— 総 説 —

豚 乳 の 生 化 学

足 立 達

(東北大学農学部)

Biochemistry of sow's milk

Susumu ADACHI

(College of Agriculture, Tohoku University)

このようにして……あらゆる動物がそしてまた他の生物も、おそらく確実にしているであろうと思われる構成と物質代謝に、一つの共通な基本的な化学的平面図が存在すること。そしてこれらの基本的なものに加えて、多くの二次的な、特殊な、また適応的な変異型が、あるものには新しいものが加わり、他のものにはもとからあったものが取除かれて存在するという……結論に達するのである。

Ernest BALDWIN

(An Introduction to Comparative
Biochemistry, p. 151 (1949) より)

このような結論が、法則性の確からしさをもって貫徹している点で、乳もまた例外ではない。乳腺機能の結果として、乳成分が産生されるのであってみれば、これは当然期待できるところであったが、次第にこれが明瞭な形を整えるようになったのは、おおむね 1950 年代以降のことに属する。これはいうまでもなく、主としてマクロ的成分の定量分析に依拠していた、従来の乳成分に関する知見が、急速に発展した分析技法の導入によって、この頃を境として質的に深化され、きわめて多彩になってきたからにはほかならない。

比較的多量の試料を容易に入手できる、家畜としての反芻獣の乳はもちろん、たとえ入手できたとしても量的に多くを望めぬ、しかも時として従来ほとんど取上げられなかった各種の動物乳の、組成ないし成分に関係した情報が、とくに微量化学技術の駆使によって、近年あいついで現われるに至っている^{8,28,48)}。そしてこの中には、素材の珍稀性の追究のゆえに、注目されるものが少なく、また一方において、その研究の目的が必ずしも明確でないものも存在する。しかしいづれにしても、これ

らの結果が研究者の意識を越えて、上述の比較生化学の立場からみて、好個の資料となり得ることは確かであろう。

このように今日の時点において、各種の動物乳を取扱おうとする時、多くの場合、意識するとしなにかかわらず、比較生化学の見地に立たざるを得ないわけである。すでに膨大な蓄積量を有する牛乳に関する知見は、それ自体で一個の独立した学問体系を形成し、さらにこの分野の中に、その占める位置にしたがって、研究の目的意識が設定できたが、その他の個々の動物乳について、このような分野の形成は、今のところむずかしい。しかし家畜、実験動物、水族館あるいは動物園などの幼動物の、飼育学ないし飼料学への分化を指向する流れが、次第に大きくなりつつあることは否定できない。

この小論において、主題にしようとする豚乳も、比較生化学の立場に立ちながら、技術学としての目的をもって研究されつつある、動物乳の代表例ということのできるものである。1948 年、米国の JOHNSON らが、幼犢用の基礎飼料に水溶性ビタミン類を加えた“合成乳”を用いて、生後まもない子豚の育成の成功を報告して⁶⁴⁾以来、子豚育成のための“合成乳”の調製が、たとえば日本で森本らが行なった⁸⁴⁾ように、各国で試みられている。そしてこの調製には当然のことながら、豚乳の成分に関する知見が、出発点として利用された。我々がより優れた“合成乳”や、子付母豚用飼料の調製を志す限り、今後ともより精緻な豚乳の知識が要求されるであろう。

以下に組成と成分を中心とした豚乳の生化学の近況を、上記のような見地から略述することとしたい。豚乳の最近の綜説には NEUHAUS⁸⁹⁾ や GLAWISCHNIG⁸⁴⁾ のものがあるが、とくに詳細な前者では、大体において 1959 年までの報告が網羅されているので、ここでは重複を避

けて、大体において 1959 年末から 1970 年初頭までの、約 10 年間の文献を対象として取上げることとする。

乳生産のパターン

I 乳腺代謝

1. その特徴：従来の乳の生合成に関する報文は、ラット、モルモットなどの実験用小動物や、とくに牛、山羊などの反芻動物に限られていて⁷¹⁾、豚乳の生合成を中心とする乳腺代謝の研究は、ようやく緒についたにすぎない。そしてその理由には、①豚の粗暴性、②代謝検討のための動・静脈血採取を行なう乳腺の表在性動・静脈が、厚い脂肪層におおわれていること、③採血目的の麻酔によって乳腺代謝機能が低下することなどの、この種の実験に対する豚の実験動物としての不適性が挙げられてきた。これらの難点を克服して行なわれた実験の結果によると、反芻動物と類似した側面と、異なった側面のあることが明らかにされている^{77,184)}。

2. ラクトース、蛋白質の生合成：グルコースが乳腺の主要エネルギー源として働き、ラクトースとグリセライドのグリセロール部の合成に使用された上、その残りが炭酸ガスに酸化されてしまうこと。また血清中の遊離アミノ酸から、乳蛋白質のそれぞれに相当した全ての必須アミノ酸と、非必須アミノ酸の大部分が由来し、同様に長鎖脂肪酸が、 C_{14} 以上の酸から主として構成される乳脂肪の、主要前駆体であること。そして乳腺において、ステアリン酸がオレイン酸に脱水素されることなどは、そのいくつかの類似点である。

3. 長鎖以外の脂肪酸の合成：一方、グルコースから大半の C_{18} までの乳脂肪酸が合成されることは、反芻動物が乳脂肪酸のほとんどを、酢酸をはじめとする揮発性脂肪酸や β -hydroxybutyrate から合成するのに対する、著しい相異点となっている。もっとも豚乳腺では酢酸も脂肪酸合成に利用できるが、乳腺への酢酸のとりこみが非常に低いので、乳脂肪酸合成における役割は限られた意味しか持たないわけである。

4. 長鎖脂肪酸の由来：しかし C_{18} 以上の長鎖脂肪酸については、山羊で認められているように、血液が乳腺を通過する過程において、血清中のおそらく chylomicron や低密度リポ蛋白質と結合して存在する、トリグリセライドからパルミチン、オレイン、リノール、リノレン酸などが遊離して、これが直接乳脂中の脂肪酸として、移行することは確実である¹⁴⁹⁾ ので、これらの長鎖脂肪酸の産生経路は、反芻動物と類似していると見られる。ごく最近得られた豚乳腺と、常乳中に微量に含まれるコレステロール・エステル、脂肪酸組成の比較の

