

ミルクの栄養

大谷 元*

*おおたに・はじめ (信州大学農学部)

表1 ミルク中の栄養成分含量 (%)

A. ミルク中の栄養成分の一般特性

ホ乳類は1億7千万年の進化の過程で4千種に近い種に分化し、大きさも体重約2.5gのトガリネズミから100トンを超えるシロナガスクジラまで多種多様である。そのために、ミルク中の成分も千差万別であるがごとき印象を受ける。しかし、それらミルク成分は新生動物の生後一定期間の正常な発育を担うという点では共通の使命を負っており、離乳後の食物において栄養価の対象になる三大栄養素(蛋白質、脂質、糖質)はもとより、ビタミンやミネラルなどの微量栄養素に至るまですべての栄養成分を豊富に含んでいる。

新生動物がミルクのみで正常に発育成長するためには、ミルク中の成分に、(イ)活動のエネルギー源の供給(ロ)体の組織をつくり、維持補充するための原料の供給(ハ)体の機能を順調に維持する物質の供給、という3つの大きな機能が要求される。(イ)の機能を一般に蛋白質、脂質および糖質が担っており、(ロ)と(ハ)の機能を一般に蛋白質、ビタミンおよびミネラルが担っている。それらの成分が動物種を問わずすべての動物のミルクに含まれていることは言うまでもないが、その含量は表1に示す通り動物により大きく異なる。

すなわち、全固形分が40%を越す濃厚なミルクを分泌する動物から数%という薄いミルクを分泌する動物まであり、一般に濃いミルクを分泌する動物

分類目	動物名	全固形分	蛋白質	脂質	糖質	ミネラル
有袋目	カンガルー	20.0	4.6	3.4	6.7	1.4
食虫目	キンモグラ	20.6	7.2	10.1	2.0	2.3
翼手目	コウモリ	34.4	11.1	18.9	3.7	0.7
兎目	ウサギ	32.8	13.9	18.3	2.1	1.8
齧歯目	テナガザル	11.9	1.2	3.7	7.0	0.2
	オランウータン	11.5	1.5	3.5	6.0	0.2
	ヒト	12.4	1.0	3.8	7.0	0.2
齧歯目	リス	39.6	7.4	24.7	3.7	1.0
	ビーバー	33.0	9.0	19.8	2.2	2.0
	イエネズミ	29.3	9.0	13.1	3.0	1.3
	モルモット	16.4	8.1	3.9	3.0	0.8
食肉目	イヌ	23.5	7.9	12.9	3.1	1.2
	キツネ	18.1	6.3	6.3	4.6	1.0
	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
	ホッキョクグマ	47.6	10.9	33.1	0.3	1.4
	ネコ	—	7.0	4.8	4.8	1.0
	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	
長鼻目	インドゾウ	21.9	4.9	11.6	4.7	0.7
奇蹄目	ウマ	11.2	2.5	1.9	6.2	0.5
	クロサイ	8.1	1.4	0.0	6.1	0.3
	ロバ	10.1	2.1	1.5	6.2	0.4
偶蹄目	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	15.0	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	1.0
トナカイ	33.1	11.5	16.9	2.8	2.0	
鯨目	ハンドウイルカ	41.7	6.8	33.0	1.1	0.7
	シロナガスクジラ	57.1	10.9	42.3	1.3	1.4

(大谷元 続・自然との共存, 1987より抜粋)

はクジラ、オットセイ、北極熊のような水棲またはそれに近い動物に限られる。また、それらの動物では例外なく脂質含量が30%以上と高い。さらに、それらの動物に次いで高い全固形分や高脂質のミルクを分泌する動物としてウサギ、ライオン、トナカイなどがある。クジラやオットセイなどの水棲動物のミルクに脂質含量が高いのは、水の熱伝導率が空気よりも高いために水中での熱損失が大きく、エネルギー源に富む脂質を多くとることが合理的であるためと考えられる。また、ウサギやライオンなどのミルクの固形分が高いのは、それらの動物は新生動物を残して採食に出かけなければならず、授乳間隔が長くなったり不規則になるために腹もちがよいように高い固形分のミルクになったという自然の摂理と思われる。

一方、体と言う字は「體」とも譬くように骨が豊になって成長するものである。この字が示すように、動物の成長とその骨を構成するミルク中のミネラル含量や蛋白質、特にカゼインと呼ばれる蛋白質の間には密接な関係がある。すなわち、図1に示すように生まれた時の体重が2倍になるまでの日数の短い動物、言い換えれば成長の速い動物のミルクほどミネラル含量が高い。また、図2に示すようにカルシウムやリン含量の高いミルクほどカゼイン含量も高い。

