペプチド……	〃	
血小板凝集阻害ペプチド……	カゼイン	
インシュリン様因子……	血清アルブミン	
リゾレシチン……	動・食・微生物	
リゾホスファチジルセリン(肥満細胞活性化)	〃	
ビヒズス因子(糖類)……	人乳カッパーカゼイン	

既知のミルク中の生理活性物質

3-3　乳糖(ラクトース)

乳糖(ラクトース)は、グルコース(ブドウ糖)とガラクトースが1分子ずつ結合した二糖類である。牛乳中では約4.5%含まれ、水分に次いで多い成分である。

【ラクトースの特徴】
①ラクトースは吸収されにくい
②ラクトースは水に溶けにくい
ヒトの腸管からの吸収率が非常に低く、グルコースの1/32である。

③ラクトースは甘くない
ラクトースの成分であるガラクトースとグルコースの甘さを比較すると、グルコースの方が5倍程度甘い。また、ラクトースは分解されにくいため、官能的にラクトースを甘いと感じにくい。乳中の糖がすべてグルコースだとすると、摂取した乳児の血糖値が急激に上昇し、高血糖症を引き起こす。そのため、分解されにくいラクトースを使用していると考えられている(そもそも甘すぎて赤ちゃんは飲めない)

④ヒトやウシにとって、ラクトースはエネルギー源として重要
ヒトやウシの乳にはラクトースが含まれるが(ヒトは7%)、クマ、パンダ、アザラシなどの乳にはほとんど含まれない。ヒトやウシの場合にはラクトースをエネルギー源として利用している

⑤ラクトースは脳の栄養
脳の糖脂質の構成成分としてガラクトースが使われていることから、ラクトースは脳の発達のために必須の糖と考えられている。

⑥ラクトースは腸管細菌の栄養
乳児の腸は未発達であり、感染症にかかりやすい。ラクトースは腸管細菌の栄養源で、有用な細菌を増やすことで抗菌性物質などを作り出し、悪玉菌から守っている

ラクトースの合成と分解

ラクトースの合成は、乳腺中でブドウ糖をガラクトースに変換し、さらにブドウ糖と結合することでラクトースが合成される。母体の血糖値を守るためや乳房での細菌感染を防ぐために、グルコースではなくラクトースを合成していると考えられている。
摂取したラクトースの分解は、主に小腸でラクターゼにより行なわれる。分解で生じたガラクトースは、肝臓でグルコースに変換され、再利用される。

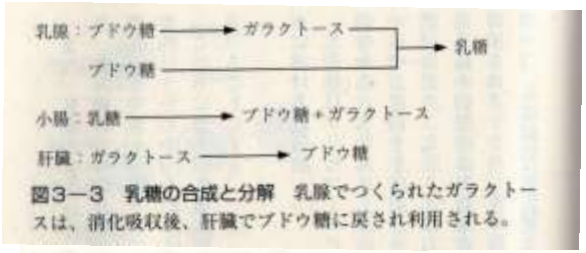


図3—3　乳糖の合成と分解　乳腺でつくられたガラクトースは、消化吸収後、肝臓でブドウ糖に戻され利用される。

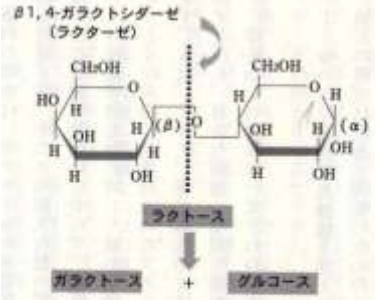


図2-12　乳糖（ラクトース）のβ1,4-ガラクトシダーゼによる分解
ラクトースは、人間には消化結合できないβ結合をしているために、乳幼児は酵素β1,4ガラクトシダーゼを分泌して、ゆっくりとガラクトースとグルコースに分解し、吸収していく。

表3-2　人種による牛乳不耐症の発生頻度

人種	発生頻度（%）
バルチモア黒人	70
ウガンダ黒人	72
ネイティブアメリカン	67
オーストラリアアボリジニー	70
グリーンランドエスキモー	88
中国人	60
インド人	80
ニューギニア人	100
タイ人	97
ギリシア・キプロス島住民	88
アメリカ白人	19
オーストラリア白人	0
ヨーロッパ白人	6

<u>ラクトース不耐症</u>
哺乳動物は離乳後に、ラクトースに会うことが減るため、ラクターゼの機能が低下する。ラクトースが腸管に至り、腸内細菌が発酵して、大量のCO2や有機酸ができる。その際、消化管異常を引き起こす。アジア、アフリカの成人に多い。こうした人のため、ラクトースを酵素分解した牛乳も売られている。日本人は、給食などで牛乳の摂取量が増え、牛乳に強くなっているとの報告もある。

3-4　乳脂肪

乳脂肪は、グリセロールに3分子の脂肪酸が結合したトリアシルグリセロールが主成分で脂肪分の96-98%を占める。通常脂肪は水に溶けないが、牛乳中では3.7%の乳脂肪は水に溶けている。牛乳中の脂肪は細胞膜で包まれており、細胞膜表面が親水性（水になじみやすい性質）のため、水に溶けることができる。

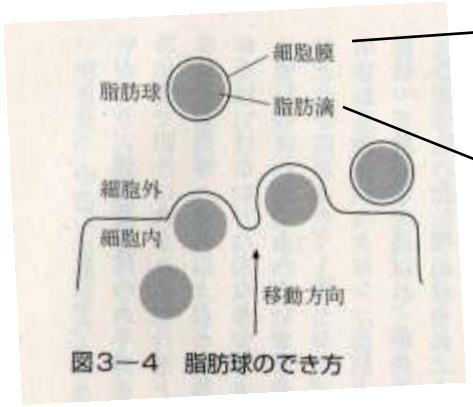


図3—4　脂肪球のでき方

外側に水になじみやすい部分

$H_2C-O-CO-R$
$HC-O-CO-R$
$H_2C-O-CO-R$

トリアシルグリセロール
（中性脂肪：水に溶けにくい）
Rは脂肪酸

分解

グリセロール　＋脂肪酸

リパーゼ　←　肝臓

脂肪酸の分類

脂肪酸名	英名（慣用名）	炭素数	分子式
飽和脂肪酸	saturated fatty acid		$C_nH_{2n}COOH$
直鎖			
ギ酸	formic acid	1	HCOOH
酢酸	acetic acid	2	CH_3COOH
プロピオン酸	propionic acid	3	C_2H_5COOH
酪酸	butyric acid	4	C_3H_7COOH
吉草酸	valeric acid	5	C_4H_9COOH
カプロン酸	caproic acid	6	$C_5H_{11}COOH$
ヘプチル酸	heptylic acid	7	$C_6H_{13}COOH$
カプリル酸	caprylic acid	8	$C_7H_{15}COOH$
カプリン酸	capric acid	10	$C_9H_{19}COOH$
ラウリン酸	lauric acid	12	$C_{11}H_{23}COOH$
ミリスチン酸	myristic acid	14	$C_{13}H_{27}COOH$
パルミチン酸	palmitic acid	16	$C_{15}H_{31}COOH$
ステアリン酸	stearic acid	18	$C_{17}H_{35}COOH$
アラキジン酸	arachidic acid	20	$C_{19}H_{39}COOH$
ベヘン酸	behenic acid	22	$C_{21}H_{43}COOH$
リグノセリン酸	lignoceric acid	24	$C_{23}H_{47}COOH$
セロチン酸	cerotic acid	26	$C_{25}H_{51}COOH$
モンタン酸	montanic acid	28	$C_{27}H_{55}COOH$
メリシン酸	melissic acid	30	$C_{29}H_{59}COOH$

乳脂肪

血液

短鎖脂肪酸：胃と小腸で吸収（水溶性，エネルギーとして利用）

中鎖脂肪酸
(脂溶性)

長鎖脂肪酸：小腸で吸収
(脂溶性)

リンパ液・静脈

3-5　ミネラル・ビタミン

骨の形成に必要な成分は、リン酸カルシウムとコラーゲンである。リン酸カルシウムの結晶がコラーゲンに沈着することで、骨が形成される。乳中のカルシウムとリン酸は、カゼインが運搬する。

また、骨が成長するためには、ビタミンDが必要である。ビタミンDは、カルシウムやリンの吸収を促進し、骨や歯への沈着を助ける作用がある。ビタミンDは脂溶性なので、乳脂肪に溶けている。ビタミンDは、日光を浴びると合成が促進される。

骨の形成・成長に必要なもの(ミルクにすべて含まれる)：カルシウム、リン酸、コラーゲン（および構成するアミノ酸）、ビタミンD

ビタミンD
活性型はビタミンD_3で、日光により合成が促進される。

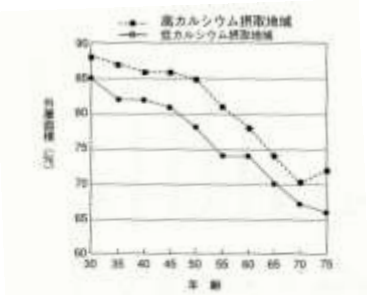


図3-4　骨密度におよぼすカルシウム摂取量の影響（Matkovic ら）
年齢とともに、骨密度は低下していくが、カルシウムを多くとることで現象速度を抑えることができる。

<u>骨粗鬆症</u>

ヒトは加齢とともに骨量が減少していきます。特に女性に多いのは、女性ホルモンのエストロゲンの分泌が減少し、血液や筋肉のカルシウムの濃度が減少するため、骨からカルシウムが奪われ、骨密度が減少します。

カルシウムは、筋肉を動かす際（収縮）にも必要で、カルシウム不足は筋肉と骨の強度を減少させます。カルシウム不足に対しては、カルシウムを摂取することも重要ですが、カルシウム吸収を促進させるビタミンDの摂取も有効です。

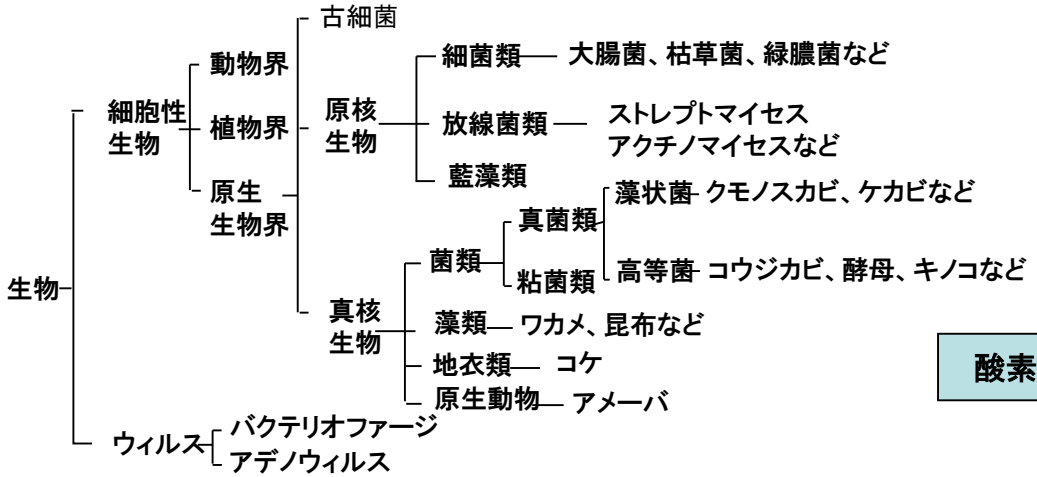
4. 発酵に寄与する微生物の種類と機能

4-1　発酵と腐敗

発酵とは、酵母・細菌などの微生物が、有機化合物を分解してアルコール、有機酸、炭酸ガスなどを生成する過程をいう。一方、腐敗は有機物、特にタンパク質が細菌などの微生物により分解され、有害な物質と悪臭のある気体を生じる変化をいう。
簡単に言うと、
発酵:人間にとって有益な物質を微生物が作り出すこと
腐敗:人間にとって有害な物質を微生物が作り出すこと

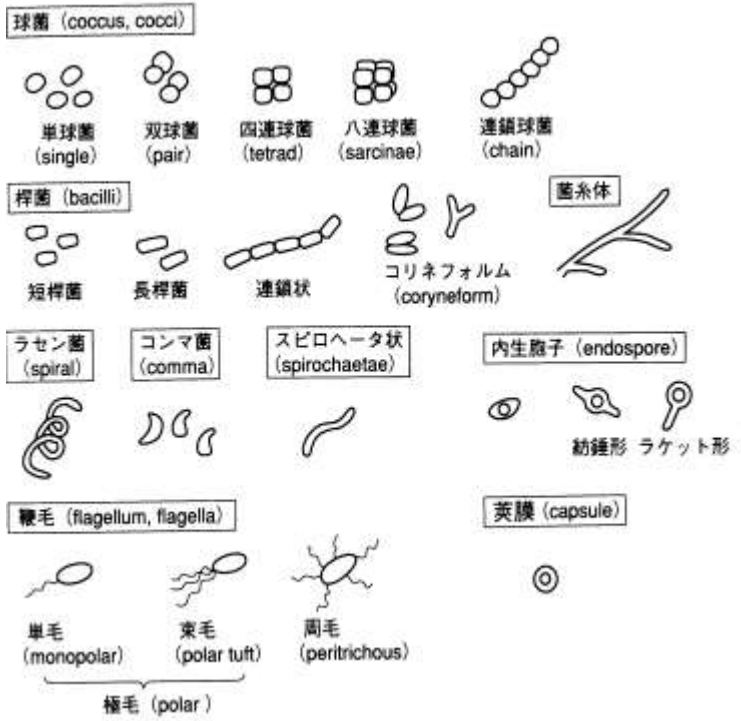
4−2　微生物とは

(A) 微生物の分類学上の位置



細菌には、原核生物(核を持たない)および古細菌(原核、真核両方の特徴を持つ)が含まれる。前者を真正細菌という。真核生物の微生物は、細菌ではなく菌類と呼ばれる。細菌および菌類を併せて微生物と呼ぶ。