結果によって、前者よりも後者の方のカプリン、ラウリン、ミリスチン、パルミチン、パルミトオレイン、ステアリン、オレイン、リノール酸の合計量が大きいことから、乳の合成・分泌の過程において、コレステロール・エステルに変化のおこることが知られた⁸²⁾。コレステロール・エステル化が脂肪酸プールからグリセライド構成の場に、脂肪酸を転流させるのに関係しているのではないかと推定されている⁸⁰⁾ ので、この知見には重要な意味がある。

また $(1-C^{14})$ -パルミチン酸を豚乳中にインキュベートした *in vitro* の実験においても、 $(1-C^{14})$ -パルミチン酸はジグリセライドを経て、トリグリセライドにインコーポレートし、これがマイクロソーム様のリポ蛋白質粒子において行なわれることが認められている⁶¹⁾。このような事実はまた反芻動物の乳についても観察されており、新しく分泌された豚乳中には、グリセライド合成系が含まれていることを示唆するものである。

このほか、最近報告された豚乳腺組織中の脂肪酸 desaturase の存在も注目すべきものである。本酵素は山羊乳腺組織中にも証明されているが、ステアリン酸をオレイン酸に脱水素する作用を有し、高級飽和酸を不飽和化することによって、哺乳中の幼動物での乳脂肪の消化率を高めるのに、関与しているのではないかと考えられている¹⁰⁾。豚乳腺における desaturase の存在は、反芻動物と違った意味で、豚の食性との関係も認識されねばならぬであろう。なお、乳腺組織中に存在して、乳成分の合成に関係すると推定される、hexokinase ほかに 18 種の酵素の活性から、組成との関連を見出そうとした試みがある⁹⁾が、乳成分生合成経路における酵素の撰択上の困難さも原因して、実のりのある結果をもたらしていない。

5. 乳成分生合成のための必要血液成分量：このようにして、血清成分から乳成分の合成される定量的関係の基礎が決定されているので、乳腺を通過する血液量が測定されれば、乳成分の具体的な生成量が求められるわけである。しかし豚のこの血液通過量はまだわかっていない。そこで乳 1 容の産生に、乳腺を通過する血清 375 容が必要であるという。山羊の場合の数値を借りると、ラクトース 5g、乳蛋白質 6g、乳脂肪 8g を含む豚乳 100 ml の産生に、グルコース 14.1g、アミノ酸 6.2g、トリグリセライドに結合した脂肪酸 2.7g、酢酸塩 0.21g および β -hydroxy butyrate 0.7g のとりこみを必要とすることが知られる¹⁸⁴⁾。

II 乳量

1. 測定法：乳量の測定に盛んに採用されている方法

は、一定時間母豚から離した後、哺乳前後の子豚の体重を個々に、あるいは同腹子全体として測定し、増体量から間接的に求める方法である。またあまり用いられないが、授乳前後の母豚の体重減から求める方法もある。これによると約 23% も多い値が得られ、しかもこの方が真実の値に近いともいわれる¹⁴⁰⁾。子豚体重法で値が低く出ることに対しては、子豚の代謝過程による体重ロスが一つの原因として指摘されており、体重ロスと日令との関係式も提出されている¹⁴¹⁾。

しかしながら、いずれにしても以上の方法では、分析用の試料を得ることはできない。手搾りやとくに機械搾乳がこの意味から注目される。下垂体後葉ホルモン oxytocin を耳静脈に注射して、泌乳を誘起させた後、手搾りすることも可能であるが、乳流出の限定時間内で、多くの乳房に手をまわすことができない。搾乳機は大体において約 6 個の乳房に合せたチートカップと受乳瓶、パルセーターおよび真空ポンプなどから構成され、水銀柱 30 cm の陰圧で分当り 100~120 回の脈動¹⁰⁹⁾、またそれぞれが 15 インチで 70 回⁴⁰⁾の搾乳条件が報告されている。このような搾乳機をもってすれば、1 頭当り 10 分以内で搾乳は終了するという。

搾乳機を乳房に装着してから、oxytocin 注射が普通行なわれるが、注射後 30 秒以内に乳の分泌が開始され、2~3 分間で流出が急激に減ずる。また母豚を安静にするために、30 分位前に腰部に塩酸 sparine などの、トランキライザー注射⁴¹⁾の行なわれることが多い。これは手搾りでも同様である。

2. 乳量の変動要因：一般に母豚の 6 対 12 個の乳房から、60 分内外の間隔で子豚は吸乳を行なう。4 頭の母豚に 40 頭の子豚を配して、吸乳間隔をムービーカメラで追跡した結果⁴¹⁾によると、第 1 週の 43.5 分から第 6 週の 58.2 分まで増加し、日中よりも夜間の方が 2 分位短かいという。そして子豚が乳房に吸い付いている時間は、平均して 5 分内外であるが、実際に乳を吸う時間ははるかに短かくて、10 数秒間にすぎず、この間に平均して 1 頭当り、約 30 g の乳が摂取される。哺乳回数は研究者によって一致していないが、最近、最初の 1 週目は 1 日平均 14.8 回で、以後漸減して最後の 5 週目に 10.7 回となり、全体の平均は 13.1 回¹⁰⁵⁾、あるいは平均 20.8 回という値が発表されている。

乳量の表現としては、一泌乳期に産生される総量、泌乳量を週段階に分けて各週の 1 日当りの乳量、また子豚 1 頭が吸乳する 1 日当りの乳量などがよく用いられる。しかし、このような表現をとった乳量は、一定した明瞭な値をとりにくく、種々の要因によってかなりの幅をも

って変動する。そしてこの変動がまた組成の変動となって現われることが少なくない。したがって、乳量と組成の変動要因は屢々共通しており、別個に取扱うことはむづかしい。以下には記述の便宜上、一応わけてその主なものについて記載することとする。

①泌乳段階 豚の泌乳期間は約 8 ないし 9 週間、つまり 2 カ月間で、この間泌乳段階によって生産乳量は次第に変化し、一般的に両者の間には、最大乳量点をピークとする、山型の曲線で描かれる関係が存在する。Estonian Large White 種の 16 泌乳期について、日量平均を 1~8 週にわたって求めた成績を 1 例¹⁰⁶⁾として示すと、週の順に 5.07, 5.64, 4.95, 5.00, 4.33, 3.61, 3.00 kg となる。最高日量は季節や品種などによって多少異なるが、おおむね 3 週目にあることが多い^{40, 88, 98, 101)}。