さらに、このようなミルク中の成分の量の違いは種族間に見出されるばかりではなく、同じ動物においても泌乳期や、同じ泌乳期でも搾り初めと搾り終わりによっても見られる。すなわち、分娩直後の人乳には免疫グロブリンを初めとする感染防御に関係する蛋白質が分娩1週間以降のミルクの数倍から数百倍含まれている(図3)。これらの蛋白質は、後述する通り、感染防御や免疫系において重要な蛋白質であり、新生動物

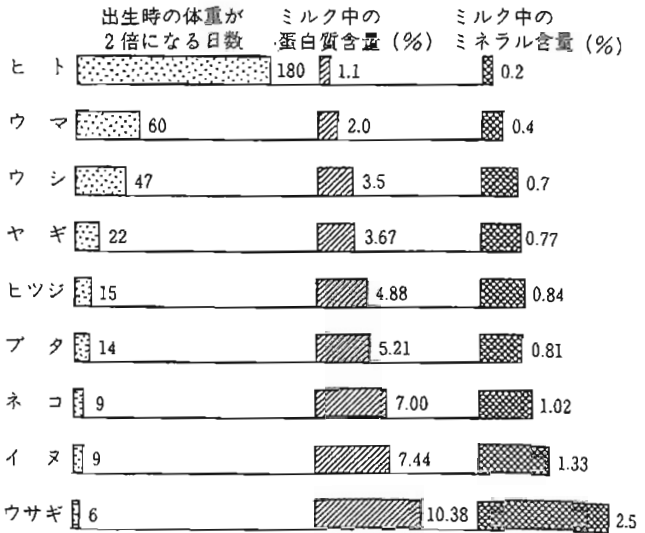


図1 新生動物の成長速度とミルク中の蛋白質とミネラル含量 (松村龍雄 母乳主義, 1972)

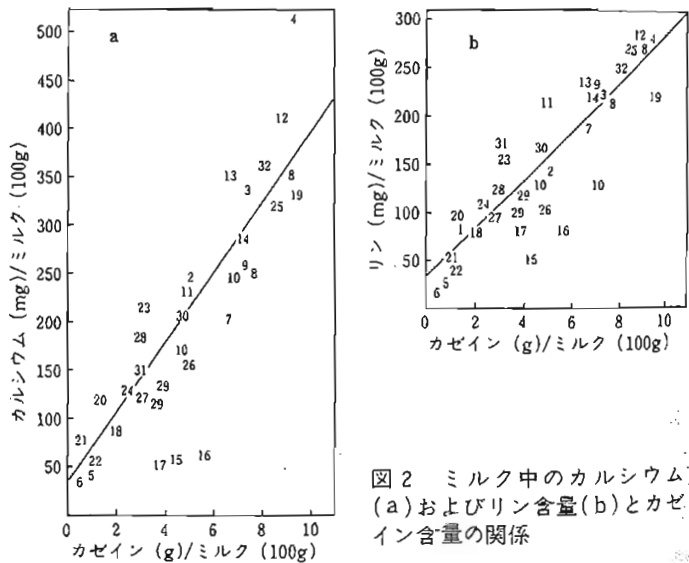


図2 ミルク中のカルシウム(a)およびリン含量(b)とカゼイン含量の関係

1: コウモリ(long-tongued), 2: コウモリ(little brown), 3: コウモリ(free-tailed), 4: ウサギ, 5: ヒヒ, 6: 人, 7: ハムスター, 8: ラット, 9: マウス, 10: テンジクネズミ, 11: 犬, 12: クロクマ, 13: 灰色グマ, 14: 北極グマ, 15: オットセイ, 16: 象アザラン, 17: タテゴトアザラン, 18: インド象, 19: ツチブタ, 20: 馬, 21: ロバ, 22: サイ, 23: 豚, 24: ラクダ, 25: トナカイ, 26: キリン, 27: 牛, 28: 水牛, 29: 山羊, 30: 羊, 31: マッコウクジラ, 32: コヒレゴンドウクジラ (R. Jenness, *J. Dairy Sci.*, 1979)

では自らの生体防御機構が十分に発達していないために生体防御作用を持つ成分を外部から供給する必要がある。この合目的性によって分娩直後のミルク(初乳)には免疫グロブリンを初めとした