(B) 細菌の形状と分類



(C) 酸素・栄養要求性と分類

酸素

酸素濃度
高 → 低

- 好気性細菌
- 通性嫌気性細菌(依存しない)
- 嫌気性細菌

栄養

独立栄養細菌(炭素源:CO_2, 窒素源:NH_4^+, NO_3^-)
- 光合成細菌　(エネルギー源:光)
- 化学合成細菌　(エネルギー源:無機物の酸化)

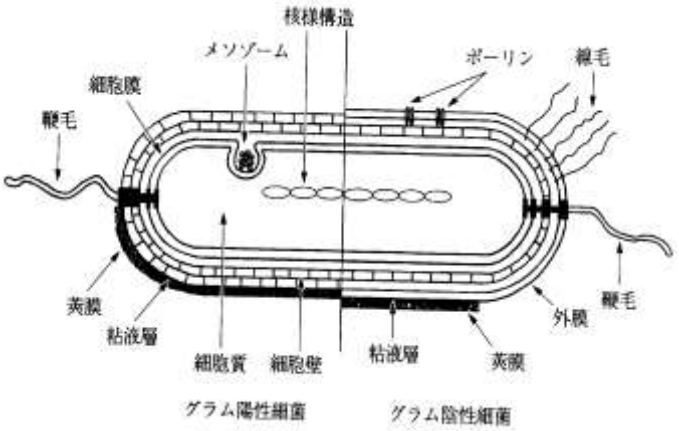
従属栄養細菌(炭素源:有機物、窒素源:無機/有機物)
- 窒素固定菌　(エネルギー源:有機物分解、窒素源:N2)
- その他　　(エネルギー源:有機物分解)

（D） 細菌細胞の構造と分類

細菌は、グラム染色法による染色*から、
グラム陰性菌とグラム陽性菌に分類される。

原核生物では
グラム陰性――大腸菌、サルモネラ菌など
グラム陽性――納豆菌、乳酸菌など

一般的に、グラム陽性菌は細胞壁が厚く、この部分が染色色素に親和性を示す。



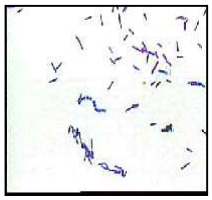
細胞壁を持つ
一部は芽胞を持つ

細胞壁はほとんどない。
細胞膜が二重になっている。

（比較）
真菌細胞の構造

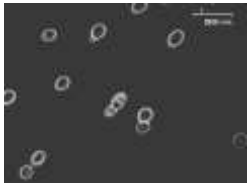
4-3 発酵食品と微生物

発酵に寄与する微生物としては、細菌、酵母、カビの三大微生物がある。世界各地に微生物による発酵食品が存在するが、特に日本は高温多湿な環境であるため、微生物による発酵文化が栄えてきた。



乳酸菌

コウジカビ



酵母

①カビによる発酵食品：
日本酒、米酢、みそ、甘酒、みりん（ニホンコウジカビ：黄麹菌）
→デンプンを糖化させ、ブドウ糖に変換する能力が強い
しょうゆ、みそ（ショウユコウジカビ）→タンパク質を分解しアミノ酸を生成する能力が強い
焼酎（クロコウジカビ）、泡盛（アワモリコウジカビ）鰹節（カツオブシカビ）、ゴルゴンゾーラ、カマンベールチーズ（アオカビ、シロカビ）、阿波番茶、碁石茶（コウジカビ、クモノスカビ：前発酵）など

②酵母による発酵食品：
パン、ビール、ワイン（サッカロミケス属出芽酵母）、清酒（清酒酵母）など
→アルコール発酵によりエタノールを生成

③細菌による発酵食品：
チーズ、ヨーグルト（乳酸菌）、食酢（酢酸菌）、チーズの熟成（プロピオン菌）、納豆（納豆菌）、糠漬け（乳酸菌、酪酸菌など）、くさや（コリネバクテリウム）、ふなずし、なれずし、魚醤、キムチ（乳酸菌）、阿波番茶、碁石茶（乳酸菌：本発酵）など

韓国の牛乳(左), チェダーチーズ(中央)、キムチ(右)

30年物のさんまなれずし
（和歌山）

阿波番茶
（徳島）

ふなずし
（滋賀）

4-4 乳酸菌の種類と特徴

多くの発酵食品の製造には、乳酸菌が関与している。現在までに知られている乳酸菌の種類は100種以上あり、下記の特徴①～⑨を持つ。発酵タイプはホモ発酵型（ブドウ糖から乳酸のみ生成）とヘテロ発酵型(ブドウ糖から乳酸、炭酸ガス、エタノールなどを生成）がある。生成された乳酸は、食品中の雑菌の繁殖を抑え食品の保存性を高めるとともに、食品に風味（酸味）を与える。

①グラム陽性: 分厚い細胞壁を持つ
②桿菌または球菌：楕円形または球形
③カタラーゼ陰性：過酸化水素を分解する酵素を作らない（過酸化酸素は好気性細菌では活性酸素として働き細胞損傷を引き起こすが、乳酸菌は酸素を嫌う（もしくは微量の酸素を必要とする）嫌気性細菌のため、この酵素は必要ない。
④運動性なし：鞭毛がない
⑤嫌気性：上記③参照
⑥内生胞子を作らない：内生胞子（芽胞）は一部の細菌で栄養状態の悪い時に殻を作って耐える状態
⑦従属栄養細菌：栄養豊富なところでのみ増殖できる
⑧GRASバクテリア：GRAS(Generally recognized as safe)とは一般に安全とみなされるという意味
⑨炭水化物（ブドウ糖）から多量の乳酸を生成（乳酸発酵）

【乳製品中の代表的な乳酸菌】

①ラクトバチルス属（*Lactobacillus* ：*Lb*）
乳酸菌の中で最も大きな属で、約70菌種ある。pH4-5で生育可能な耐酸性を持つ。発酵タイプは、ホモ型発酵とヘテロ発酵型がある。形状は桿菌。
（例）ブルガリカス菌：発酵乳
　　カゼイ菌(*Lb. casei*) ：乳酸菌飲料、チーズ
　　→プロバイオティクスとして使われる

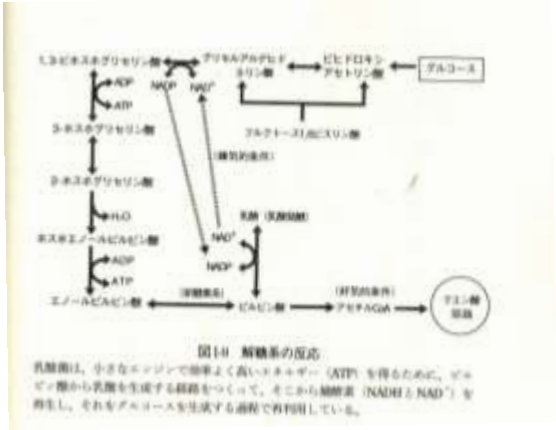


図1-8 解糖系の反応
乳酸菌は、小さなエンジンで効率よく高いエネルギー（ATP）を得るために、ピルビン酸から乳酸を生成する経路をつくって、そこから補酵素（NADH と NAD+）を再生し、それをグルコースを生成する過程で有効利用している。

②ラクトコッカス属（*Lactococcus* ：*Lc*）
5菌種あり、すべてホモ発酵型の球菌。
（例）ラクチス菌（*Lc. lactis subsp.lactis*）：チーズ、発酵バター
　　その他、クレモリス菌（*Lc. lactis subsp. cremoris*)など
③ストレプトコッカス属（*Streptococcus* ：*St*）
ヒトの口腔、動物、臨床試料などに含まれる。虫歯菌(*St. mutans*)もこの属だが、乳酸菌ではない。唯一、サーモフィラス菌（*St. thermophilus*)のみがホモ発酵型乳酸菌としてヨーグルトのスターターに使用される。形状は連鎖球菌。
④ロイコノストック属（*Leuconostoc* ：*Leu*）
ヘテロ発酵型球菌。メセンテロイデス菌（*Leu. mesenteroides*)は、チーズ、発酵乳の製造に用いられる。
⑤トリココッカス属　（*Trichococcus*）
活性汚泥から分離されたフィラメント状の細胞配列を呈する球菌に対して提案された新属で、乳酸の他にギ酸、酢酸、エタノールを生成しますが、好気条件では酢酸とCO2を生成する。
⑥ エンテロコッカス属（*Enterococcus* ）
細胞形態は単球または連鎖球菌で、ホモ型乳酸発酵をする。糞便や消化管内容物から多く分離される。

⑦ビフィドバクテリウム属（*Bifidobacterium* ：*B*）
いわゆるビフィズス菌で、乳酸菌の定義(左)には当てはまらないため乳酸菌ではないが、ヒトの腸管に生育し保健効果に優れているため、乳酸菌と関連付けられる。

参考文献：ヨーグルトの科学（八坂書房）、発酵食品礼讃(文芸春秋)、発酵食品の魔法の力(PHP)

4-5 微生物の同定方法（遺伝子解析）

先述の通り、「微生物」の範疇には、真正細菌（原核生物・古細菌）や真核生物（菌類など）が含まれる。形態や特性から、その微生物が何であるのかを同定することは難しい。
　一般的に微生物の同定に用いられる手法としては、下記のものがある。

①生理・生化学試験
　各種炭素化合物や窒素化合物に対する反応（資化性や酸の形成）
②細胞構成成分による分類
　（細胞壁成分、脂質（脂肪酸）、タンパク質などの分析
③染色体DNAの解析
　（特定の遺伝子の塩基配列を調べ、ゲノム情報データベースと照合する）

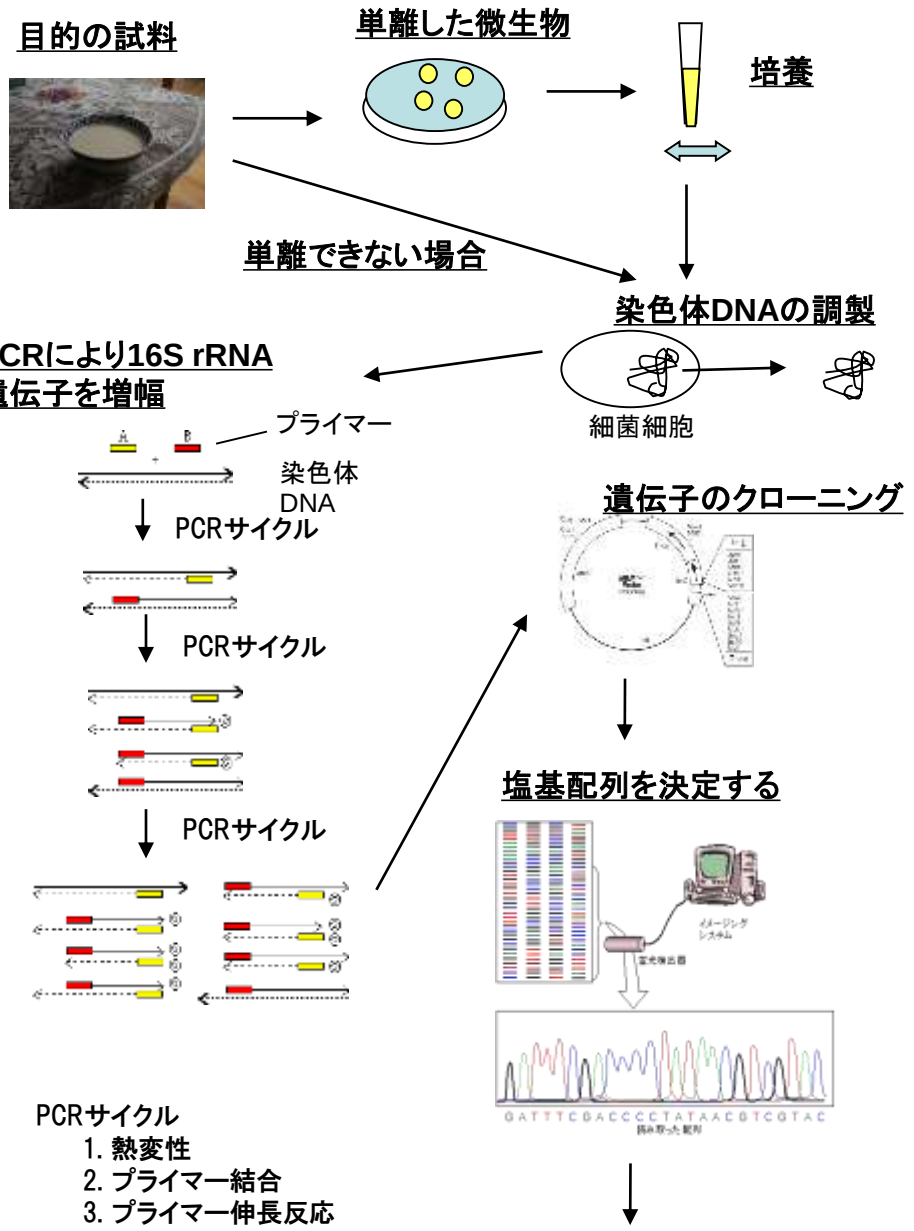
ここでは、③の方法により、得られた微生物が原核生物か真核生物か、既知のものか未知のものかについて情報を得ることとした。その中でも細菌（原核生物）にターゲットを絞り、原核生物固有の16S rRNA遺伝子を解析した。