② 品種 一泌乳期を通じての総乳量は、品種によってかなり相異している。日本で飼養されている代表的品種を、同一条件下で比較したような発表は見当たらないが、Duroc Jersey, Berkjala×Berkshire, Berkjala×Duroc 種のそれぞれの平均が 126.05, 107.29, 122.48 kg というフィリピン¹⁰¹⁾や、Durocs, Landrace, Poland, Landrace×Poland 種のそれぞれの平均が 236.2, 306.2, 265.9, 300 lb. で、品種間の総乳量には、高い有意差があるとする、米国のデータ⁷⁾がある。

品種の差はまた泌乳期を通じての泌乳期を通じての泌乳曲線の上にも現われ、最高日量生産を示すピークが、Landrace 種や Poland 種のように、泌乳期の後半にくる種類⁷⁾もある。したがって、前半期だけの乳量によって、乳生産の全量を比較すること¹⁸²⁾は、必ずしも当を得た方法ではない。またこのように泌乳曲線に品種差の存在することは、子豚や子付母豚の飼養上注意しなければならぬ点であろう。

③個体 これまでに総乳量として挙げられた数値は、大体において 100~570 kg の広範囲にまたがっていて、同一品種でも発表者によって一定していない。これは種々の変動要因がからみ合った結果で、原因は単純でないが、これらのいくつかの組合せの結果の表現として、個体差がかなり関係していることは確実である。Tszipin Black 種の乳量が 329.0±40.5 kg と変動すること¹⁵⁸⁾。Ukrainian White Steppe 種と Ukrainian Spotted Steppe 種の授乳 1 回当りの乳量が、それぞれ 240~430, 204~385 kg にわたっていること⁷⁰⁾などは、これを支持する。

また同一品種であっても、子豚が吸乳すればする程、乳房が一層機能的になることが期待されるように、哺乳中の子豚体重と乳量との間に、高度の有意の正相関が存

在すること^{1,52,147)}も、この“個”の中に含まれる複雑な要因の一つの現われと見ることができよう。

④ 乳房 6 対の乳房からのそれぞれの乳量には、かなりの相量がある。同腹子豚を、1 時間々隔で哺乳させる間を除いて、母豚からわけておいた、18 頭の Hungarian Large White 種について行なわれた成績によると、胸部の方からの乳房の順序で、1 吸乳平均の乳量は、それぞれ 36.96, 35.58, 33.64, 31.64, 26.98, 24.98 g と、後部乳房程乳量が少なくなっている²¹⁾。しかも、子豚の中で発育のよいものが、前部とくに第 1, 第 2 番目の乳房をとり、発育のおとるものが、後部とくに第 5, 第 6 番目の乳房をとることの、きわめて多いことがわかった。この事実は前述の個体の項の事実と共通の基盤に立つものと考えられる。しかし搾乳機による結果では、このような乳房の前後による乳量差や、左右による差は観察されていない⁴¹⁾。

また、豚の乳房は普通 6~7 対であるが、5~8 対のものもある。これに関して、乳房数と乳量との間には、低度の正の相関のあることが、多数の統計値から証明されている^{24,30)}。

⑤ 栄養レベル 母豚の妊娠中あるいは泌乳期間中の栄養レベルは、乳量にかなりの影響を与える。両期間を通じて、高栄養レベルの飼料を摂取したものの乳量が、最も多くなる¹¹⁰⁾のはもちろんであるが、乳量に対してとくに強く影響するのは、泌乳期間中のそれである。たと

えば妊娠中高エネルギーレベル(1頭当り約 1,200 therm; therm=1,000 K cal)であるのに対して、泌乳期中は低エネルギーレベル(約 590 therm)、逆に妊娠中低レベル(約 850 therm)で泌乳中は高レベル(約 1,000 therm)、そして両期とも低レベル(約 900 と 550 therm)の飼料給与豚からの乳量は、それぞれ豚 1 頭当り平均 296, 342, 260 kg (数字は筆者換算)であって、最初と最後の数字の間には、有意差のないのを別とすれば、相互の間に有意差のあることが認められている¹³⁰⁾。

それゆえ、出産前の状態が低エネルギーレベルであった豚は、高レベルのそれよりも、わずかしき飼料エネルギーを効率的に乳量の変換に利用しないらしい¹²⁹⁾。つまり妊娠中の母豚の体作りを差しひかえて、泌乳期間にまでこれを延ばすことは、エネルギー利用効率の上からは不充分であり、両期間に母豚の体重増のあるように、飼料を給与することが、その高度利用の点から望ましいことになる¹³⁰⁾。

⑥ その他 以上のほかに、乳量に関する要因として、泌乳期の乳量のピークが冬に 2~3 週目、夏に 4~5 週目にずれたり¹⁰⁶⁾、飼料の摂取カロリーレベルの相異による乳量差が、季節によって明瞭に現われないことがある¹²⁷⁾というような、一般的に季節の影響といわれる問題も無視できない。しかし年令^{1,101)}、昼夜¹⁰⁸⁾の別などは、乳量に著しい影響を与えることはないようである。

III 化学的組成

第 1 表 豚初乳, 常乳の化学組成

発 表 者	品 種	頭 数	蛋白質	脂 肪	ラクトース	無機質	全固型分
常乳							
Petrukhin ⁹⁷⁾	Large White	3	4.0	7.8	3.6	1.1	16.5
Schuld ら ¹¹⁸⁾		16	5.4	7.2	6.0	0.75	19.4
Yu ¹⁵³⁾	Tszilin Black	4	5.83 ~5.92	7.34 ~9.34	4.25 ~4.78	0.83 ~0.85	19.05 ~20.75
Kovács ⁶⁹⁾	Yorkshire	18	5.38	7.81	6.29	0.89	19.12
初乳							
Petrukhin ⁹⁷⁾	Large White*	3	17.4 ~5.5	4.9 ~7.9	2.2 ~2.5	0.70 ~0.71	25.3 ~16.2
Vetra ¹⁴⁸⁾	Landrace	12	11.8	4.9	0	1.24	21.78
Ortapchuk ら ⁹³⁾	Mirgord		11.7	5.7	3.1	0.63	21.2
Salmon-Lagagneur ¹¹²⁾		16	13.82	4.70	3.59	0.72	22.96
Salmon-Lagagneur ¹⁰⁹⁾			9.87	4.57	3.36	0.59	23.89
Hennig ^{45,46)}	Landschwein 改良	12	11.38	5.39	4.62	0.71	22.1
Schuld ら ¹¹⁸⁾		16	10.4	7.3	4.6	0.64	22.9
牛乳 ¹⁵²⁾ (ホルスタイン種)		全国平均**	2.87 (2.90)	3.42 (3.27)	4.54	0.70	11.53 (11.57)