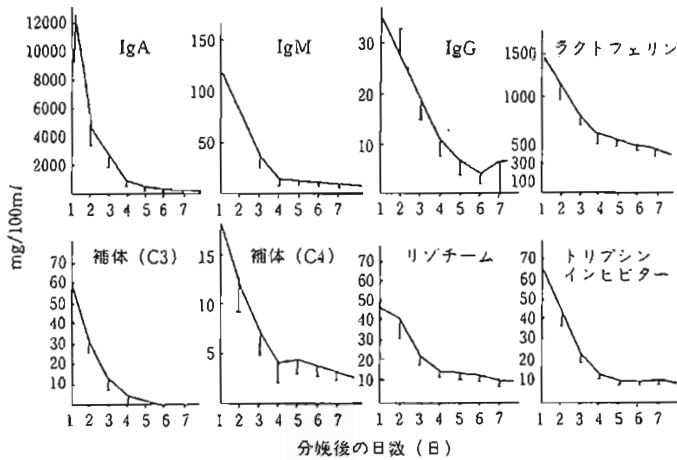


図3 人乳中の感染防御関連蛋白質の変化
(D. B. L. McClenlland et al., *Acta Paed. Scand.*, 1978)

表2 搾り始めと搾り終わりの牛乳中の脂肪と無脂固形分含量 (%)

	初めの ミルク	中間での ミルク	最後の ミルク
脂肪	2.4	3.8	8.9
無脂固形分	8.3	8.6	8.2

(中西武雄ほか 畜産物利用学, 1969)

感染防御に関係する蛋白質が多い。また、表2に示す通り、同じ搾乳時においても搾り初めと搾り終わりの牛乳の脂肪と無脂固形分含量を比較すると、無脂固形分含量に大差は見られないが、脂肪含量は搾り終わりの牛乳の方が搾り初めの牛乳より数倍高い。このような脂肪含量の増加はミルクの風味に変化を起し、食欲を調節し、新生動物がミルクを飲みすぎるのを抑制する役割を担っているとされている。

以上のように、ミルク中の栄養成分は動物種や、同じ個体においても泌乳期の違いにより濃度的に異なり、新生動物にとって合目的に変動する特性を有していると結論づけられる。

B. ミルク中の蛋白質

蛋白質は動物組織の約20%を占めており、生体中での機能に応じて多種多様な形態をとっている。しかし、それら生体蛋白質を構成している成分は、最終的には20種類のアミノ酸である。アミノ酸の中でも生体内で合成できないものを必須ア

ミノ酸と呼び、成人にとってはトリプトファン、スレオニン、バリン、ロイシン、イソロイシン、メチオニン、フェニルアラニン、リジンの8種類がそれに入る。それら8種類のアミノ酸は食物として外部から摂取しなければならず、食物中の蛋白質の栄養価を考える上では、それらの必須アミノ酸がバランスよく含まれているかどうか重要な要因となっている。そのために、国連食糧農業機関と世界保健機関の合同特別専門委員会では、それら必須アミノ酸

の理想的な相対比率を設定し、そのアミノ酸パターンに基づき蛋白質の【質】を評価する方法を示している。

それによると、理想的な必須アミノ酸パターンを100とした場合、米の蛋白質の必須アミノ酸パターンが62であるのに対して牛乳中の蛋白質は91であり、牛乳中の蛋白質の方が質的に明らかに優れている。なお、表3には成人一日の必須アミノ酸の必要量とそれを供給するのに必要な牛乳の量を示したが、コップ2杯の牛乳で必須アミノ酸の必要量の殆どが満たされる。

一方、ミルクに酢やレモン汁を加えると白く固まったり、赤ちゃんのゲップにより白い固まりが出ることを経験した人は少なくないと思うが、この白い固まりの主成分はカゼインと呼ばれる蛋白質でチーズを作る際に原料(カード)となるものである。牛乳では全蛋白質の約80%がカゼインで

表3 成人における必須アミノ酸の必要量とそれを供給するのに必要な牛乳量

必須アミノ酸	最小必要量 (g)/日	牛乳1/中 の含量(g)	充足に必要な 牛乳量(l)
トリプトファン	0.25	6.5	0.5
フェニルアラニン +チロシン	1.1	3.5	0.3
ロイシン	1.1	3.4	0.3
イソロイシン	0.7	2.1	0.3
スレオニン	0.5	1.7	0.3
メチオニン +システイン	1.1	1.2	0.9
リジン	0.8	2.7	0.3
バリン	0.8	2.2	0.4