(16S rRNAについて)
生物は、染色体上の遺伝情報に基づいてタンパク質を作り出すが、そのタンパク質合成装置となるのがリボソームとよばれる巨大なRNA－タンパク質複合体である。細菌の場合、その一部を構成しているのが16S リボソームRNA　(16S rRNA)で、これも染色体上の16S rRNA遺伝子(16S rDNAともいう)から作られる。よって、ターゲットの微生物が細菌であれば必ず16S rRNA遺伝子を持つ。

この16S rRNA遺伝子の塩基配列については、現在約70万件のデータベース登録があり、全世界で利用されている。決定した塩基配列のデータベース上の照合は、コンピュータの高速化とインターネットの普及により、現在では簡便に行える。

(16S rRNA遺伝子の増幅と解析)
ここで、染色体DNAから16S rRNA遺伝子をどうやって得るかが問題となる。16S rRNA遺伝子の塩基配列の一部は、細菌間で非常に似通っている（保存されている）。この部分を利用して、PCR(核酸連鎖重合反応)により遺伝子の一部を100万倍に増幅することができる。
　PCRは、例えば犯罪捜査、法鑑定（髪の毛からDNAを抽出し、遺伝子を増幅・解析を行う）や化石などからの生物の同定（映画ジュラシック・パークで有名）で用いられる手法で、微量のDNAを約100万倍に増幅することができる。このようにして、得られた微生物が細菌であれば、16S rRNA遺伝子がPCRにより増幅でき、塩基配列を解析することができる。この場合、微生物の増殖が遅い、増殖できないなどの場合でも、固体培地で単離したコロニーから微量のDNAが抽出できれば、解析が可能となる。

遺伝子解析の流れ



5. ヨーグルトと健康

5-1　ヨーグルトの栄養成分

ヨーグルトは、動物乳を原料として乳酸菌などで発酵させた乳製品である。メチニコフが唱えた不老長寿説により、ヨーグルトは健康食品として広く普及した。ここでは、日本で原料として使われている牛乳と、牛乳のヨーグルトの成分を比較する。

表4-1　発酵乳・乳酸菌飲料の化学的組成（製品100g当たり）

	牛乳	発酵乳（ヨーグルト）			乳酸菌飲料		
	牛乳	全脂無糖	含脂加糖	脱脂加糖	乳製品	殺菌乳製品	乳主原
乳等省令の成分規格の無脂乳固形分含量	8.0%以上	8.0%以上	8.0%以上	8.0%以上	3.0%以上	3.0%以上	3.0%未満
エネルギー							
Kcal	59	60	84	76	69	211	56
KJ	247	251	351	318	289	883	234
水分（g）	88.7	88.0	78.9	80.0	82.1	45.5	85.5
タンパク質（g）	2.9	3.2	4.0	3.5	1.1	1.5	0.4
脂質（g）	3.2	3.0	0.9	0.1	0.1	0.1	0
糖質（g）							
乳糖	4.5	5.0	6.3	5.5	1.9	2.6	0.7
乳糖以外の糖	0	0	9.0	10.0	14.5	50.0	13.3
灰分（g）	0.7	0.8	0.9	0.9	0.3	0.3	0.2
無機質							
カルシウム（mg）	100	110	130	120	43	55	17
リン（mg）	90	100	110	100	30	40	12
鉄（mg）	0.1	0.1	0.2	0.1	0	0.1	0
ナトリウム（mg）	50	50	60	60	18	19	19
カリウム（mg）	150	140	150	150	48	60	32
ビタミン							
A効力（I.U.）	110	100	32	0	0	0	0
B1効力（mg）	0.03	0.04	0.05	0.03	0.01	0.02	0
B2効力（mg）	0.15	0.20	0.20	0.15	0.05	0.08	0
ナイアシン（mg）	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0
C効力（mg）	0	0	0	0	0	0	0

これを見ると、牛乳とヨーグルトでは、一見栄養分に違いは見られない。実際の各成分別の違いは下記の通りである。

①タンパク質
ヨーグルトの製造過程で、乳酸菌やビフィズス菌のタンパク質分解酵素(プロテアーゼ、ペプチダーゼ)の作用により、牛乳タンパク質が分解され、多量のアミノ酸や窒素化合物ができる。またヨーグルトは、胃での滞留時間が長いため、十分に乳タンパク質が分解され、消化管からの吸収効率が高まる。

②乳脂肪
乳酸菌やビフィズス菌は脂質を分解する酵素（リパーゼ）を産生しないため、牛乳とヨーグルトで脂肪分の変化はほとんどない。

③糖質
牛乳中の糖分の99%はラクトースで、体内で分解されにくい。しかし、ヨーグルト中の乳酸菌やビフィズス菌はラクトース分解酵素を産生し、ラクトースの割はグルコースとガラクトースに分解される。

↓

腸管の腐敗物質であるインドールを作り出す酵素（トリプトファナーゼ）を阻害することで、腸内環境を正常に保つ。また、ラクトース不耐性のアレルギー症状改善にも、ヨーグルトは役立つ。

④乳酸
ヨーグルト中の乳酸菌により生産される乳酸は、腸のせん動活動を促し、吸収された乳酸はエネルギーに変換される。

⑤ビタミン
乳酸菌はヨーグルト中で、ビタミンB1, B2, B12を生成する。牛乳中のビタミンは変化させないので、ヨーグルトは多様なビタミンを含む。ただし、ビタミンC は含まれない。

⑥ミネラル
牛乳はカルシウムを多く含むが、そのままでは吸収されにくい。ヨーグルト中では、乳酸菌により生成した乳酸とカルシウムが結びついた乳酸カルシウムの形になり、より吸収されやすくなっている。さらに、カゼインの分解物のカゼインホスホペプチド(CPP)の作用により、カルシウムの腸管吸収が促進される。

リン酸カルシウム（吸収されにくい）　→（乳酸菌）　乳酸カルシウム（吸収されやすい）

表 9-1　ビタミンの生理作用・欠乏症状・多く含む食品・推定平均必要量

名称（化学名）	生理作用	欠乏症状	多く含む食品	推定平均必要量
ビタミン B_1 (thiamin)	ピルビン酸の酸化的脱炭酸に働く decarboxylase の補酵素	脚気（浮腫型，麻痺型あるいは多発神経炎症，衝心型，脳型）	母乳，牛乳，卵，野菜，穀類，肉類，豆類	成人 0.45mg/1,000kcal
ビタミン B_2 (riboflavin)	成長促進因子（生体酸化の促進）	口唇炎，口角炎，舌炎，脂漏性皮膚炎	肝，腎，酵母，牛乳，卵，野菜，肉類	小児・成人 0.50mg/1,000kcal
ビタミン B_6 (pyridoxine, pyridoxal, pyridoxamine)	アミノ酸脱炭酸酵素やアミノ基転移酵素の補酵素，トリプトファン代謝に関与	B_6 依存型痙攣，口唇炎，舌炎，脂漏，末梢神経炎，貧血	母乳，牛乳，穀物	小児・成人 0.014mg/g タンパク質
ビタミン B_{12} (cyanocobalamin)	抗悪性貧血因子	悪性貧血または巨赤芽球性貧血	肝，腎，筋肉，牛乳，卵，腸内細菌で合成	成人 2.4μg/日
ナイアシン	NAD(P)+の成分として糖代謝に重要	ペラグラ（発赤，水疱形成，．消化器症状，抑うつ，不眠）	牛乳，卵，肉，野菜	小児・成人 4.8mgNE/1,000kcal
パントテン酸	補酵素 A（CoA）となり，脂質，糖質代謝の補酵素として働く	成長障害，皮膚炎	レバー（鶏，牛，豚等），納豆，魚介類	成人 5μg/日～7μg/日
ビタミン C (ascorbic acid)	抗壊血病性作用，中胚葉性支持組織の細胞間物質の維持，細胞呼吸を助ける	壊血病 小児メーラーバロー病	かんきつ類，トマト，大根	小児・成人 83.4mg/日
ビオチン	カルボキシラーゼ等ビオチン酵素の補酵素として働く，妊娠の維持	皮膚炎，粘膜の炎症，筋肉痛	レバー（鶏，牛，豚等），酵母，卵黄，ピーナッツ	成人 50μg/日
葉酸 (folic acid)	造血因子 DNA 形成に関与	巨赤芽球性貧血	肝，野菜	成人 200μg/日
ビタミン A	成長促進，視紅（ロドプシン）形成，上皮細胞の角化防止，ムコ多糖体の形成	夜盲症，角膜乾燥および軟化症，毛嚢角化症および肺，気管支，腟，尿路の上皮細胞角化	野菜果物のカロテン（黄色色素），動物性食品（肝，卵黄，牛乳，バター，肝油）	成人男性 550～650μgRAE/日 成人女性 450～500μgRAE/日
ビタミン D (ergocalciferol: D_2;cholecalciferol: D_3)	抗くる病作用 ①腸管の Ca，P 吸収 ②尿細管 P 再吸収 ③骨からの Ca 動員による血清 Ca の維持	D 欠乏性くる病，くる病性テタニー，骨粗鬆症	卵黄，魚油，葺類，酵母，肝，バター D_2：植物性 D_3：動物性	成人 5.5μg/日（目安量）
ビタミン E (tocopherol)	抗不妊作用，脂質抗酸化剤	低血漿 V.E 症候群（浮腫，皮膚乾燥），新生児等の赤血球溶血現象	穀物の胚子，植物油，卵，野菜，牛乳，魚肉	成人男性 6.5mg/日 成人女性 6.0mg/日（目安量）
ビタミン K	肝でプロトロンビン合成の促進	新生児出血性疾患（新生児メレナなど）	緑色野菜，腸内細菌で合成	成人 150μg/日（目安量）

脂溶性

：水溶性ビタミン　　：脂溶性ビタミン

推定平均必要量：厚生労働省策定「日本人の食事摂取基準（2015 年版）」より

5-2　ヨーグルトの抗菌作用

牛乳中にはラクトフェリンという抗菌性を示すタンパク質がある。一方、ヨーグルトでは、乳酸菌やビフィズス菌の作用により、乳酸、酢酸、プロピオン酸などの有機酸が作られ、pHが酸性になる。

↓

病原菌や腐敗菌の増殖を抑える。カビや酵母に対しても有効。ヘテロ発酵で作られる過酸化水素も抗菌性がある。

その他に、乳酸菌やビフィズス菌は抗菌物質（バクテリオシン）を作り出すものもある。バクテリオシンを生産する乳酸菌等を食品に応用する場合には、下記の基準を満たす必要がある。

①食品から分離された細菌で、安全である
②広範囲の微生物に抗菌性を持つ
③広範囲のpHと温度で作用する
④食品中で変質しない
⑤食品の成分を変質させない
⑥低濃度で有効

表3-3　乳酸桿菌*Lactobacillus*が生産するおもなバクテリオシン

乳酸菌	バクテリオシン	研究者
L. helveticus 481	ヘルベチシンJ	Joergerら
L. acidophilus N2	ラクタシンB	Barefootら
L. acidophilus 88	ラクタシンF	Murianaら
L. plantarum NCDO1193	プランタシンB	Westら
L. sake Lb706	サカシンA	Schillingerら
L. brevis B37	ブレビシン37	Rammelaberg ら
L. casei B80	ギャセリシン80	Rammelaberg ら
L. delbrueckii sp. *bulgaricus*	ラクティシン	戸羽ら
L. acidophilus LAPT1060	アシドフィリシン	戸羽ら
L. gasseri	ギャセリシンA	戸羽ら
L. reuteri LA6	ロイテリシン6	戸羽ら
L. gasseri	ギャセリシン10239	細野ら

5-3　ヨーグルトの抗腫瘍活性

一部の乳酸菌には、腫瘍の増殖を抑える効果が報告されている。
（例）
・ビフィズス菌の細胞壁：静脈注射で腫瘍細胞の増殖抑制
・ビフィズス菌や乳酸菌：投与により腫瘍細胞の増殖抑制
・ビフィズス菌や乳酸菌のヨーグルト：摂取により乳がんの進行抑制
・ヤクルト・ラクトバシラス　カゼイ　シロタ株：免疫作用亢進、抗腫瘍活性

一方、ヨーグルトをよく食す地域（フィンランド、アイスランド）には直腸がんが少ないとの報告もある。
ヴィリ：スカンジナビア半島で飲まれる乳製品で、ラクチス菌やクレモリス菌などの粘性のある乳酸菌を含むヨーグルト。

⇩

ヴィリを与えたラットの腫瘍増殖抑制

食事由来のタンパク質が分解

⇩ ⇦ 乳酸菌が有害細菌の増殖を抑制

有害腸内細菌により発がん物質が生成

5-4　乳酸菌と血糖値

ヒトは摂取したグルコースを血糖とし、エネルギー源として使用する。その際、膵臓から分泌されるインスリンというホルモンが、グルコースをエネルギーに変換するのを助ける。
糖尿病はインスリンの分泌異常により生じ、血液中のグルコース濃度が高くなる（高血糖）となり、腎臓から尿中に糖が排出される病気です。