* 分娩後 1 日目と 2 日目を示す

** 括弧内の数字は最近の日本の全国平均値⁹¹⁾

豚乳の生化学

これまでの化学的組成の数値から考えて、豚の常乳の化学的組成は、大体において脂肪 6.0~11.0%，蛋白質 5.5~6.5%，ラクトース 4.0~5.0%，無機質 0.8~1.0%，全固型分として約 16~23% の値をとると見てよいであろう。第1表に最近の平均値を示す。ラクトースを除くと、各成分濃度はホルスタイン牛乳のその約2倍に近い。動物学の教科書などに引用される、Ben Shaul の表⁸⁾の中の、豚乳のデータは、大部分がこれらの範囲外にあり、代表的な数値として妥当とはいえない。以下に組成変動に関係する、主要な要因について述べる。

①泌乳段階 豚が常乳と異なった乳である、初乳を産する期間は、牛のそれが約1週間であるのに対して、分娩直後から約3日間であって、4日目位から常乳の組成をとる。この間における著しい組成変化は、かつて Perrin が短い間隔での経時的変化について、詳細に検討したところである⁹⁵⁾が、最近にもいくつかの成績が報告されている。第1表に見られるように、常乳と異なって、蛋白質含量が分娩直後においてきわめて高く、これが日数の経過に伴って、急速に減少するのに反して、他の成分は増加して常乳の線に近付くことは明らかである。この短い期間の濃度は、単に量的なものにとどまらず、質的な変化を伴っているが、これについては後

述する。

しかしながら、常乳といっても必ずしも組成が一定しているわけではない。平均脂肪率は2週目まで増加するという報告もある¹²⁴⁾が、分娩後2,3日の7.83%から6週目の6.07%まで、絶えず減少しつづけ、蛋白質は分娩後2,3日の5.97%から、2週目に5.26%に落込んだ後、再び6週目の5.82%まで徐々に上昇する⁹⁸⁾し、無機質は初乳期の0.59%から次第に増加して、8週以降の離乳期の1.16%になる。またラクトース濃度は乳量にほぼ平行し、全固型分はほぼ逆比例して増減している¹⁰⁹⁾。そしてラクトース濃度が蛋白質と脂肪率と負に相関し、蛋白質と脂肪率とは正に相関している¹¹¹⁾という。離乳時期にある末期乳の1例を次に示す。蛋白質7.25、脂肪6.45、ラクトース4.45、無機質1.16、全固型分19.77%¹⁰⁹⁾。

②飼料 乳量の項で述べたと同条件下で、妊娠中に低エネルギーレベルで、泌乳中が高レベルにあった豚の乳(脂肪率7.5%)は、高・低(9.6%)、低・低(8.7%)レベルの他の豚乳よりも、脂肪率が統計的有意差で低いことが報告されている^{110,130)}。乳量減によるカロリー減をカバーするためであろうか、一般に栄養レベルの低い飼料給与の影響は、乳脂肪率の上昇となって現われるので^{110,117,127,128)}、この成績も泌乳期間の栄養レベルが、

第2表 偶蹄目動物とくに各品種豚の乳の化学組成の比較

亜目	科	種類	頭数	全固型分	蛋白質	脂肪	ラクトース	無機質
いのしし	いのしし	豚						
		Large White ⁹³⁾		17.7	6.1	6.3	4.5	0.88
		Long-eared White ⁹³⁾		17.8	6.3	6.4	4.2	0.83
		Mirgorod Spotted ⁹⁸⁾		16.4	5.8	5.2	4.6	0.84
		Large White ¹⁰⁹⁾	8	18.95	5.95	6.69	5.39	0.90
		Normande ¹⁰⁹⁾	5	17.24	5.65	5.29	5.60	0.97
		Pietrain ¹⁰⁹⁾	4	19.18	6.12	6.24	5.78	0.98
ペカリー かば ⁸⁾	Collard Peccary ¹³³⁾		1		5.40	3.55	6.55	
				13.91	5.30	3.49	4.32	0.80
亜脚	らくた ⁶⁸⁾		約 10	13.0	3.76	3.08	5.43	0.73
反芻	しか	となかい ⁴⁾	8	22.18 ~33.08	7.22 ~11.46	9.20 ~16.90	3.87 ~2.75	—
	きりん	きりん ³⁾	1		5.76	12.5	3.41	0.15
		オカビ ³⁷⁾	1	28.2	16.6	4.4	4.2	—
	うし	バッファロー ¹⁷⁾		15.15 ~18.30	4.01 ~4.73	5.10 ~7.90	4.50 ~4.97	0.73 ~0.79
	芻	緬羊 ¹⁷⁾	50	19.85 ~22.19	5.50 ~6.88	9.20 ~10.50	3.30 ~3.63	0.97 ~1.10
		山羊 ⁹⁴⁾		11.3 ~15.0	2.9 ~4.6	3.0 ~3.5	3.8 ~5.1	0.69 ~0.89
		牛 ¹⁶²⁾		11.53	2.87	3.42	4.54	0.70

乳生産にとくに重要な関係を持っていることからすれば、当然であろう。

また、これらとは逆に飼料にたとえば豚脂を 12% 添加すると、他の成分にはほとんど変化はないが、乳脂肪が 6.0% から 7.2% に増加することも認められている¹⁰⁹⁾。このほか、摂取カロリーの低下は、ラクトースや蛋白質濃度の低下を、まねく傾向があるよう^{127, 128, 130)}であるが、充分に確認されたとはいいいにくい。

③種類 豚の属する偶蹄目動物の乳組成を第 2 表に示す。乳の特質を量的側面だけから扱っていることをはじめ、いろいろと批判はあるが、母と子の関係の生態的特徴に基礎をおいた、BEN SHAUL の分類⁸⁾にしたがうと、この表のほとんどがとくにいのしし亜目は、子が比較的成熟した状態で生まれ、常時母と共に行動し、かつ頻繁に哺乳を行なう II 群に属し、一般に乳がうすく、とくに脂肪率が低い共通点を有している。そして各品種を含めての牛乳と比較して、豚乳の量的特質として、蛋白質と無機質濃度がほとんど常に高く、さらに脂肪率も高い傾向にあることを指摘できるであろう。