(E. Renner, *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*, 1983)

表4 牛乳中のカゼインの種類

カゼイン	脱脂乳中の含量(g/l)	遺伝的変異体
α_{S1} -カゼイン	12~15	A, B, C, D, E
α_{S2} -カゼイン	3~4	A, B, C, D
β -カゼイン	9~11	A ¹ , A ² , A ³ , B, C, D, E
κ -カゼイン	2~4	A, B

かつて、 γ -カゼインと言われたカゼイン：
 β -カゼイン A¹-IP(f29-209), A²-IP(f29-209),
 A³-IP(f29-209), B-IP(f29-209)
 β -カゼイン A²(f106-209), A³(f106-209),
 B(f106-209)
 β -カゼイン A(f108-209), B(f108-209)

(W. N. Eigel et al., *J. Dairy Sci.*, 1984より抜粋)

あるが、カゼインと呼ばれる蛋白質は単一成分ではなく、表4に示す通り α_{S1} -カゼイン、 β -カゼイン、 κ -カゼインなどと呼ばれる複数の成分に分けられる。

これら成分の中でも大半を占める α_{S1} -カゼインや β -カゼインは後述するようにカルシウムの吸収において重要な複数のリン酸残基を持っている。そのために、カルシウムイオンが存在するところでは、 α_{S1} -カゼインや β -カゼインは容易に沈澱する。ところが、ミルク中には多量のカルシウムイオンが存在するにも拘わらず、 α_{S1} -カゼインや β -カゼインの沈澱が見られないのは、各カゼイン成分がミルク中で単独で存在しているのではなく、カゼインミセルと呼ばれる独特の集合体（直径100~200nm）として存在しているからである。

カゼインミセルの正確な構造は明らかではないが、多くのモデルが提案されている。そのうちのSlatteryとEvvardおよびSchmidtのモデルを図4に示すが、カルシウムと沈澱し易い α_{S1} -カゼインや β -カゼインを核にして、それらを覆うように溶解性のある κ -カゼインが位置している。そのために、カゼインミセル全体が水になじむようになり、カルシウムと結合した α_{S1} -カゼインや β -カゼインでも沈澱しないのである。

このように牛乳中の蛋白質の大半であるカゼインがミセル状態で存在することは、カルシウムと結合した α_{S1} -カゼインや β -カゼインの沈澱を生じさせないだけでなく、栄養的にも大きな利点がある。すなわち、液体状態で飲んだミルクは胃に到達するとカゼインミセルが壊され、直ちに凝固物となる。凝固物は液体の場合に比べて腸に流され難く、胃での滞留時間が長くなる。結果的に胃の消化酵素の作用を受ける時間が長くなり、ミ

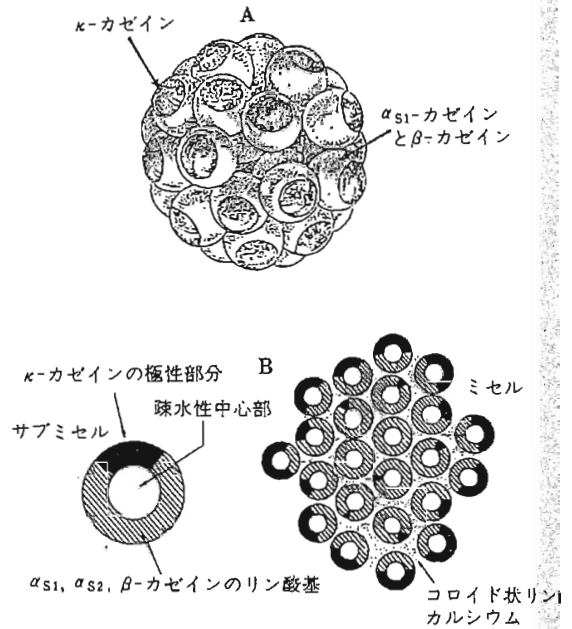


図4 カゼインミセルの模式図

A : Slattery and Evvardのモデル
 (C. W. Slattery and R. Evvard, *Biochim. Biophys. Acta*, 1973)
 B : Schmidt のモデル
 (D. G. Schmidt, *Neth. Milk Dairy J.*, 1980)