<u>糖尿病の初期症状</u>
・だるさ　・のどの渇き　・頻尿など

⇩ 重症化

・眼の網膜が冒され失明
・腎機能が低下し、尿毒症
・神経症状：手足のしびれ、麻痺
・動脈効果、狭心症、心筋梗塞、脳梗塞
・下肢壊疽

<u>糖尿病のタイプと原因</u>
・Ⅰ型糖尿病：インスリンの分泌に支障がある(遺伝・生活習慣は関係ない)-------約2-3%
・Ⅱ型糖尿病：遺伝的な要素に加え、ストレス、肥満、運動不足
----------約80%
・Ⅲ型糖尿病：膵臓やホルモン、肝疾患--------約17-18%

徳島県は、糖尿病全国ワースト　1！

⇩

II型糖尿病は、食餌療法が可能なため、高血糖を抑制するための食品成分の開発が進められている。ヨーグルトは、糖尿病予防にも効果が期待されている。

（例）動物実験では、乳酸菌ラクトバチルスGG株投与で、血糖値の上昇が抑制（次ページ）

また、ヨーグルトは低GI食品(グリセミック指数：低いほどゆっくりと血糖値を上昇させる）であるため、予防的に日常から摂取することで、インスリンの分泌や作用を正常に保ち、血糖値を安定させる役割もある（ダイエットにもよい！？）。

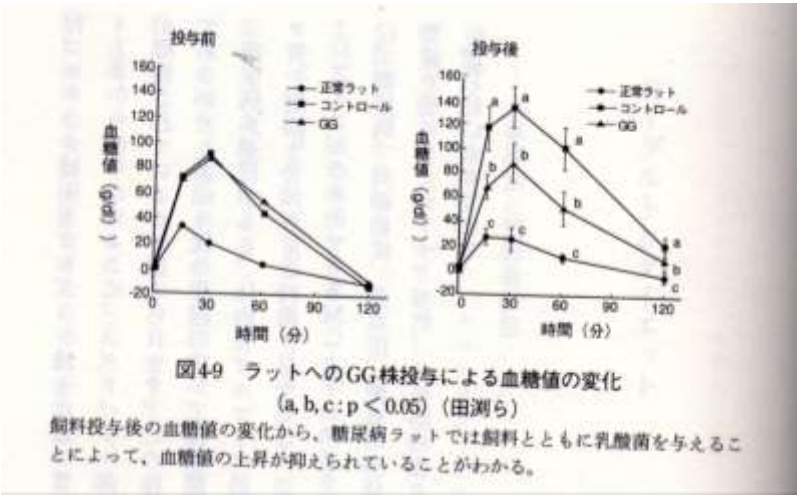


図4-9　ラットへのGG株投与による血糖値の変化
(a, b, c : $p < 0.05$)（田渕ら）
飼料投与後の血糖値の変化から，糖尿病ラットでは飼料とともに乳酸菌を与えることによって，血糖値の上昇が抑えられていることがわかる。

表4-2　おもな食品のグリセミック・インデックス

食品名	GI値	食品名	GI値
ブドウ糖（グルコース）	100	玄米ご飯	50
ベークド・ポテト	95	パン・コーンフレーク（製粉歩留85～90）	50
最高級パン（製粉歩留65～75）	95	グリーンピース（生）	50
マッシュ・ポテト	90	朝食用シリアル（コーンフレーク）	50
蜂蜜	90	ロールド・オート麦（圧麦）	40
ニンジン	85	生フルーツジュース	40
ポップコーン	85	ライ麦パン・コーンフレーク（85～90）	40
コーンフレーク	85	パスタ・コーンフレーク（やや玄い）	40
餅	80	うずら豆	40
砂糖（スクロール）	75	全粒粉パン（製粉歩留90～98）	35
フランスパン（製粉歩留75～78）	70	乳製品	35
朝食シリアル	70	いんげん豆（乾）	30
ボイルド・ポテト	70	レンズ豆（乾）	30
ビスケット	70	ガルバンソ（ひよこ豆，乾）	30
トウモロコシ	70	全粒粉パスタ（スパゲッティなど）	30
白米ご飯	70	フルーツ類（生）	30
灰色の田舎パン（製粉歩留78～85）	65	ママレード（ペクチン添加）	25
ビート（サトウダイコン）	65	果糖（フラクトース）	20
ブドウ	65	ダイズ（乾）	15
バナナ	60	緑黄色野菜，レモン	<15
ジャム類	55	きのこ，海藻	<15
マカロニ，スパゲッティなど	55		

表4-5　血糖調節に関与するホルモンとその作用機構

ホルモン	血糖に対する作用	促進	抑制
グルカゴン	上昇	肝グリコーゲン分解，肝におけるアミノ酸，乳酸からの糖新生	肝グリコーゲン合成
アドレナリン	上昇	肝および筋肉グリコーゲン分解，末梢組織のグルコース分解を促進し，生成した乳酸を肝へおくる	肝グリコーゲン合成
コルチゾール	上昇	末梢組織のタンパク分解，肝におけるアミノ酸取り込み，肝におけるアミノ酸からの糖新生	末梢組織におけるグルコース分解
インスリン	下降	グリコーゲン合成，グルコース分解，末梢組織へのグルコースの取り込み	肝グリコーゲン分解，アミノ酸，ビルビン酸からの糖新生

表4-6　新しい糖尿病の診断基準

1. 糖尿病の症状に加えて随時血糖値（静脈血漿）が200mg/dl（11.1mmol/l）以上：随時血糖は，最後の食事より特に設定されていないいずれの時間と定義する．糖尿病の古典的症状は多尿，多飲そして予想外の体重減少をきむ．
2. 空腹時血糖（静脈血漿）126mg/dl（7.0mmol/l）以上．空腹時とは少なくとも8時間カロリー摂取がないことと定義する．
3. グルコース負荷試験後の2時間血糖値（静脈血漿）200mg/dl以上．その検査は，無水75gブドウ糖を水に溶解したものと同等のものを含むグルコース糖を用い，WHOによって記載されたものによって実行されたものとする．

別の日に検査し，表4-6の1～3に示したいずれかの値で「糖尿病型」が確認できれば，糖尿病と診断する．

ただし，表4-6の糖尿病型に加えて次の条件を満たせば，1回でも糖尿病と診断する．

①典型的な糖尿病の症状（口渇，多尿，多飲，体重減少）

②HbA_1cが6.5%以上

参考文献：ヨーグルトの科学（八坂書房）、発酵食品礼讃(文芸春秋)、わかりやすい生化学（第4版，ヌーヴェルヒロカワ）、徳島県HP(http://www.pref.tokushima.jp/docs/2008111700039/)

5-5　ヨーグルトによる悪玉コレステロール排除

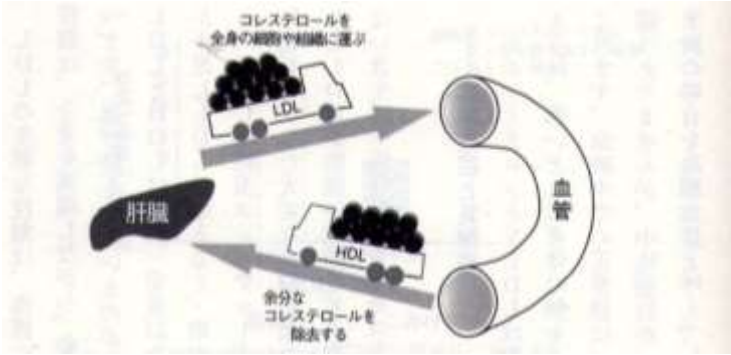
欧米型食生活（高タンパク、高脂肪、高カロリー）

⇩

コレステロール、中性脂肪の摂取量増加

⇩

高脂血症、動脈硬化の原因 ⇨ **心筋梗塞、狭心症、脳梗塞**



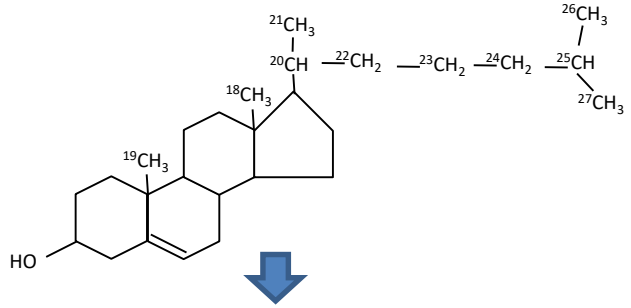
HDLとLDLの働き

何らかの要因で、HDL（コレステロールの掃除屋）が減少し、LDL(コレステロールの運び屋）が増えると、血管にコレステロールが沈着し、動脈硬化の原因になる。

主な生活習慣病

▸脳出血　▸脳梗塞　▸高血圧　▸心筋梗塞　▸狭心症　▸COPD（慢性閉塞性肺疾患）▸肺扁平上皮がん　▸大腸がん　▸アルコール性肝炎　▸糖尿病　▸痛風 ▸脂質異常症（高脂血症）　▸歯周病　▸メタボリックシンドローム

＜コレステロール＞
細胞膜の構成要素、ホルモン、胆汁酸、ビタミンD3の原材料
→一日当たり1～1.5g必要で、70%は体内（肝臓）で合成され、残り30%は食物から摂取している。



⇩

適量のコレステロールは、ヒトにとって必要。全身に供給されるためには、血液に乗って運ばれる必要がある。しかし、コレステロールは水に溶けにくい。従って、血液中でコレステロールを運ぶタンパク質（リポタンパク質）が必要。

・低密度リポタンパク質(LDL)---コレステロールを全身の細胞や組織に運ぶ（悪玉コレステロール）
・高密度リポタンパク質(HDL)---余分なコレステロールを除去して、肝臓に戻す（善玉コレステロール）

ヨーグルトの摂取が、高脂血症、動脈硬化の予防に効果がある、という研究結果

・ドイツ　キースリン博士ら
ヨーグルトの長期間の摂取により、HDL量の増加とLDL量の減少（サーモフィラス菌、ラクチス菌、アシドフィラス菌＋ビフィズス菌のヨーグルト）

・デンマーク　アストラップ博士ら
8週間にわたりヨーグルトを摂取した成人男女のLDL量が減少（サーモフィラス菌、ファシウム菌のヨーグルト）

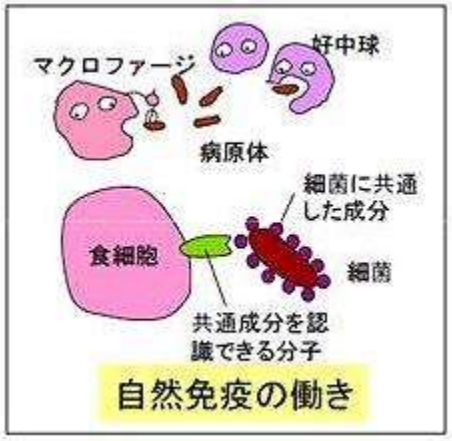
・日本　千見寺ら
心疾患で脂質異常の患者に、12週間にわたり市販ヨーグルト摂取させ、HDLコレステロールが増加

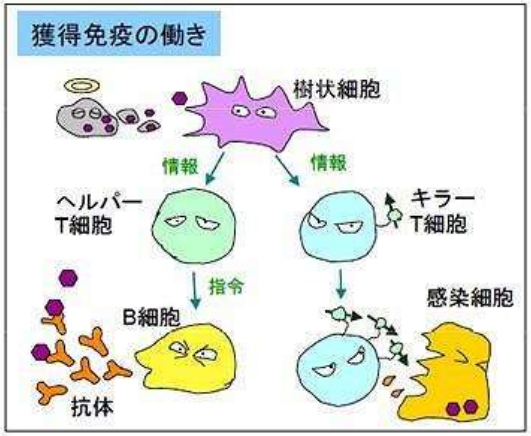
・森永乳業　肖博士ら
高血清脂質の被験者に8週間発酵ヨーグルトを摂取させ、総コレステロール値が減少（カゼイ菌、サーモフィラス菌のヨーグルト）

5-6　ヨーグルトによる免疫力獲得

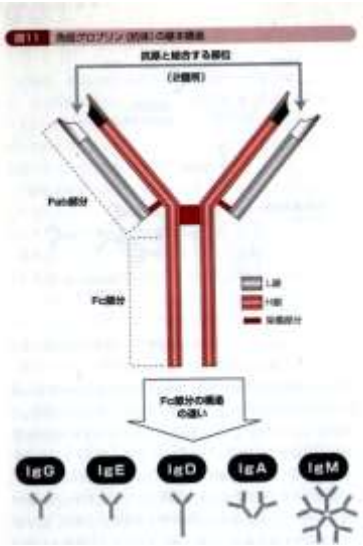
＜免疫反応＞
ヒトには、有害なものを排除したり無害化する機能が備わっている。有害細菌やウィルスのような異物が体内に入ってきた場合や、生活習慣などによって蓄積された老廃物や種々の異常代謝物（このような異物を抗原という）を除去するために、リンパ球や抗体が攻撃を仕掛けてそれらを排除することを、免疫反応という。免疫反応が過敏になり、自分自身の細胞を攻撃すると、アレルギー反応が起きる。

ヒトの免疫系（主に腸管：大腸と小腸）
・自然免疫系：生まれつき備わっている細胞が異物を攻撃するシステム
（例）マクロファージ、食細胞など
・獲得免疫系：T細胞系(ヘルパーT細胞とキラーT細胞)とB細胞による感染細胞への攻撃や抗体の生産による異物排除システム
①樹状細胞からの情報に基づき、ヘルパーT細胞はB細胞に抗体をつくるように指令を出す。抗体は溶けて流れている異物分子でも攻撃できる。B細胞は、一部記憶細胞として残り、同じ抗原が来たときに撃退するために待機する。
②樹状細胞からの情報に基づき、キラーT細胞は、感染した細胞を見つけ出して殺す。