豚の品種間の差は平均値の上に、とくに脂肪率に明瞭に現われている。しかもこの現われ方は泌乳段階によって異なっており、蛋白質、ラクトースは大体前・中期に、脂肪率は前期と末期に著しい¹⁰⁹⁾。その上、品種間の差と共に忘れてならないのに、個体間の相異がある。全固型分含量には分娩後、2, 3 日目と 1, 2 および 3 週目に、蛋白質含量には 1, 2, 3 および 6 週目に、脂肪率には 1, 2, 3, 5 および 6 週目に、そして無機質含量には分娩後 2, 3 日目と 1, 2, 3 および 6 週目に、高度の有意差が個体間で認められることが発表されている⁹⁸⁾。また同

一個体でも、先に排出された部分とあとの部分では、後者の方が脂肪率が高いという¹⁴⁾。

乳 成 分

I 脂 質

1. 脂肪酸組成の特徴：部分的な知見を手掛りにしてしか、推定できなかった豚乳脂質の脂肪酸組成は、ほぼ 1963 年頃からガスクロマトグラフィーの適用によって、はじめてその全貌が、我々の前に明らかになりはじめた。第 3 表にその 2, 3 の成績を示す。初乳、常乳を通してパルミチン、パルミトオレイン、ステアリン、オレイン、リノール酸が多く、全体の 90% を占めること。また初乳には常乳よりも C_{18} 酸とくにリノール酸が多く、かつカプリン、ラウリン酸に欠け、ミリスチン酸が少量に過ぎないことは明らかである。そして豚背脂肪と比較すると、常乳の脂肪酸組成より複雑で、背脂肪に欠けるカプリン、ラウリン酸の含まれる^{22, 187)}点特徴的である。牛乳脂質とでは、豚乳には短鎖脂肪酸がないか、あるいはあっても痕跡程度であるのに反して、長鎖不飽和酸は比較的より多い⁷⁶⁾のが特徴となっているなど、組成上に一つの恒常性が認められる。

2. 脂肪酸組成の変動：豚乳脂質の脂肪酸組成を考慮する上で、注意しなければならないことは、給与飼料などの影響¹¹⁹⁾によって、上記の恒常性にもかなりの変動幅のあることである。たとえば綿実油 6.3% を含む飼料を給与すると、乳脂中のリノール酸が 11.7% から 20.5% に、これよりも短鎖の脂肪酸が 50.3 から 38.1% へと、それぞれ増減し、6.3% 亜麻仁油を含む飼料では、リノレン酸が 1.1% から 18.1% へ激増する反面、これ

第 3 表 豚初乳・常乳および牛乳脂質の脂肪酸組成の比較

脂 肪 酸	発表者 1 ²⁸⁾		発表者 2 ¹¹⁸⁾		発表者 3 ²⁵⁾		牛乳 ⁸⁸⁾
	初乳	常乳	初乳	常乳	初乳	常乳	
カプリン $C_{10:0}$	—	0.2	—	0.2	—	—	2.17
ラウリン $C_{12:0}$	—	0.3	—	0.3	—	—	2.52
ミリスチン $C_{14:0}$	1.4	3.3	1.5	3.3	1	3	8.16
末同定	0.1	0.5	(0.1)	(0.2)	—	—	(2.59)
パルミチン $C_{16:0}$	22.5	30.3	23.0	27.7	22	33	22.77
パルミトオレイン $C_{16:1}$	5.0	9.9	5.1	8.7	5	10	4.61
末同定	0.3	0.7	?	?	—	—	—
ステアリン $C_{18:0}$	5.7	4.0	5.1	4.3	5	4	9.11
オレイン $C_{18:1}$	41.7	35.3	42.2	41.2	42	36	32.17
リノール $C_{18:2}$	20.9	13.0	20.8	12.5	20	10	4.93
リノレン $C_{18:3}$	2.4	2.5	(1.7)	(10.0)	(5)	(4)	1.97
その他			0.5	0.6			

以外の脂肪酸は減少する¹⁴¹⁾。またココナツ油を8% レベルに給与すると、乳脂のラウリン、ミリスチン酸が増加し、オレイン酸が激減する¹⁴⁴⁾など、この外にも同様の報告¹⁴⁹⁾がある。

したがって、このように増加する脂肪酸は、飼料の脂肪酸から直接由来するか、あるいは脂肪酸合成の経路を通る間接的な起源を持ち、一方減少する脂肪酸は体脂肪に由来するという解釈も行なわれている¹⁴⁴⁾。30時間の短時間の飢餓豚からの乳脂では、 C_{18} 酸とくにオレイン酸が増加し、パルミチン、ミリスチン酸が減少する事実も¹⁴¹⁾、飢餓が上記の脂肪添加飼料給与の時と、反対の効果を現わしており、上のような乳脂の由来に関する機構存在の、可能の高いことを示すと考えられる。

偶蹄目動物乳の脂質の脂肪酸組成の分析は、56種におよぶ各種動物乳分析の一環として行なわれた³³⁾が、①パルミチン、オレイン酸が動物乳すべての主要脂肪酸であること、②反芻目乳には種類によって差があるが、相当量の短鎖脂肪酸が含まれ、とくに酪酸は反芻目乳にしか存在しないこと、③豚乳には C_{16} 、 C_{18} 酸が高濃度に存在するが、短鎖脂肪酸は痕跡量にすぎないことが指摘されている。このほか豚乳には反芻目乳よりもリノール酸、アラキドン酸や分岐酸が多いという報告⁷²⁾もある。しかし同じいのしし亜目の *Peccary* 乳^{15,33)}とでは、著しい相異は認められていない。脂肪酸組成の見地からする、哺乳動物の進化の系統と、その中における豚の位置付けは、まだ資料不足で行なわれないが、これを含めてもっと広い意味での乳脂質の比較生化学に残された課題は多い。

3. グリセライドの構造：豚乳グリセライドが上述のようにほとんど短鎖脂肪酸を含まないので、*glycerol ester hydrolase* (リパーゼ) 作用の特異性に対する、脂肪酸鎖長の影響がないので、本酵素とガスクロマトグラフの組合せによる解析のしやすい対象であるにもかかわらず、グリセライドの構造決定は、他の脂質に比べて遅れて行なわれた。その成績によると、いわゆる脾臓リパーゼの短時間の作用によって、ステアリン、オレイン、リノール酸が多く遊離し、ミリスチン酸とくにパルミチン酸はモノグリセライド画分に多く含まれることから、前者の脂肪酸類は1, 3位置に、後者は2位置に多く結合していることが結論されている^{25,187)}。ちなみに牛乳脂肪では、パルミチン酸はランダムに分布して、豚乳脂のようなことはない⁷⁹⁾。そして常乳のグリセライド構造としては、 GS_8 (Gはグリセロール、Sは飽和酸)、 GS_2U (Uは不飽和酸) 型が多い点で、 GSU_2 型を多く含む初乳や体脂肪と異なる。またこのような型式に考えられる