ルク中の成分がよく消化されることにつながる。吸う力しかなく、歯のない新生動物にとって栄養成分は液体で摂取されなくてはならない。しかし、体内に入ってから液体であれば消化管内での移動が早く、消化効率は低下する。

カゼインミセルはまさにこの問題をうまく解決しているのである。加えて、各カゼイン成分にはすべてプロリン残基が多く、親水性アミノ酸と疎水性アミノ酸が局在するという共通した性質を有している。そのために表5に示す通り、個々のカゼイン成分には α -ヘリックスや β -構造などの規則的な二次構造が乏しく、球状構造をとらず消化酵素の作用を受け易い構造をとっている。なお、ミルクが白く見えるのは、このカゼインミセルと後述する脂肪球によるためである。

他方、酢やレモン汁で凝固されたミルクからカゼインを除去した後に残る液体部分をホエー（乳清）といい、ホエー中には、牛乳の場合だと全蛋白質の約20%に相当する蛋白質が存在している。ホエー中の蛋白質には、後述するように感染防御に関与する免疫グロブリン、大腸菌や病原菌の増殖を阻止するラクトフェリンやリゾチム、さら

表5 牛乳蛋白質の二次構造

牛乳蛋白質	アミノ酸配列から算出 (%)			CD分析の結果から算出 (%)	
	α -ヘリックス	β -シート	β -ターン	α -ヘリックス	β -シート
α ₁ -カゼイン	22	7.5		13-20	17
β -カゼイン	10,12	11,13		1-10,12-20	0,13-16
κ -カゼイン	16,23	17,31	24	14	31
α -ラクトアルブミン	35	18	18	26	14
β -ラクトグロブリン	7,10-50	51,20-30	11,17-24	10	43

(H. E. Swaisgood, Milk Proteins, 1988)

にはまた、消化や代謝を助ける種々の酵素など生体の恒常性を維持する上で重要な生体調節機能を持つ球状蛋白質が多い。また、ホエー蛋白質は、栄養的にもカゼインに少ない含イオウアミノ酸の重要な供給源でもある。

C. ミルク中の脂質

ミルク中の脂質としては中性脂肪が大部分を占めている。中性脂肪のエネルギー源としての重要性は、単位重量あたりの熱量が蛋白質や糖質の約2倍の9 kcalであることから見ても明らかである。ミルクの脂肪は200種類以上の脂肪酸で構成されているが、その殆どは極微量しか存在しておらず、牛乳の場合だと乳脂肪の1%以上を占める脂肪酸はわずか15種類だけである。ミルク

脂肪には脂肪酸の中でも短鎖脂肪酸(炭素数4個から8個, C₄~C₈)の含量比が他の生物起源の脂質に比べて多い特性を有している。

ミルク中の脂質にはその他に、脳やその他の組織の構成成分として重要なリン脂質、ステロール、遊離脂肪酸などがある。一般に、脂質は生体内で糖質や蛋白質から合成されるが、動物体内では合成できないリノール酸、リノレン酸、アラキドン酸などの脂肪酸があり、それらは必須脂肪酸(ビタミンFともいう)と呼ばれ、食物として外部から摂取されなければならない。必須脂肪酸は神経の構成に重要な働きを持っており、特に、新生動物の神経細胞は十分に完成しておらず、人では満2歳の頃までに完成する。そのために、乳児期にはこれら必須脂肪酸が多量に必

要とされる。ミルク脂質にはこれら必須脂肪酸も含まれている(表6)。

一方、ミルク脂質の特徴はその構成成分もさることながら、その存在形態と言っても過言ではない。一般に脂肪と聞けば我々は、お腹のまわりに

ついた脂肪や豚肉や牛肉の脂味といった協調性のない塊を思い浮かべがちである。しかし、ミルク中の脂質は直径0.1~17nmの脂肪球の形で分散している。牛乳を例にとれば、中でも2~6nmの脂肪球が全体の94%を占めており、ミルク1ml当たりには約36億個もの脂肪球が分散している。そのために、脂肪球1g当たりの表面積は2m²にも達する。

このような莫大な表面積を持つ脂肪球がミルク中で安定なエマルジョンの形態を維持できるのは、乳腺上皮細胞で脂肪が合成され脂肪球として細胞から分泌される際に脂肪球自体に付着した細胞質膜(脂肪球皮膜と呼ぶ)によるためである(図5)。

脂肪が脂肪球として莫大な表面積を持って存在

表6 ミルク脂質の主な脂肪酸組成 (%)