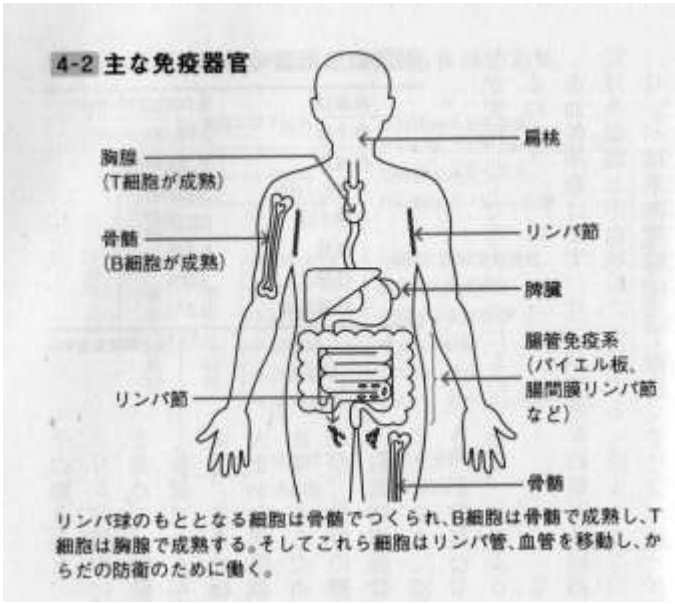




＜抗体＞
免疫グロブリン(Ig)というタンパク質で、G, M, A, D, Eが知られている。



IgG:　血液中に多く存在し、病原菌による感染を予防する
IgM:　赤ちゃんが自分で作る抗体
IgA:　呼吸器官や消化器官、泌尿器などの粘膜表面で分泌され、病原菌の侵入を防ぐ
IgE:　感染症の予防に重要。一方、アレルギーの原因にもなる
IgD:　詳細な機能不明



理化学研究所免疫発生研究チームHPより
http://www.riken.jp/rcai.lymdev/common_contents/common_contents_01.html

<ヨーグルトが免疫力を高めるメカニズム>

ヨーグルト（一般的にはサーモフィラス菌＋ブルガリカス菌）

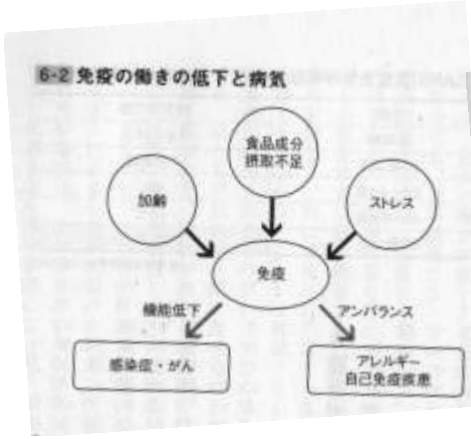
↓ ＋乳酸桿菌、ビフィズス菌

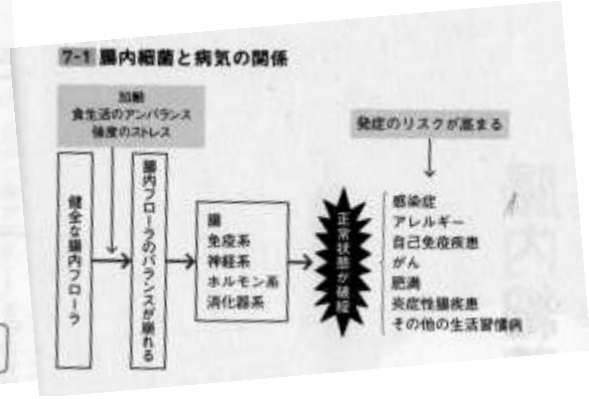
より高い免疫効果を発揮するヨーグルトの開発

ヨーグルトによる免疫力が高まる理由は、次のことが知られている。

①乳酸菌、ビフィズス菌の菌体成分による免疫力の増強作用
　冬季の乳幼児下痢症の原因であるロタウィルスに対し、ビフィズス菌細胞壁成分がIgAの産生を高め、感染予防作用を示す。

②乳酸菌、ビフィズス菌以外のヨーグルト成分による免疫力の増強作用
　ホエータンパク質や遊離アミノ酸、ビタミン、カルシウムなどが、免疫細胞（マクロファージ、T細胞、B細胞など）を活性化し、腸内有害細菌の増殖を阻む。





参考文献：ヨーグルトの科学（八坂書房）、やさしく学ぶ免疫システム（ソフトバンク　クリエイティブ）、からだの中の外界　腸のふしぎ（講談社ブルーバックス）

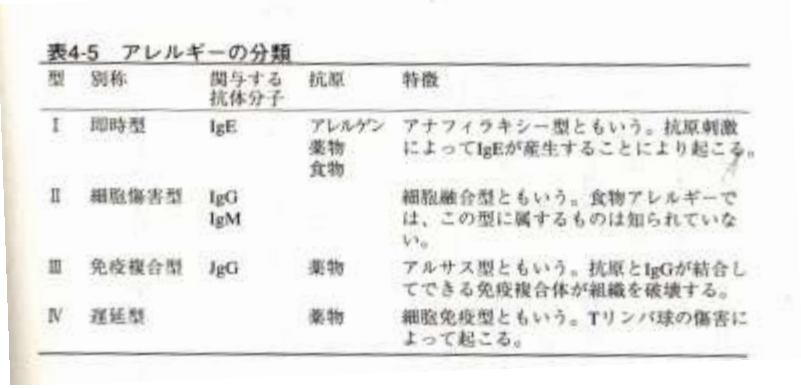


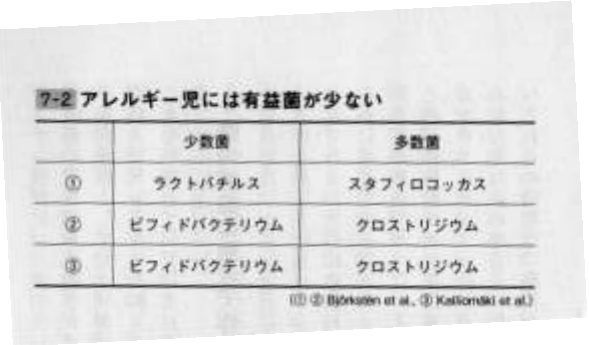
表4-5　アレルギーの分類

型	別称	関与する抗体分子	抗原	特徴
I	即時型	IgE	アレルゲン 薬物 食物	アナフィラキシー型ともいう。抗原刺激によってIgEが産生することにより起こる。
II	細胞傷害型	IgG IgM		細胞融合型ともいう。食物アレルギーでは、この型に属するものは知られていない。
III	免疫複合型	IgG	薬物	アルサス型ともいう。抗原とIgGが結合してできる免疫複合体が組織を破壊する。
IV	遅延型		薬物	細胞免疫型ともいう。Tリンパ球の傷害によって起こる。

5-7　ヨーグルトとアレルギー

近年、乳幼児や小児において、食品アレルギーの割合が増加している。
（原因食品：アレルゲン）
・卵、牛乳、大豆、肉類、魚介類、穀類（小麦、米など）
（症状）
・アトピー性皮膚炎、じんましん、湿疹、下痢、嘔吐、腹痛、気管支ぜんそくなど
アレルギーのタイプはⅠ～Ⅳ型があり、中でもⅠ型は即時型アレルギーでIgEと抗原の反応により、肥満細胞からヒスタミンが放出され、症状がでる。

一方、ヨーグルトは、抗アレルギー作用を示す食品である。
(例)ヤクルト　志田博士ら
ラクトバチルス　シロタ株を高アレルギーラットに投与すると、IgEの産生が抑えられる（→アレルギー抑制効果）


7-2 アレルギー児には有益菌が少ない

	少数菌	多数菌
①	ラクトバチルス	スタフィロコッカス
②	ビフィドバクテリウム	クロストリジウム
③	ビフィドバクテリウム	クロストリジウム

① ② Björkstén et al., ③ Kalliomäki et al.

今後の学校給食における食物アレルギー対応について(通知)

25文科ス第713号

平成26年3月26日

各都道府県知事
各都道府県教育委員会教育長
各指定都市教育委員会教育長　御中
附属学校を置く各国立大学法人学長
構造改革特別区域法第12条第1項の認定
を受けた各地方公共団体の長

文部科学省スポーツ・青少年局長
久保公人

今後の学校給食における食物アレルギー対応について(通知)

食物アレルギー等のある児童生徒に対しては、文部科学省監修の下、平成20年に公益財団法人日本学校保健会が発行した「学校のアレルギー疾患に対する取り組みガイドライン」(以下「ガイドライン」という。)に基づく対応をお願いしているところです。

平成24年12月に、食物アレルギーを有する児童が、学校給食終了後にアナフィラキシーショックの疑いにより亡くなるという事故の発生を受けて、文部科学省では、平成25年5月に「学校給食における食物アレルギー対応に関する調査研究協力者会議」を設置し、学校給食における食物アレルギー対応の充実方策について、総合的・専門的な観点から検討を依頼し、本年3月、別添1のとおり、報

文部科学省HP (http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/nc/1345963.htm)

6.動物乳・乳製品に関する法律

6-1　乳及び乳製品に関する省令

牛乳など食品に関することは、厚生労働省が所管している。なかでも牛乳に関することは、「乳及び乳製品の成分規格に関する省令（乳等省令）」により定められている。
（ http://www.jhospa.gr.jp/data/nyuusyourei-pdf.pdf）

【乳の定義】
①生乳、②牛乳、③特別牛乳、④生山羊乳、⑤殺菌山羊乳、⑥生めん羊乳、⑦成分調整牛乳、⑧低脂肪牛乳、⑨無脂肪牛乳、⑩加工乳をいう。

①生乳：搾取したままの牛の乳
②牛乳：直接飲用に供する目的又はこれを原料とした食品の製造若しくは加工の用に供する目的で販売する牛の乳
③特別牛乳：牛乳であって特別牛乳として販売するもの
④生山羊乳：搾取したままの山羊乳
⑤殺菌山羊乳：直接飲用に供する目的で販売する山羊乳
⑥生めん羊乳：搾取したままのめん羊乳
⑦成分調整牛乳：生乳から乳脂肪分その他の成分の一部を除去したもの
⑧低脂肪牛乳：成分調整牛乳であって、乳脂肪分を除去したもののうち、無脂肪牛乳以外のもの
⑨無脂肪牛乳：成分調整牛乳であって、ほとんどすべての乳脂肪分を除去したもの
⑩加工乳：生乳、牛乳若しくは特別牛乳又はこれらを原料として製造した食品を加工したもの

・牛、山羊、めん羊において、分べん後五日以内のものや、乳に影響ある薬剤を服用させ、又は注射した後、その薬剤が乳に残留している期間内のものは、搾乳してはならない
・牛乳は生乳（搾ったままの牛乳）を原料としなければならない
・タンパク質、脂肪、乳糖などの成分を勝手に変更しない

参考文献：ヨーグルトの科学（八坂書房）

【乳製品の定義】
クリーム、バター、バターオイル、チーズ、濃縮ホエイ、アイスクリーム類、濃縮乳、脱脂濃縮乳、無糖練乳、無糖脱脂練乳、加糖練乳、加糖脱脂練乳、全粉乳、脱脂粉乳、クリームパウダー、ホエイパウダー、たんぱく質濃縮ホエイパウダー、バターミルクパウダー、加糖粉乳、調製粉乳、発酵乳、乳酸菌飲料（無脂乳固形分 3･0%以上を含むものに限る。）及び乳飲料

6-2　乳の表示義務

容器包装を開かないでも容易に見ることができるように、当該容器包装又は包装の見やすい場所に記載して行わなければならない。

（1） 原料・種類（乳の定義①～⑩) について
・生乳、生山羊乳及び生めん羊乳は、その旨表示する。
・容器に「牛乳」と表記できるのは、成分無調整のもののみ。
ただし、低脂肪化は許可され、その場合は「成分調整牛乳（低脂肪牛乳、無脂肪牛乳）と表示される。
それ以外は、「加工乳」となる（牛乳と表示はできない）。
・生乳については、下記のように基準が決められている。
・無脂乳固形分：8.0%以上、・乳脂肪分：3.0%以上、
・比重：1.028～1.034、酸度：0.18%以下
＊水を加えるなどの不正防止のため

（2） 乳の殺菌法
① 摂氏63℃で30分、加熱殺菌 （低温保持殺菌）
② ①と同等の殺菌効果を有する方法で殺菌
・高温短時間殺菌法 （72～75℃, 15～30秒）
・超高温短時間殺菌法 (120～130℃, 2秒）

⇩

期間限定で、低温で保管

＊病原性細菌を殺菌するための基準。ただし、耐熱性細菌と芽胞は残るため、1mLあたり細菌数は5万個以下とする。
＊日本で無殺菌牛乳の販売を許可されている会社が北海道に一社のみある（上記基準をクリアしているため）。