異性体として、初乳では USU 型が最も多くて約 38%、分娩後1週目のもので USU が約 34、SSU が約 27% と多く、3週目のものでは UUS と SSU とともに約 23% で最も多く、体脂肪では USU が約 50%、SSU が約 22% を占めている¹⁸⁷⁾。

4. 磷脂質：乳中には磷脂質が乳清中や脂肪球膜に存在することが知られているが、これをレシチン換算で示すと、豚乳中の含量は 0.0788% となり、牛乳の約倍量に達する¹⁸⁵⁾。信憑性が格段に向上した最近の分析法による結果では、この内訳は *phosphatidyl ethanolamine* 36.8, *sphingomyelin* 34.9, *phosphatidyl choline* 21.6, *phosphatidyl serline* 3.4, *phosphatidyl inositol* 3.3% となっており、多少の差はあるが、牛乳のそれと本質的に同じパターンを示しているので、乳中において磷脂質はほとんど同じ機能を果たすと推定されている⁸⁶⁾。しかしながら、その脂肪酸組成に関しては、差がないわけではない。豚乳 *sphingomyeline*, *phosphatidyl ethanolamine* には高級不飽和酸が多く存在し、反芻目乳ではルーメン微生物による水素添加のために、これらの不飽和酸量が少なくなっていることと、するどい対照をなしている⁸⁶⁾。

5. コレステロール：豚常乳のコレステロール含量は 29.16 mg% で、牛乳のその約2倍量に達し、初乳時の含量はこれよりも高いと報告されている¹⁸⁶⁾。そしてこの1部は脂肪酸と結合してエステル型として存在する⁶²⁾。

II 蛋白質

1. 初乳蛋白質の変動：初乳から常乳に移行する過程でみられる、蛋白質濃度の急激な減少は、新生児が摂取する最初の食物に現われる変化として、その生化学的意義が注目されてきた。この減少はあまりにも速かであるので、子豚哺育の上からも、最初に出生した子豚と最後の子豚とでは、摂取蛋白質量にかなりの相違がでてくる関係上、問題になることが少なくない。たとえば、分娩直後の豚初乳の乳清蛋白質濃度と α -グロブリン濃度は、それぞれ 19.6% と 8.6% であるが、これが6時間後にそれぞれ 10.5、3.9%、24時間後で 4.1、0.9% となり、早期に出生した子豚は、免疫生理的にも優れた体質を獲得することが示唆されている¹²⁾。したがって、出生直後の子豚による自然哺乳を防ぎ、同腹子豚全部が出生してから哺乳を許すようにすれば、このような自然哺乳子豚に生ずる、血清蛋白質レベルの変動を、少なくすることができるといわれる¹⁸⁾のも、理由があるわけである。

今までのところ、このような蛋白質含量の変化は、主として免疫電気泳動^{9,35,83)}、濾紙電気泳動^{29,74,87)}、寒

天⁵⁵⁾もしくは殿粉³¹⁾ゲル電気泳動法によって追跡され、乳清中に prealbumin, albumin, α_1 -globulin, α_2 -globulin, β -globulin, γ -globulin など6成分の存在と変動が確認されている。しかし定性的な変化はなく、乳清蛋白質中で10%以上を占める、主要蛋白質の割合は、初乳では大体において γ -globulin が約50%, prealbumin と β -globulin がともに約14%であるが、常乳では γ -globulin が約25%, prealbumin と β -globulin が約20%, albumin と α -globulin が14%と変化している。

一方、カゼインの変動については、定量的検討が充分に行なわれているとはいえないが、カゼインと乳清蛋白質の比が、泌乳初期に0.43:1, 中期に3:1, 末期に2.3:1と変動するといわれる³⁸⁾。また電子顕微鏡下の観察によって、カゼインミセルが分娩1日後に出現することが認められている⁶⁶⁾。超遠心分析の結果によると、常乳カゼインに明瞭に現われる3個のピークが、初乳カゼインでは不明瞭であるという¹⁴²⁾。

2. 免疫グロブリン: 上記のように、泌乳初期の蛋白質の激減は、主として γ -globulin, β -globulin などの減少によるが、これら両者にはいわゆる免疫グロブリンの各種画分が含まれる。免疫グロブリンの免疫学的特性の検討に、よく使用される免疫電気泳動分析の結果によると、豚初乳に存在する免疫グロブリンは、分娩後2日以内に大部分が消失する⁶⁶⁾が、その主成分は IgG であり^{57, 108)}、常乳中では IgA と IgM が多い⁵⁷⁾とされている。IgG, IgA, IgM の初乳中の免疫グロブリンに占める割合は、それぞれ約80 (初乳100 ml 中5.9%), 14 (1.1), 6 (0.3)% であって、IgG と IgM は初乳中に血清中の約2~3倍量、IgA は3~11倍含まれる¹⁰⁰⁾。牛初乳の IgA と IgM 量は血清中よりも低く、豚乳と異なっている。しかし牛初乳に存在する免疫グロブリンのなかで、IgG が最も多い¹⁶⁾ことは、豚乳と変わりがない。

これらの免疫グロブリン画分の諸性質をしらべる目的で、DEAE-セルローズあるいは Sephadex G-200 などによるクロマトグラフィーを用いて、豚乳 IgM¹⁰⁰⁾、IgA¹¹⁾、IgG⁸¹⁾ の分離が行なわれるようになったが、牛乳のそれに比べると、検討が著しく少ない。豚乳 IgA は超遠心分析によって11S分子に属し、人 IgA に類似することが明らかにされた。また豚乳 IgG には G₁, G₂ のサブクラスがあり、豚乳 IgM は19Sに属するといわれる¹⁰²⁾。そしてこれらのグロブリンの存在する滲紙電気泳動像上には、多糖類に対する染色性が認められる⁶⁵⁾ので、これらの画分には多種類が含まれると考えられ

る。一時行なわれた豚乳免疫グロブリンの抗体活性を、分子のプロテアーゼもしくは還元解裂剤による、部分分解物から解析しようとした試み^{81, 102)}は、その後進展しておらず、豚初乳免疫グロブリンの構造と活性に関連して、一層の検討が望まれる。