脂肪酸名	水溶性	揮発性	牛乳	人乳	羊乳	豚乳	山羊乳	馬乳
酪酸	可溶	揮発性 難揮発性	2.79	0.1	2.50		2.6	0.4
カプロン酸	難		2.34	0.1	1.92		2.3	0.9
カプリル酸	溶		1.06	0.2	1.99		2.7	2.6
カプリン酸			3.04	2.3	5.78		8.4	5.5
ラウリン酸			2.87	9.5	3.24	0.4	4.5	5.6
ミリスチン酸	不	難揮発性	8.94	10.4	10.75	3.9	11.1	7.0
ペンタデシル酸			0.79					
バルミチン酸	溶	不揮発性	23.8	22.2	25.21	22.7	28.9	16.1
ヘプタデシル酸			0.70					
ステアリン酸			13.2	5.5	10.05	5.3	7.8	2.9
ノナデカン酸			0.27					
アラキン酸			0.28	1.0	1.1		0.4	0.3
ベヘン酸	不	不揮発性	0.11					
デセン酸			0.27	0.1	0.08	0.6	0.2	0.9
ドデセン酸			0.14	0.1	0.1	1.9	0.3	1.0
テトラデセン酸			0.72	0.6	1.52	1.8	0.5	1.8
ヘキサデセン酸			1.46	4.5	3.25	6.9	2.5	7.5
オレイン酸			25.5	27.9	28.58	37.9	27.0	
リノール酸			2.11	13.0	3.11	7.6	2.6	42.4
リノレン酸			0.38	2.5	2.02	0.8	—	—
アラキドン酸	0.14	—	—	—	1.5	—		

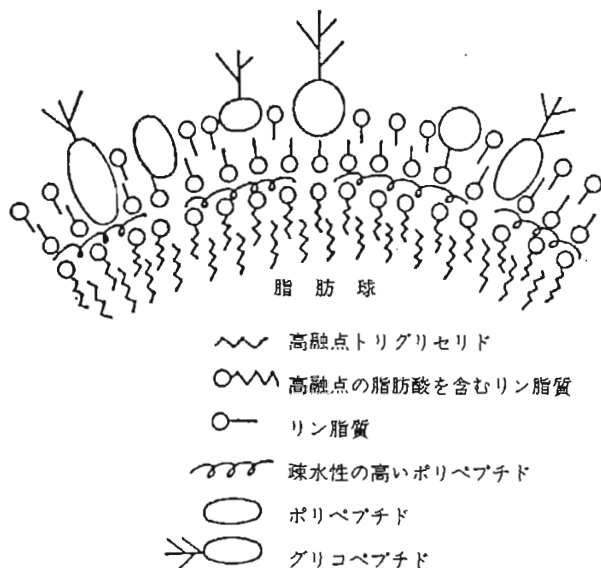


図5 脂肪球皮膜の模式図
(菅野長右エ門, 日本畜産学会報, 1980)

することは、脂肪が脂肪消化酵素の作用を受け易いことにつながり、乳脂肪が食餌性の脂質の中で最も消化性に優れていると言われるゆえんであり、脂肪自体の消化吸収をよくする上で重要な意義を持っている。なお、牛乳を飲んだ時にまろやかさを感じるのは、この脂肪球に負うところが大きい。

D. ミルク中の糖質

糖質の主な栄養機能はエネルギー源としてや、また、蛋白質や脂質などの合成のための前駆体としてである。そのために、我々成人は米やパンを主食にすることにより、デンプンという形で多量の糖質を供給している。デンプンはグルコースのみが多数結合してできた糖であるが、ミルク中の大部分を占める糖質はラクトース(乳糖)と呼ばれるものであり、グルコースとガラクトースが各1個ずつ結合してできた二糖類である。

ラクトースという形態での糖の存在はミルク中の主要糖である他には、ある種の植物の実や花粉な

どに含まれていることが知られているのに過ぎず、自然界では稀な存在である。そのためラクトースはミルク中で単にエネルギー源としてだけではなく、多くの生理的役割を担っており、新生動物の発育にとってまさに合目的性を有している。

すなわち、糖質は一般に消化酵素により単糖にまで分解された後に吸収されエネルギー源として利用される。そのために元来生体内にはデンプンや砂糖を分解する酵素が多量存在している。しかし、ラクトースはデンプンにおけるグルコースの α 型の結合様式(α -1・4結合や α -1・6結合と呼ばれる)とは異なり、グルコースとガラクトースが β 型の結合様式(β -1・4結合)で結ばれているために(図6)、この結合を切断する酵素は我々の消化管には常備存在している訳で