動物乳の成分に関する規格

牛乳、特別牛乳、殺菌山羊乳、部分脱脂乳、脱脂乳及び加工乳

		成分規格				
		無脂乳固形分	乳脂肪分	酸度(乳酸として)	細菌数(標準平板培養法で1ml当たり)	大腸菌群
1	牛乳	8.0%以上	3.0%以上 比重(17.5℃15度において) ジャージー種の牛の乳のみを原料とするもの以外のもの 1.028―1.034 ジャージー種の牛の乳のみを原料とするもの 1.028―1.036	ジャージー種の牛の乳のみを原料とするもの以外のもの 0.18%以下 ジャージー種の牛の乳のみを原料とするもの 0.20%以下	50,000以下	陰性
2	特別牛乳	8.6%以上	3.3%以上 比重(17.5℃15度において) ジャージー種の牛の乳のみを原料とするもの以外のもの 1.028―1.034 ジャージー種の牛の乳のみを原料とするもの 1.028―1.036	ジャージー種の牛の乳のみを原料とするもの以外のもの 0.17%以下 ジャージー種の牛の乳のみを原料とするもの 0.19%以下	30,000以下	陰性
3	殺菌山羊乳	8.0%以上	3.6%以上 比重(17.5℃15度において) 1.030―1.034	0.20%以下	50,000以下	陰性
4	部分脱脂乳	8.0%以上	0.5%以上 3.0%未満 比重(17.5℃15度において) 1.030―1.036	0.18%以下	50,000以下	陰性
5	脱脂乳	8.0%以上	0.5%未満 比重(17.5℃15度において) 1.032―1.038	0.18%以下	50,000以下	陰性
6	加工乳	8.0%以上		0.18%以下	50,000以下	陰性

http://homepage2.nifty.com/i-love-turk/mongol/dairyproducts/table.htm より引用

（3） 消費期限と賞味期限、保存方法

【消費期限】 定められた方法により保存した場合において、腐敗、変敗その他の品質の劣化に伴い安全性を欠くこととなるおそれがないと認められる期限を示す年月日をいう。上記の乳では、特に劣化しやすい場合に表示義務がある。

【賞味期限】 定められた方法により保存した場合において、期待されるすべての品質の保持が十分に可能であると認められる期限を示す年月日をいう。ただし、当該期限を超えた場合であっても、これらの品質が保持されていることがあるものとする。
賞味期限は、動物乳および乳製品すべてに、食品衛生法とJAS法による表示義務がある。

【保存方法】 保存の方法の基準が定められた乳は、賞味期限を維持できる保存法を表示する(常温保存、冷蔵保存、冷凍保存など)。

6-3 乳製品の表示義務

容器包装を開かないでも容易に見ることができるように、当該容器包装又は包装の見やすい場所に記載して行わなければならない。

① チーズ

・ナチュラルチーズ又はプロセスチーズの表示が必要

【ナチュラルチーズの定義】
1. 乳、バターミルク、クリーム又はこれらを混合したもののほとんどすべて又は一部のたんぱく質を酵素その他の凝固剤により凝固させた凝乳から乳清の一部を除去したもの又はこれらを熟成したもの
2. 前号に掲げるもののほか、乳等を原料として、たんぱく質の凝固作用を含む製造技術を用いて製造したもの

【プロセスチーズの定義】
ナチュラルチーズを粉砕し、加熱溶融し、乳化したもの（乳脂肪分40%以上）

・牛以外の動物の乳を原料として製造したナチュラルチーズは、当該動物の種類
・主要な混合物の名称、乳以外の特定原材料に由来する添加物
・含まれる無脂乳固形分及び乳脂肪分の重量百分率
・消費期限と賞味期限、保存方法

②ヨーグルトなど発酵乳（または、はっ酵乳）

【定義】 乳又はこれと同等以上の無脂乳固形分を含む乳等を乳酸菌又は酵母で発酵させ、糊状又は液状にしたもの又はこれらを凍結したもの（無脂乳固形分:8.0%以上、乳酸菌数または酵母数：1mLあたり10,000,000個以上)

・種類別の表示「発酵乳（または、はっ酵乳）」
・主要な混合物の名称、乳以外の特定原材料に由来する添加物
・含まれる無脂乳固形分及び乳脂肪分の重量百分率
・消費期限と賞味期限、保存方法

＊発酵乳製品は、このほかに「発酵乳、乳酸菌飲料の表示に関する公正競争規約」により監視されている。→不当表示の禁止

乳製品の基準

	成分規格			
	乳固形分 (乳脂肪分、など)	水分／その他	細菌数(標準平板培養法で1ml当たり)	大腸菌群
クリーム	乳脂肪分　18.0%以上	酸度(乳酸として)0.20%以下	100,000以下	陰性
バター	乳脂肪分　80.0%以上	水分17.0%以下		陰性
プロセスチーズ	乳脂肪分　40.0%以上			陰性
アイスクリーム	乳固形分　15.0%以上 うち乳脂肪分　8.0%以上		100,000以下 ただし、醗酵乳又は乳酸菌飲料を原料として使用したものにあっては、乳酸菌又は酵母以外の細菌の数が100,000以下とする。	陰性
アイスミルク	乳固形分　10.0%以上 うち乳脂肪分　3.0%以上		50,000以下 ただし、醗酵乳又は乳酸菌飲料を原料として使用したものにあっては、乳酸菌又は酵母以外の細菌の数が50,000以下とする。	陰性
ラクトアイス	乳固形分　3.0%以上		50,000以下 ただし、醗酵乳又は乳酸菌飲料を原料として使用したものにあっては、乳酸菌又は酵母以外の細菌の数が50,000以下とする。	陰性
加糖煉乳	乳固形分　28.0%以上 うち乳脂肪分　8.0%以上 糖分(乳糖を含む。)　58.0%以下	水分27.0%以下	50,000以下	陰性
発酵乳	無脂乳固形分　8.0%以上 乳酸菌数又は酵母数(1ml当たり)　10,000,000以上			陰性
乳酸菌飲料(無脂乳固形分3.0%以上のもの)	乳酸菌数又は酵母数(1ml当たり)　10,000,000以上 ただし、醗酵させた後において、摂氏75度以上で15分間加熱するか、又はこれと同等以上の殺菌効果を有する方法で加熱殺菌したものは、この限りでない。			陰性
乳飲料			30,000以下	陰性
乳等を主要原料とする食品の基準				
乳酸菌飲料(無脂乳固形分3.0%未満のもの)	乳酸菌数又は酵母数(1ml当たり)　1,000,000以上			陰性

http://homepage2.nifty.com/i-love-turk/mongol/dairyproducts/table.htmより引用

はっ酵乳・乳酸菌飲料の表示に関する公正競争規約

【目的】
・消費者が適正な商品を選べるようにすること
・業界の公正な競争を確保すること

「不当景品類及び不当表示禁止法」の規定により、公正取引委員会の認定をうけて設定され、全国はっ酵乳・乳酸菌飲料公正取引協議会が運営している。また、表示などに違反の事実がないかどうかなどの調査も行なっている。

必要表示事項（一括表示）

①種類別名称
「発酵乳」「乳製品乳酸菌飲料」「乳酸菌飲料」のいずれかを表示。
·※無脂乳固形分および乳脂肪分
重量百分率で表示。
②原材料名
原材料と添加物に区分し、使用量の多いものから順に表示。
　　生乳・牛乳・無脂肪牛乳は「乳」と表示してよい。
　　クリーム・バター・全粉乳・脱脂粉乳などは「乳製品」と表示してよい。
　　添加物を使用する場合は食品衛生法にもとづいてすべて表示する。
③賞味期限または消費期限
年月日を表示。フローズンヨーグルトは年月。
·④内容量
ミリリットル（ml）、またはグラム（g）で表示。
⑤保存方法
「10℃以下で保存してください」など具体的な方法を表示。
⑥製造者
氏名または名称及び住所を表示。

特定表示

·「生乳」の文言を使用した場合は生乳の使用割合を表示する。
·果汁または果肉が重量百分率で 5 %未満の場合は「無果汁」と表示しなければならない。
·はちみつ1%以上、トマト5%以上入っているもので
·なければ、商品名に、はちみつやトマトの名称を
·つけてはならない。

その他の表示事項

1.栄養表示基準　2.特色のある原材料等の表示基準
3.アレルギー物質を含む食品に係る表示基準
4.遺伝子組換え農産物等に係る表示基準
5.容器包装識別表示基示基準

不当表示の禁止

次のような表示は禁止されています。
•乳酸菌飲料に「〇〇ヨーグルト」「ヨーグルトのような乳酸菌飲料」などと表示する。
•発酵乳、乳酸菌飲料又はその原材料が「純」「純正」などである旨の表示。
•発酵乳、乳酸菌飲料が濃厚である旨の表示。
•効能効果があるかのように誤認されるおそれがある表示。

- 保健飲料、美容飲料、栄養食品、自然食品などの表示
- 健康作りにかかせない、健康に美容に効果をあらわす、栄養がいっぱい、乳酸菌がたっぷりなどの表示。
- 整腸作用がある、胃腸の弱い方に、疲労回復に、老化防止になどの表示。
- 新聞、雑誌などの記事、医師、学者などの談話、学説を引用しての123などに該当する表示。

発酵乳の一括表示例

日本乳業協会HP (http://www.nyukyou.jp/dairy/yogurt/yogurt13.html)
全国発酵乳乳酸菌飲料協会HP(http://www.nyusankin.or.jp/lactic/lactic8.html)より抜粋

7. 健康食品と食品添加物

7-1　機能性食品の概念

1980年代、食品に対し、栄養素、風味、健康な体調維持・増進させる機能への判断基準を設ける必要性

食品の機能
・一次機能：栄養機能
・二次機能：感覚機能
　＋
・三次機能：生体調節機能　（免疫系、内分泌系、神経系、循環器系などの調節に関与する機能）→　生活習慣病の予防・改善

機能性食品の概念 ⇒ **特定保健用食品の誕生（1991年）**

＊機能性食品という言葉が使われなかったのは、「機能」という用語が薬事法で医薬品を定義するときに使うため

2001年、保健機能食品制度がスタートし、健康食品が下記の3つに分類された。

健康食品
- 特定保健用食品　（特保）
- 栄養機能食品
- 健康食品を含む一般食品

（特保）・栄養機能食品 ＝ 保健機能食品

図4-16　保健機能食品制度

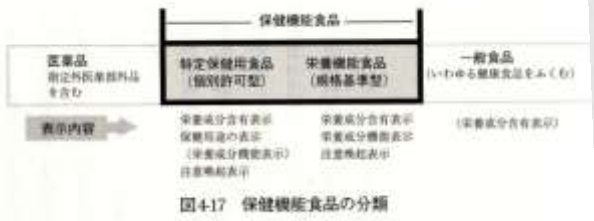


図4-17　保健機能食品の分類

7-2　特定保健用食品（特保）

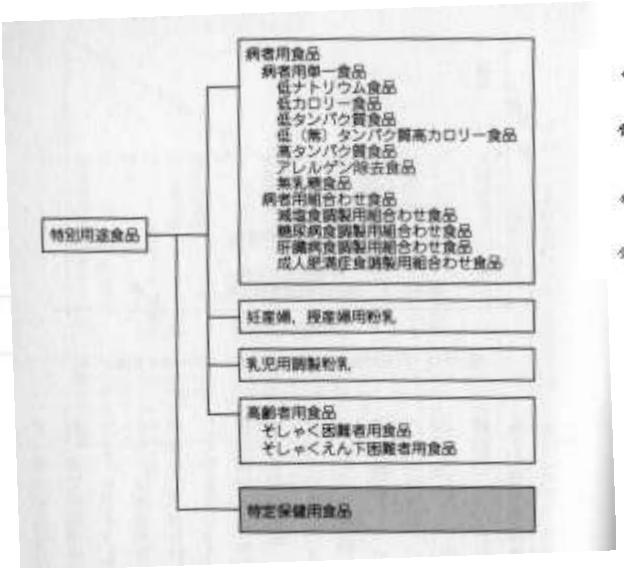
「食生活において特定の保健の目的で摂取する者に対し、その摂取により当該保健の目的が期待できる表示をするもの」
＊厚生大臣の許可が必要で、栄養成分や保健用途、注意喚起表示の義務がある
＊病者用食品と異なり、医師の管理下に使用するものではない
＊2009年からは、消費者庁許可に移行（下記のロゴ）

⇕

・医薬品：人または動物の身体の構造又は機能に影響を及ぼすことが目的とされるもの（薬事法第二条）

・病者用食品：下記のいずれかに該当するもの
①医師の管理下で適正に使用されなければ、その食品に本来期待される目的が達成できないと考えられるもの
②その食品に頼ることによって、医師による適切な治療の機会を失う恐れの強いもの
③直接的な表示はされていなくても、疾病の治療の一環として使用することをコンセプトとしたもの

＊特保と病者用食品を併せて、「特定用途食品」という



「特定保健用食品」表示許可商品一覧
（国立栄養・健康研究所HP）

平成26年現在、1103品目が特保の表示許可を得ている。
https://hfnet.nih.go.jp/contents/sp_health.php

1. 「お腹の調子を整える」等の表示をした食品

①オリゴ糖類を含む食品

アサヒ　パワーゴールド、エコライフ、お・な・か・にやさしくオリゴとうふ、オリゴ2400(アップル、キャロット、グレープ)、オリゴタイム、オリゴのおかげ(Ex、ポーション、顆粒)、オリゴメイト（HP, S-HP）、オリゴワン　ヨーグルトサワー、カップオリゴスイートエクストラ、キレアウォーター、ゴーサインスティック、天寿りんご黒酢、ハイライン、ビフィルン、ぴゅあオリゴ顆粒、ブレンディコーヒーオリゴ糖入り(インスタントコーヒー、ブラック、ボトルコーヒー）、ベストメント、毎朝爽快、まるしげげんきっす、ヨーグリーナ