以上のように、出生直後の子豚は、高濃度の免疫グロブリンを、初乳の形態で摂取するが、摂取された免疫グロブリンは、腸から吸収されて血清中に移行し、子豚に免疫性を付与するように働く。事実、初乳摂取前の子豚の血清中には、ごく少量の免疫グロブリンしか認められない⁵⁸⁾し、血清中の IgG, IgM, IgA は哺乳中の最初の数日間に最高に達し、以後漸減する^{3, 20, 58)}。したがって、血清グロブリンと初乳免疫グロブリンとの異同は、決定的でないにしても、関係のあることは間違いない。抗体を摂取した子豚の側では、その抗体吸収能力は、最初の24時間が最も強く、2日目にはかなり減じ、以後も一定期間吸収が続くといわれている¹⁴⁶⁾。

しかしながら、初乳摂取後、免疫化母豚から子豚を離して、非免疫化母豚からそれ以降哺乳するようにした場合には、子豚は痢病しやすいことが知られている⁹⁹⁾。それゆえ、初乳から由来する免疫抗体は、疾病防御のためには充分量でないのかもしれない。しかし、新生児黄疸症抗体価が哺乳前後の初乳中で血清よりも著しく高く、哺乳開始と共に激減して、35時間位で下まわることから、oxytocin 注射によって、多量の抗体価の高い初乳を排出させ、これを子豚に摂取させれば、痢患防止ができるであろうとする見解もある⁴⁷⁾。腸内での抗体は空腸部から、endocytosis によって上皮を通して、輸送空胞に移行して吸収されると考えられており⁶⁹⁾、初乳中のトリプシンインヒビターはこの吸収に影響を与えない¹⁸⁾という。

3. 常乳中の蛋白質: 2-メルカプトエタノール・尿素存在下の殿粉ゲル電気泳動法^{81, 92)}によって、豚常乳中には α -カゼイン, β_1 -, β_2 -カゼイン, β -lactoglobulin の外に、Z-蛋白質の存在することが確認されている。これらはいずれも、牛乳のそれに相当するものと移動度が異なる³¹⁾ばかりでなく、 κ -カゼインに相当する蛋白質が見当たらない。このことは、レンニンを作用させた時の、粘度変化にもとづく反応速度恒数が、牛乳や山羊乳カゼインと著しく違って、凝固も与えない⁹²⁾ことから支持されるであろう。なお、これら以外に、細菌凝集素の存在が認められており²⁷⁾、蛋白質様のものと推定されるが、本態はよくわからない。

豚乳カゼインが3成分からなることは、滲紙電気泳動¹²⁶⁾や超遠心分析¹⁴³⁾の結果から明らかであって、Pec-

cary 乳も類似しているが、反芻目のそれとは異なっている。そして牛乳カゼインにだけ認められる、 γ -カゼイン画分は存在しない¹²⁶⁾。また乳清蛋白質の滲紙電気泳動像は、反芻目乳とは勿論、Peccary 乳とも異なる特異的なもので、4~6 成分が存在しているらしい。抗牛 β -lactoglobulin, 抗牛 α -lactalbumin, あるいは抗牛カゼイン血清に対して、全く反応しないかあるいはほとんど反応しないか、どちらかである事実も、偶蹄目乳のほとんどが同様に反応すること⁷⁸⁾と対比して、豚乳蛋白質とこれ以外の偶蹄目乳蛋白質の構造上に、明白な差の存在することを示唆している。

微生物学的定量法によって測定された、豚混合乳のアミノ酸組成¹⁵¹⁾を第4表に示す。リジン, アルギニンおよび鎖状アミノ酸のロイシン, イソロイシン, バリン含量が、牛乳のそれよりかなり低く、シスチン含量の高いのが注目されよう。しかし、個々の乳蛋白質のアミノ酸組成についての検討は、ほとんど行なわれておらず、将来に俟たねばならぬ。

4. 酵素: これまでに検討された豚乳中の酵素はあまり多くない。lysozyme, lipase, ribonuclease¹⁹⁾, malate dehydrogenase⁶⁵⁾, lactate dehydrogenase^{44, 59, 60, 64, 67)}, phosphatase⁴⁹⁾などがそれで、lysozyme の活性はなく、ribonuclease 活性は牛乳の約40分の1に止まるが、lipase 活性は牛乳よりも高い値を示す¹⁹⁾。

一般に乳中の酵素の起源と意義はなお不明確である¹²¹⁾が、血中酵素との関係が注目されている。lactate dehydrogenase は、いくつかの血清蛋白質と同一分子量を有するなどの、検討上の長所を持っているので、し

ばしばこの目的に取上げられた。そしてその結果、血清からの移行の可能性は排除できないとしても、むしろ、豚乳腺の分泌細胞内の、代謝過程に徐々におこる変化によって、構成サブユニットの2個のポリペプチドの組合せによって生ずる、5個の Lactate dehydrogenase isoenzyme 像の変動が、誘起されると考えられている^{44, 59, 60, 64)}。

III 炭水化物

豚乳中の炭水化物が化学的組成の上で、ラクトースとして表わされているように、一般の乳中の糖はラクトースであるという、半ば先験的な常識に支えられて、豚乳中の炭水化物もラクトースであると、長い間信じられてきた。しかし滲紙クロマトグラフィーの適用によって、豚乳中には主成分のラクトースのほかに、かなりの量のトリサッカライドと推定されるものと、さらに少量の少糖類の含まれていることが明らかにされた⁵³⁾。そのために、上述のような従来の見解に立って行なわれた結果の中には、再考慮する余地のあるものが出てくるであろう。

また量的にさらに少なくなるが、1~80 μ mol/ml の範囲で、初乳と常乳中に相対的に多量な UDP-hexose, GDP-mannose, UDP-N-acetyl hexosamine のほか、UDP-N-acetyl lactosamine, UDP-xylose などの存在が認められている⁶⁷⁾。とくに UDP-xylose の証明は、動物界における最初の検出例として、注目されるものである。なお、酸溶性ヌクレオチドの定量が行なわれたが、反芻目乳と比べて guanine 含量が大であった²³⁾。