はない。

この結合を切断する β -ガラクトシダーゼと呼ばれる酵素は、乳児期のようにラクトースを多量摂取し、かつ、ラクトースをエネルギー源として利用する必要性にせまられた時にのみ合成される。そのために、デンプンや砂糖と比べて、空腸におけるラクトースの分解は極めて微弱である。したがって、ラクトースの一部はグルコースとガラクトースに分解されるのを免れてそのまま二糖

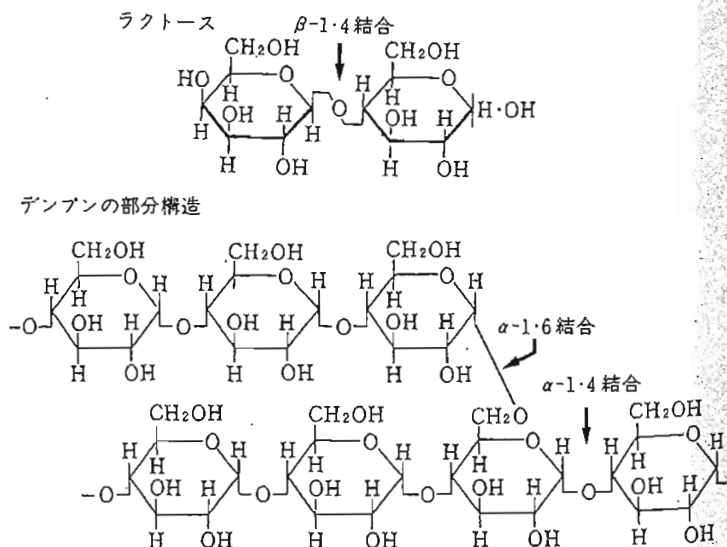


図6 ラクトースとデンプンの構造

類として回腸にまで達する。回腸に達した未分解のラクトースは回腸を経由する間にカルシウムや鉄の吸収に対して促進的に働く。

また、大腸まで移動したラクトースは腸内容物と腸細胞内液との浸透圧平衡を保持するように機能し、その結果、腸の蠕動を亢進させる。また、この腸の蠕動の亢進は、大腸内に棲息する細菌によりラクトースから生成した乳酸や酢酸が腸壁を刺激することによっても生じる。それらの作用は、結果的に便秘を治し通じをよくし排泄をよくするのである。また、ラクトースから生成した乳酸や酢酸は腸内での病原菌や有害細菌の増殖をも抑制する。

一方、ミルク中の糖質がラクトースの形態で存在することは味覚的にも意義深い。すなわち、ラクトースの甘さは同じ二糖類である砂糖のわずか16%しかなく、ラクトースの構成糖であるグルコースの22%、ガラクトースの半分しかない。このことはミルクの甘味を弱め、新生動物が多量のミルクを飲んであきない要因と成っている。

ミルク中のラクトース以外の糖質には、抗ウイルス活性を持つラクトN-テトラオースや腸内の有用細菌であるビフィズス菌の増殖を促進するN-アセチルグルコサミンと呼ばれる糖がある。また、ラクトースの構成成分であるガラクトースは動物の脳や神経系に存在するセレブロシドの構成成分である。そのために、ラクトースの消化によ

り生じるガラクトースが生後、脳が急速に成長する乳児の脳栄養に寄与するとも言われている。

E. ミルク中のビタミンとミネラル

微量栄養素はビタミンとミネラルに大別されるが、前者は微量で生体の諸機能や代謝に不可欠な成分であり、体内で合成できないか合成できても必要量を満たすことができないために食物として外部から摂取されなければならないものである。そのために、ビタミンが欠乏すると種々の欠乏症状が生じるが、ミルク中には表7に示す通り多くのビタミンが含まれており、新生動物がビタミン欠乏症になるのを防御している。

一方、ミネラルは骨や歯の主成分(Ca, P, Mg)として、細胞内液と外液の主要電解質(K, Cl, Na, Mg, P)として、あるいはまた、酵素、色素、ホルモンなどの構成成分や賦活物質(Fe, Cu, I, Znなど)として重要であるが、それらのミネラルがミルクには豊富に含まれている(表8)。中でもカルシウムは、乳児期のような発育旺盛な時期には、骨格の構成のために多量必要とされる。しかし、ただ、量的にたくさん摂取されればよい訳ではなく、リンとの割合や存在形態が、摂取されたカルシウムが有効に吸収される上で重要な役割を担っている。例えば、小魚類には多量のカルシウムが含まれていることは周知のところであるが、