②乳酸菌類を含む食品

カルピスキッズ、ジョア (プレーン、白ぶどう、ストロベリー、ブルーベリー)、ソフール (LT、ストロベリー、プレーン)、タカナシおなかへGG！(ドリンクヨーグルト、ヨーグルト)、ナチュレPRO GB、のむデンマークヨーグルト、たべるデンマークヨーグルト、ビヒダス(なめらかヨーグルト、プレーンヨーグルト)、ピュアラ (アロエ、ピーチ)、ピルクル、明治朝のブルガリア(のむヨーグルトLB81、Caのむヨーグルト、のむヨーグルトLB81プレーン、のむヨーグルトCa、のむヨーグルトプレーンLB81、ヨーグルトLB81)、森永(カルダス、ビヒダス)、ヤクルト(400、400LT)

③食物繊維類を含む食品

オールブラン、おなかの調子を整える　ぷるんと蒟蒻ゼリー（マスカット)、快適繊維プルーン、今日のみそ汁　合わせ味噌仕立て、クラッシュタイプの蒟蒻畑ライト（オレンジ味、グレープフルーツ味、ぶどう味、マスカット味、マンゴー味、もも味、ライチ味、りんご味)、小岩井低脂肪のむヨーグルト[酵母食物繊維入り]、コレカットポタージュ、繊維補給、タケダ　せんい＆ピーチ、ナタデココ ファイバー、日清おいしさプラス(サイリウムヌードル　チキンタンメン、サイリウムコーンフレーク　セミスィート、サイリウムドリンク(プレーン（微糖）、オレンジ、青りんご,グレープフルーツ)、サイリウムファイバーゼリー(グレープ味、もも味)、サイリウムコーンフレーク　プレーン、サイリウムヌードルしょうゆ味)、バンホーテンミルクココアファイバープラス、「ビタホット」(ハニーレモンC、フルーツ＆ベジタブル)、ファイバーチョキレ(P、U、B)、ファイバードリンク　ラズベリー＆アップル、ファイブミニ、ブランフレーク・プレーン、メナード　緑の健康野菜、ファイバー食パン爽快健美

④その他の成分を含む食品

おなか活力タブレット、明治おなか活力ミルク

2. 「コレステロールが高めの方に適する」表示をした食品

イサゴール(アムラ味、グレープフルーツ味、青りんご味)、えがおのコレステール、キリン コレステミン　アップル味、レモンライム味、アセロラ味)、健康サララ、コレカット(マスカット、ライト、ライチー、レモン)、コロバランス、ゼリージュース　イサゴール、大豆からあげ、豆乳で作ったのむヨーグルト、日清おいしさプラス　キトサンヌードル(しょうゆ味、タンメン)、ハイ！調製豆乳、ピュア　フローラ、ピュアセレクトサラリア、2つの働き　カテキン緑茶、ヘルケット、ヘルシーコレステ、ラーマ　プロ・アクティブ

3. 「食後の血糖値の上昇を緩やかにする」表示をした食品

からだサポートごはん、京優(トマトスープ、春雨スープ、京水菜の卵がゆ、合わせみそ、
お吸いもの、白みそ、緑茶)、クロスタニンのお茶、グルコデザイン、血糖の気になりはじめた人のフィットライフコーヒー、健康笑顔ごはん、賢者の食卓　ダブルサポート、健茶王緑茶、颯爽、三和アラビノinシュガー、食事と一緒に十六茶、食事のおともに食物繊維入り紅茶、健やか豆腐、天の葉、糖健茶料、パインファイバーW、ピオテアドリンク粉末タイプ、ピオテア(ドリンク、粉末ほうじ茶)、松谷のおみそ汁(合わせ、赤だし、白みそ)、ミキ グルコエイドK、水々しあ、三ツ矢サイダー　プラス、緑の力茶(りょくちゃ)、ヤクルト蕃爽麗茶香ばし風味、食前茶、豆鼓エキスつぶタイプ

4.　「血圧が高めの方に適する」表示をした食品

「アミールエス」ハンディタブ、エース、エスピーマリンスーパーP、カゼインDPペプティオドリンク、南瓜緑茶 プレスカット、カルピス酸乳 アミール(エス 120、のむヨーグルト)、キリン　ビー・フラット、ギャバ・20タブレット、ゴマペプ茶、胡麻麦茶、サーディンサポート、シーペプチド、杜仲源EX、プレティオ、ペプチドおみそ汁、マインズ＜毎飲酢＞リンゴ酢ドリンク、まめちから　大豆ペプチドしょうゆ、燕龍茶レベルケア、わかめペプチドゼリー [りんご風味]、プレスライフS、ペプチドエース3000、ペプチドスープEX、ペプチドストレート、ペプチド茶

5.「歯の健康維持に役立つ」表示をした食品

キシリトールガム(エアミント、テイスティミント、ブラックベリーミント、アップルミント、クールハーブ、ストロングミント、ピンクミント、フレッシュミント、ペパーミント、ライムミント)、キシリトール・タブレット(オレンジ)、ポスカ(クリアミント、ライチカモミール)、明治　ミルクでリカルデント(R)、リカルデント(エクストラミント、さわやかミント、シトラスクール、シトラスミント、スカッシュミント、ブルーミンググリーンミント、ホワイトクリアミント、マイルドミント、キッズ、ブルーベリー)

6.　「食後の血中中性脂肪が上昇しにくいまたは身体に脂肪がつきにくい」表示をした食品

伊右衛門　特茶、イマークS、黒烏龍茶(香るジャスミン、OTPP)、賢者の食卓　ダブルサポート、十六茶　プラス、スタイリー　炭酸水 レモン味、スタイリースパークリング、清祥茶房、DHA入りリサーラフィッシュナー(ガーリック風味、バジル風味、レモン＆パセリ風味)、ナップルドリンク、パインファイバーW、2つの働き　カテキン緑茶、ブレンディ香るブラック、ヘルシーリセッタ、ヘルシア(ウォーター、五穀めぐみ茶、スパークリング、緑茶)、ペプシスペシャル、ボスグリーン、キリン　メッツ　コーラ、DHA入りリサーラソーセージ

7.　「カルシウム等の吸収を高める」表示をした食品

アサヒ　こつこつカルシウム、カルシウムとうふ、鉄骨飲料

8.　「骨の健康維持に役立つ」表示をした食品

黒豆茶、黒豆茶ゴールド、黒豆豆乳飲料、セブンプレミアム　おさかなソーセージ、大豆芽茶(だいずがちゃ)、ほね元気、ほね元気　ひきわり、有機栽培大豆　ほね元気

7-3　栄養機能食品

「心身の健全な成長、発達、健康の維持に必要な栄養成分の補給・補完を目的とした食品」

＊ミネラル2種類とビタミン類12種のみ表示可能

現在、規格基準が定められている栄養成分

ミネラル類	カルシウム、亜鉛、銅、マグネシウム、鉄
ビタミン類	ナイアシン、パントテン酸、ビオチン、ビタミンA、ビタミンB1、ビタミンB2、ビタミンB6、ビタミンB12、ビタミンC、ビタミンD、ビタミンE、葉酸

＊栄養成分の含有と機能、注意喚起の表示義務がある

＊下記の表示は禁止されている。

①機能表示が認められていない成分の機能の表示

②特定保健用食品で許可されている、「お腹の調子を整える」など、特定の保健の目的に役立つ旨の表示

③医薬品と誤認されるような疾病の診断、治療、予防等に関係する表現

「健康食品を含む一般食品」

＊栄養成分含有のみ表示義務

＊いわゆる「健康食品」は販売業者が独自の判断で表示している
（法令上の定義は無い）

次ページに示すような問題表示が多数あり、消費者は注意が必要。
表示義務違反や景品表示法違反(表示を裏付ける合理的根拠が示されず、優良誤認に該当)が多くあるが、消費者の認識は低い。

健康食品の問題

消費者庁が景品表示法に違反するいわゆる健康食品に注意喚起 (140616)

■注意喚起および勧告内容

2014年6月13日、消費者庁が景品表示法に違反するいわゆる健康食品「カロリストン -PRO-」に注意喚起。

■解説

当該製品を販売するに当たって、ウェブサイトにおいて「あたかも当該製品を摂取するだけで、特段の運動や食事制限をすることなく、容易に著しい痩身効果が得られるかのように示す表示 (下記参照) 」が行われていたが、合理的根拠が認められず、景品表示法違反（表示を裏付ける合理的根拠が示されず、優良誤認に該当）と判断された。消費者庁は、当該製品を販売していたステラ漢方株式会社に対し、景品表示法に基づく措置命令を行っている。

＜表示期間＞

2013年11月下旬から2014年5月1日までの間

＜表示内容＞

「えっ！？普段の食事のままで・・・！！」、「食べたカロリーを！！ 今までにないダイエット」、「今までのダイエットサプリでは実現出来なかった『普段の食事ダイエット』を実現。」「たったの3ヶ月で理想の姿に！！」などと記載

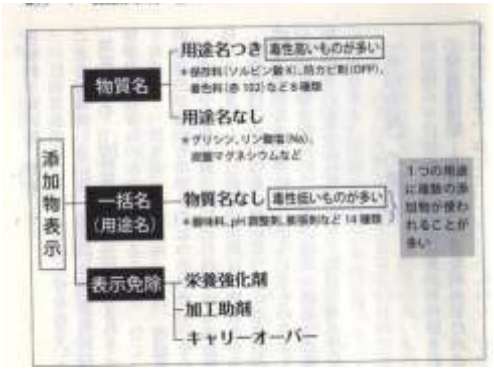
7-4 食品添加物

「食品の製造の過程において又は食品の加工もしくは保存の目的で、食品に添加、混和、湿潤その他の方法によって使用する物」
＊2008年現在、794品目（厚労省認可）

（種類）
①合成添加物（指定添加物）：石油製品などを原料として化学合成されたもの
②天然添加物（既存添加物）：天然の植物、海藻、昆虫、細菌、鉱物などから特定の成分を抽出したもの

（表示義務）
食品添加物は、物質名の表示と用途名の表示が義務付けられている。用途別としては、以下のものがある。
・保存料 ・防かび剤 ・発色剤 ・着色料 ・甘味料 ・漂白剤 ・酸化防止剤 ・糊料（増粘剤、ゲル化剤、安定剤）

＊ただし、一括名表示という裏ワザがあり、複数の同様の物質が含まれている場合には、一括表示できる。
(例) クエン酸、リンゴ酸などの酸味料→「酸味料」のみ表示
これには、以下のものが該当する。
・酸味料 ・調味料 ・香料 ・pH調整剤 ・膨張剤 ・乳化剤 ・イーストフード ・かんすい ・ガムベース ・チューインガム軟化剤 ・豆腐用凝固剤 ・苦味料 ・光沢剤 ・酵素



参考文献：ヨーグルトの科学（八坂書房）、機能性食品と健康（裳書房）、食べてはいけない添加物食べてもいい添加物（大和書房）

8. プロバイオティクス

8-1　プロバイオティクスの概念

1989年、イギリスの微生物生態学者フラーにより提唱
「腸管フローラバランスを改善することにより、動物に有益な効果をもたらす生きた微生物」

（有益な効果）
・抗変異原性　・腫瘍抑制作用　・血中コレステロール低減作用　・血圧低下作用　・病原菌に対する拮抗作用
・腸管内有害物質の低下作用

⇩

腸内環境改善作用を持つ微生物を持つ食品が開発
（例）プロバイオティクスを添加したヨーグルト(機能性食品)

8-2　プロバイオティクスの条件

下記の条件を満たすものがプロバイオティクスと定義される。

①安全性が十分に保証されている
②もともと腸内フローラの一員である
③胃液・胆汁などの酸に耐えて腸内に到達可能
④腸内に付着し、増殖できる
⑤人間に明らかな有用効果を発揮する
⑥食品中で有効な菌数が維持できる
⑦安価で取り扱いが容易

特に①と④の点で、ヒトが生まれた時から腸管に棲みついている乳酸菌やビフィズス菌の多くが、先の条件を満たしている。そこで、これらを利用した食品や生菌製剤、臨床に広く利用されている。

20世紀は抗生物質が主流（特に感染症への治療効果が高いため）

⇩

抗生物質耐性菌(MRSAなど）の出現と院内感染が問題

21世紀は「プロバイオティクス」の時代

⇩

治療から予防の時代へ：「予防にまさる健康法はない」という概念
予防は一人一人ができる健康法

腸管など消化管環境を維持するためには、下記要因を正常に保つ必要がある。
①消化管の状態
②胃腸の分泌液
③腸内に棲息するミクロフローラ
④摂取する食べ物

8-3　プレバイオティクス

プロバイオティクスが機能するためには、これらが増殖できる栄養素が必要

⇩

1981年、イギリスのロバーフロイドとギブソンにより「プレバイオティクス」が提唱
「プロバイオティクスの増殖を促進させる栄養源」

・ヒトの腸管内で吸着され、エネルギー源になりにくいことが必要
（ヒトに余分なエネルギーを与えず、プロバイオティクスにのみ増殖を促す）

（プレバイオティクスの種類）
＊オリゴ糖や糖アルコールなどヒトにとっては消化されにくいが、プロバイオティクスは栄養源にできるもの

①ショ糖をベースとしたオリゴ糖
　フラクトオリゴ糖、ガラクトシルスクロース、トレハロース

②乳糖をベースとしたオリゴ糖
　ガラクトオリゴ糖、ラクチュロースなど

③でんぷんその他の多糖を原料にしたオリゴ糖
　イソマルオリゴ糖、ゲンチオオリゴ糖、キシロオリゴ糖、大豆オリゴ糖など

④糖アルコール
　マルチトール、ラクチトール、エリスリトールなど

（補足）オリゴ糖：単糖が十数個つながった糖類
　　糖アルコール：糖類を還元し、アルコールにしたもの

8-4　シンバイオティクス

「プロバイオティクスとプレバイオティクスを組み合わせたもの」
・それぞれ単独で摂取するよりも、有益性を発揮できる
（例）難消化性デキストリン入りのヨーグルトに、乳酸菌やビフィズス菌を添加

↓

デキストリンがプロバイオティクスを保護し、腸内で付着・増殖

8-5　プロバイオティクスの保健効果

プロバイオティクスは、生菌でも死菌でも保健効果がある。
主な保健効果は以下の通り。
①乳糖不耐症への対応
以前述べたとおり、牛乳などに含まれる乳糖を分解する能力が低いと下痢を起こす。乳酸菌はこの症状を軽減するため、こうした人には発酵乳の飲用が奨められている。

②便秘改善への対応
　便秘とは週1-3回程度の排便回数の場合をいう。繊維質の不足が原因と言われ、腹部膨張、直腸の異常空洞化などの症状がでる。乳酸菌などの作用で腸内細菌の代謝を活性化したり、腸内pHを下げ排便を促す効果がある。

③急性胃炎予防効果
　子供に起きる急性下痢は、ロタウィルスが原因で、腸管上皮の繊毛を破壊するために生じる。プロバイオティクスは、ロタウィルスが引き起こす下痢を食い止める効果がある。

④食物アレルギー
　食品由来の抗原が腸管繊毛を通り抜け、炎症が起きる。乳酸菌（ラクトバチルス）は、腸管保護によりアレルギーを予防する。

⑤リウマチ関節炎予防
　リウマチ関節炎の原因の一つに、腸内細菌の不安定化が指摘されている。リュウマチ関節炎の改善に、ヨーグルト（ラクトバチルス）の投与が行なわれている。

⑥整腸への対応
　乳酸菌の作用により、乳酸や短鎖脂肪酸が生成され、腸内の悪玉菌の増殖を阻害したり、腸のせん動を促す効果がある。

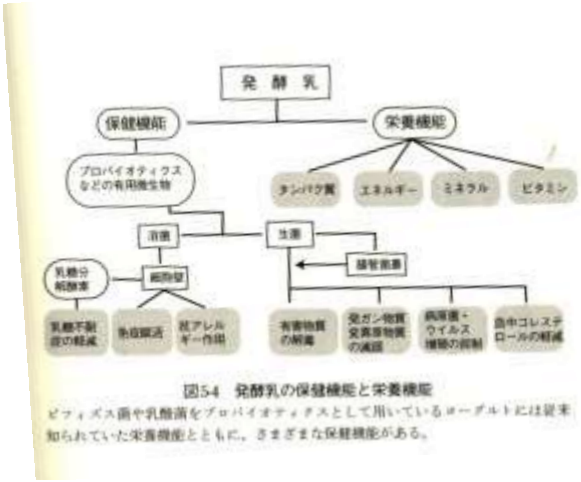


図54　発酵乳の保健機能と栄養機能
ビフィズス菌や乳酸菌をプロバイオティクスとして用いているヨーグルトには昔から知られていた栄養機能とともに、さまざまな保健機能がある。

8-6 食物繊維とプロバイオティクス

オリゴ糖などと同様に、食物繊維もプレバイオティクスとして、プロバイオティクスによる保健効果を手助けする。食物繊維は多糖類のことで、ヒトは分解できない。例として下記のものがある。
（例）セルロース、ヘミセルロース、ペクチン、グルコマンナン、キチン、リグニン、ガラギーナンなど

また、食物繊維を豊富に含む食品として、
海草、大豆、穀類、きのこ、野菜、タケノコ、こんにゃく
がある。

（食物繊維の種類）
①水溶性食物繊維
水に溶ける多糖類で、ペクチンやグルコマンナンがある。
水溶性食物繊維の機能は、下記のものがある。
(1)エネルギー摂取軽減作用：砂糖などの代わりに摂取することで、余分なエネルギーの摂取が減る。
(2)血糖値調節作用：食物繊維は分解されないため、血糖値の上昇が起きない。従って、糖の吸収抑制に効果がある。
→糖尿病の治療
(3)整腸作用：有害物質の吸収抑制と排出に効果があり、大腸がんの予防に有効
(4)血中脂質調節作用：腸内細菌で食物繊維が分解されると、酢酸やプロピオン酸などが生成し、これらが血清コレステロールを下げる。

②水不溶性食物繊維
水に溶けない食物繊維で、セルロースやリグニンがある。水溶性食物繊維と異なり、腸内細菌に利用されにくい。
水不溶性食物繊維の機能は下記の通り。
(1)腸のpHを酸性にし、便秘を防ぐ
(2)便量を増加させ、腸管内の有害物質の濃度を薄める。
(3)便量の増加に伴う排便の促進、腸管通過時間の短縮

その他、腸管微生物を介することなく、直接免疫力を高め、保健効果を発揮する食成分を、バイオジェニクスという。

9. 乳成分の工業利用

牛乳を利用した製品は乳製品のみではなく、乳成分も工業的に利用されている。プリントNo.6で取り扱った3. ミルク・乳製品の種類と成分の中で、特に乳タンパク質であるカゼインと乳清（乳漿）タンパク質の工業利用を下記に示す。

表 13.6 食品工業における乳汁由来タンパク質の主な応用

パン製品	
カゼイン / カゼイン塩 / 共沈殿物	
使用範囲	パン，ペーストリ / クッキー，朝食用シリアル，ケーキ・ミックス，ペーストリ，冷凍ケーキおよびペーストリ，ペーストリ・グレイズ
効果	栄養，感触，乳化，生地の粘度，食感，ボリューム / かさ
乳漿タンパク質	
使用範囲	パン，ケーキ，マフィン，クロワッサン
効果	栄養，乳化，卵の代用
乳製品	
カゼイン / カゼイン塩 / 共沈殿物	
使用範囲	模造チーズ(野菜油，カゼイン / カゼイン塩，食塩および水)
効果	脂肪と水のつなぎ，食感の改良，融解性，繊維状および細かく切れる性質
使用範囲	コーヒー・クリーマー(植物脂肪，炭水化物，カゼイン・ナトリウム塩，安定化剤および乳化剤)
効果	乳化，漂白，こくや食感，フェザリング(feathering)防止促進，感触
使用範囲	発酵乳製品，たとえばヨーグルト
効果	ゲルの固さを増強，シネレシス(syneresis)の低下
使用範囲	乳飲料，模造ミルク，液体ミルク栄養強化，ミルク・セーキ
効果	栄養，乳化，発泡
使用範囲	高脂肪粉，ショートニング，ホイップ・トッピングおよびバター状スプレッド
効果	乳化，食感，感触
乳漿タンパク質	
使用範囲	ヨーグルト，クアルグ，リコッタ・チーズ
効果	かさ，栄養，粘度，カード凝集性
使用範囲	クリームチーズ，クリームチーズ・スプレッド，スライスできるか搾り出すことのできるチーズ，チーズ・フィリングおよびディップ
効果	乳化，ゲル化，感触
飲料	
カゼイン / カゼイン塩 / 共沈殿物	
使用範囲	飲むチョコレート，発泡性清涼飲料および果実飲料
効果	安定化，ホイップおよび発泡性
使用範囲	クリーム・リキュール，アペリチフ・ワイン
効果	乳化
使用範囲	ワインおよびビール工業
効果	微粉除去，清澄化，色と渋みの減少
乳漿タンパク質	
使用範囲	ソフト・ドリンク，果汁，粉末または冷凍オレンジ・ジュース
効果	栄養
使用範囲	ミルク風味飲料
効果	粘度，コロイド安定化
デザート製品	
カゼイン / カゼイン塩 / 共沈殿物	
使用範囲	アイスクリーム，冷凍デザート

表 13.6 （つづき）

効果	ホイップ効果，こくおよび食感
使用範囲	ムース，インスタント・プリン，ホイップ・トッピング
乳漿タンパク質	
使用範囲	アイスクリーム，冷凍ジュース・バー，冷凍デザート
効果	スキムミルク固形分の代替，ホイップ効果，乳化性，こく/食感
菓子	
カゼイン/カゼイン塩/共沈殿物	
使用範囲	トッフィー，キャラメル，ファッジ
効果	固い弾力性を付与，噛み応え：水とのつなぎ，乳化
使用効果	マシュマロおよびヌガー
効果	発泡，高温安定性，風味および褐色の改善
乳漿タンパク質	
使用範囲	気泡を入れたキャンディ，メレンゲ，スポンジケーキ
効果	ホイップ効果，乳化
パスタ製品	
使用範囲	マカロニ，パスタおよび模造パスタ
効果	栄養，食感，凍結融解安定性，電子レンジの使用可能性
肉製品	
カゼイン/カゼイン塩/共沈殿物	
使用範囲	粉末肉製品
効果	乳化，水とのつなぎ，粘度改良，肉タンパク質を遊離してゲル形成および水とのつなぎの促進
乳漿タンパク質	
使用範囲	フランクフルト，ランチョン・ミート
効果	前乳化，ゲル化
使用範囲	全肉製品の栄養添加のために塩水の注入
効果	ゲル化，かさ
インスタント食品	
使用範囲	グレイビー・ミックス・スープ，ソース，缶詰クリーム・スープおよびソース，乾燥クリープおよびソース，サラダ・ドレッシング，電子レンジにかけられる食品，低脂肪インスタント食品
効果	漂白剤，乳製品風味，風味増強剤，乳化，安定化，粘度調節，凍結融解安定性，卵白代用品，脂肪代用品
食感を重視する製品	
使用範囲	膨らませたスナック菓子，タンパク質を添加したスナックタイプの製品，肉の増量剤
効果	成形，食感，栄養
医薬および医療用品	
特殊な乳製品調整剤	
	病気または予後の患者
	食事制限をしている患者ないし人間
	運動選手
	宇宙飛行士
乳児食	
	栄養添加
	「ヒト化」乳児処方
	低ラクトース乳児処方
	特殊なミネラル・バランスをとった乳児食
	カゼイン加水分解物：下痢，胃腸炎，ガラクトース血症，吸収不良，フェニルケトン尿症の乳児に使用される
	乳漿タンパク質加水分解物は低アレルギー処方品として使用される
	栄養増強
点滴注入	
	代謝異常の患者，手術後の患者の腸不全
特殊な食品調製	
	がん，すい臓疾患または貧血の患者
特殊な医薬調製品	
	睡眠または空腹調節またはインスリン分泌にβ-カゼイノモルフィンは使用される
	スルホン化した糖ペプチドは胃潰瘍の治療に使用される
その他種々の製品	
	練り歯磨き
	化粧品
	外傷治療薬

Fox, P. & McSweeney, P., *Dairy Chemistry and Biochemistry*, p.17, Blackie Academic and Professional, London (1997) から複製

カゼインおよびカゼイン塩は食品工業で広く応用されている（表 13.6）．その乳化作用は，カゼインを最も工業的に有用なものにしている機能特性である．カゼイン塩および個々のカゼイン分子によるエマルジョンは非常に安定である（カゼインだけのミセルに基づくエマルジョンの安定性は低い）．それらの強い両親媒性は立体配座の柔軟性とともに，カゼインが油－水界面にそって広範に集合することを可能にしている．さらに，カゼイン分子が荷電をもっている（リンタンパク質であることが主な理由である）ので，個々の乳化液滴は同じ荷電を持ち，互いに反発しあう．カゼインはまたエタノールの高濃度存在下でも安定なエマルジョンを保持するという点で例外的である．この性質により，カゼインはクリーム・リキュール類の乳化剤としても応用されている．

その乳化特性とは反対に，カゼインは発泡剤としての効果は弱い．カゼイン溶液は効果的に発泡するが，気泡の気相－液相界面はすぐさま壊れてしまう．これもまたカゼインの生化学を反映している．カゼインは気相－液相界面に強く吸着するが，液相

参考文献：ヨーグルトの科学（八坂書房）、タンパク質ハンドブック（丸善）

R1 年度　教養教育ほか　開講科目のお知らせ

半年間受講していただき、ありがとうございました。
成績は、8/23(金)ごろに開示予定です。

佐藤は後期に下記の科目を教養教育で開講しますので、興味のある方はこちらも履修してみてください。

R1 年後期　教養教育

- (イノベーション科目群)　後期　月3.4限　　環境とバイオテクノロジー
- (一般教養科目群　人間と生命) 後期　月7.8限　　バイオテクノロジーの世界

- (イノベーション科目群) ＊H27以前は社会性形成科目群共創型学習
  後期　木7.8限　つたえることとものづくり～藍染めの科学～

- (e-ラーニング科目:一般教養科目群・生活と社会) 現代科学と研究倫理
  後期集中　＊10月に説明会があります。マークカードでの登録になります。佐藤は1回分担当

- 以下は、来年前期の開講予定です。
  (一般教養科目群　人間と生命)　前期水7.8限(予定)　ミルクの科学
  理工学部の科目(専門)
  応用理数コース(他コース履修科目)　前期　金曜9.10限　生命科学の基礎　(1年次配当)
  応用理数コース(他コース履修科目)　前期　時間割未定　生物化学1　　(2年次配当)
  応用理数コース(他コース履修科目)　前期　火曜5.6 限　生物化学2　　(3年次配当)