表7 ミルクに含まれるビタミン

ビ タ ミ ン	含 量(mg/l)		作 用 名	主 な 欠 乏 症
	牛 乳	人 乳		
A			抗眼疾性因子、 上皮保護因子	夜盲症、角膜障害、成長停止、伝染病抵抗性低下
β-カロチン	0.31	0.60		
B ₁ (チアミン)	0.18	—	抗神経性因子	脚気、神経炎、消化不良
B ₂ (リボフラビン)	0.40	0.16	成長促進因子	成長停止、皮膚炎、口角炎
B ₆ (ピリドキシン)	1.90	0.30	抗白ネズミ皮膚炎因子	白ネズミ皮膚炎
B ₁₂ (コバラミン)	0.40	0.06	悪性貧血予防因子	悪性貧血
ニコチン酸 (ナイアシン)	0.003	<0.0001	抗ペラグラ因子	ペラグラ、神経痛、胃痛
葉酸	0.8	2.3	貧血予防因子	貧血
パントテン酸	0.05	0.05		
C(アスコルビン酸)	0.36	0.26	抗壊血病因子	壊血病、食欲不振
D ₃ (コレカルシフェロール)	20	38	抗クル病因子	クル病、骨軟化症、骨と歯の発育不全
E(トコフェロール)	0.0002	0.0003	抗不妊症因子	不妊症
K	0.9	3.5	抗出血性因子	血液凝固遅滞、肝障害
H(ビオチン)	0.6	0.15		
	0.20	0.0076		

(含量は、J. Hawthorn, Proc. Nutr. Soc., 1978より引用)

小魚類中のカルシウムの吸収効率は僅かに20%程度であり、牛乳のカルシウムの吸収効率が70%以上であるのと比べて著しく低い。このように、ミルク中のカルシウムの吸収効率が低い理由には、ミルク中のカルシウムとリンの割合が1:1と吸収にとって理想値であることだけではなく、ミルク中にはビタミンD、ラクトース、カゼインなどカルシウムの吸収を促進する成分が多く含まれていることによる。中でも、カゼインの占める役割は大きい。

表8 ミルクに含まれる主なミネラル

ミネラル	含量(g/l)	
	牛乳	人乳
カルシウム	1.20	0.35
リン	0.95	0.15
ナトリウム	0.50	0.15
カリウム	1.50	0.60
マグネシウム	0.12	0.03
塩素	0.95	0.43
鉄	0.5	0.7
銅	0.2	0.4
亜鉛	0.35	0.3
セレンウム	0.02	0.01
フッ素	0.10	0.08
ヨウ素	0.3	0.07

(J. Hawthorn, Proc. Nutr. Soc., 1978)

すなわち、カルシウムが吸収されるには小腸管腔内でカルシウムは可溶性状態で存在しなくてはならない。しかし、小腸管腔内のpHは中性からアルカリ側に傾いており、カルシウムが不溶化し易い状態になっている。そのために、一般にカルシウムが小腸内を下降するに伴い不溶性カルシウムができ可溶性カルシウムの割合が低下する傾向にある。しかし、ミルク中には、前述した通りカルシウムと結合するリン酸残基を有する α_{s1} -カゼインや β -カゼインがあり、牛乳の場合だとカルシウムのおよそ2/3がこれらカゼインと結合してカゼインミセルの中に含まれている。そのために、カゼインミセルが消化酵素の作用を受けると、カルシウムは可溶性のペプチドに結合した形となり、腸管内においてカルシウムの沈澱が生じ難く、その吸収効率が良いことにつながっている。

新技術

カルシウムの白石が
多孔質粒子を開発した。

炭酸カルシウム製剤

ポアカルーA

空隙率80%で吸水性、吸油性が従来の2倍以上！粉末食品素材の流動性向上や調味料、香辛料、嗜好品の固結防止に効果があります。



白石カルシウム株式会社

東京都千代田区岩本町1-1-8 ☎(03)3863-8913

札幌・仙台・名古屋・大阪・広島・熊本

粉体性質

平均粒子径：3 μ
BET比表面積：25~35m²/g
吸水量：1.8g/g
吸油量(小倉法)：120m²/100g