IV ビタミン

最近の数値を一括して第5表に示す。ビタミンAは初乳にきわめて高く、泌乳期の経過によって急速に低下するが、飼料中のビタミンA含量と正の相関がある^{117, 120)}。また一般的に夏に高く、冬春に低い¹⁰⁸⁾。したがって、鰵肝油と合成エステル型で与えた時に、後者の方が高くでるような差はあっても⁹⁰⁾、乳中のビタミンAが乳腺内での移行に由来することは明らかである。豚乳中のビタミンDの大部分は、牛乳のそれがD₂とD₃であるのに対して、D₃であるといわれる⁷⁹⁾。

一方、ビタミンB群の中でB₁やB₁₂を除いて、他のB類は飼料中のBの影響をうけて、増減することが報告されている^{116, 150)}。しかしビタミンB₆の方は多量の摂取によっても、わずかにその4%が乳中出现するだけであるという。また多少の変化はあるが、ビタミンB₆、パントテン酸などは泌乳段階の経過と共に、増加する傾向がつよい^{125, 150)}。ビタミンB₁の存在形態としては、遊離型, monophosphate, pyrophosphate⁹⁶⁾が、ビタミ

第4表 豚乳・山羊乳・牛乳のアミノ酸組成の比較
(g/16 gN)

アミノ酸	豚乳	山羊乳	牛乳
アルギニン	4.9	3.2	3.8
ヒスチジン	2.7	3.0	2.7
イソロイシン	5.6	6.9	8.7
ロイシン	8.8	10.0	10.4
リジン	7.4	8.3	9.2
メチオニン	2.2	2.9	2.8
シスチン	1.0	0.7	0.6
フェニルアラニン	4.1	5.1	4.8
チロシン	3.8	3.8	3.8
スレオニン	4.4	5.3	5.0
トリプトファン	1.3	1.2	1.3
バリン	5.1	8.2	7.0
粗蛋白質	5.25	3.38	3.30

第5表 豚乳・牛乳のビタミン組成の比較

ビタミン類	常乳	初乳	牛乳 ⁴²⁾
ビタミン A	0.17 mg/l, ¹¹⁶⁾ 21~24 μ g/100 ml ¹²⁰⁾	70~73 μ g/100 ml ¹²⁰⁾	156 I.u/100 g
ビタミン D	0.41 I.u/g 乳脂 ⁷⁸⁾	—	13~31 I.u/quast
ビタミン B ₁	0.62 mg/l ¹¹⁶⁾	—	0.44 mg/kg
ビタミン B ₂	0.60 μ g/cc ⁴⁹⁾	—	1.75 mg/kg
ニコチン酸	5.5 mg/l ¹¹⁶⁾	—	0.94 mg/kg
ビタミン B ₆	0.13~0.26 μ g/g ¹⁶⁰⁾	0.16 μ g/g ¹⁶⁰⁾	0.64 mg/kg
ビタミン B ₁₂	1.4 m μ g/ml ⁶⁾	0.8 m μ g/ml ⁶⁾	0.0043 mg/kg
パントテン酸	2.26~3.53 μ g/ml ¹²⁵⁾	0.42 μ g/ml ¹²⁵⁾	3.46 mg/kg
アスコルビン酸	10.37 ¹⁰⁴⁾ mg/100 ml	18.14 mg/100 ml ¹⁰⁴⁾	21 mg/kg

第6表 豚乳・牛乳の無機質組成の比較

無機質	豚 初 乳	豚 常 乳	牛乳
K (mg%)	65, ¹²⁸⁾ 11.9~103, ¹⁰⁴⁾ 138 ¹¹⁷⁾	48, ¹²⁸⁾ 82~76, ¹⁵⁴⁾ 105 ¹¹⁷⁾	217
Na (mg%)	71, ¹²⁸⁾ 60~47, ¹⁵⁴⁾ 60 ¹¹⁷⁾	40~54, ¹²⁸⁾ 49~39, ¹⁵⁴⁾ 36 ¹¹⁷⁾	76
Ca (mg%)	67, ¹⁸⁹⁾ 133~101, ¹⁵⁴⁾ 119, ¹¹⁷⁾ 42, ⁹⁶⁾	197, ¹⁸⁹⁾ 209, ^{108,117)} 237~214, ¹⁵⁴⁾ 135~150 ⁹⁶⁾	150
Mg (mg%)	13~20 ¹⁵⁴⁾	19~26 ¹⁰⁴⁾	16
Zn (mg%)	1.53 ¹⁸⁹⁾	0.494, ⁹⁹⁾ 0.56 ¹⁸⁹⁾	0.381
Fe (μ g%)	581, ¹²⁹⁾ 210, ¹¹⁷⁾ 129 ¹²²⁾	288, ¹³⁹⁾ 438, ¹¹⁷⁾ 122, ⁹⁹⁾ 154, ⁷⁾ 49~106 ¹²²⁾	89
Cu (μ g%)	223, ¹³⁹⁾ 249, ¹¹⁷⁾ 78 ¹²²⁾	69, ¹²⁹⁾ 8~55, ⁴²⁾ 139, ¹¹⁷⁾ 224 ¹²²⁾	15
Mn (μ g%)	22 ¹³⁹⁾	11 ¹³⁹⁾	5
Mo (μ g%)	13 ¹³⁹⁾	4 ¹³⁹⁾	7
Co (μ g%)	7 ¹³⁹⁾	2 ¹³⁹⁾	0.046
Cl (mg%)	95~90 ¹⁵⁴⁾	77~63 ¹⁵⁴⁾	107
P (mg%)	131, ¹³⁹⁾ 100, ⁹⁶⁾ 116~110, ¹⁵⁴⁾ 119 ¹¹⁷⁾	151, ¹³⁹⁾ 150, ⁹⁶⁾ 154~145, ¹⁵⁴⁾ 135 ¹¹⁷⁾	124

牛乳の数値は文献 51, 52) による。文献 153) のものは初乳には出産後 1~7 日までのもの。117) については3日までのものを初乳として筆者が計算

ンB₂としてはFADが大部分で、FMNが少量存在し、遊離型は認められていない⁴⁹⁾。これに関してB₂の存在形態は牛乳のそれと著しく異なっていることに注意する必要がある。なお、ビタミンB₁₂と結合してその吸収を阻害する因子が、豚乳中に見出されている⁴⁸⁾。

またアスコルビン酸量は分娩後1~3日に最高値をとり、ついで次第に減少して、泌乳末期に再びやや増加する¹⁰⁷⁾。そして個体間の差のほか季節的にも変動して、春冬期よりも夏秋期の方がやや多いことが示された^{104,107,108)}。

V 無機質

第6表に示すように、無機質の合計としては、分娩直後の乳から末期乳に至るまで、漸増する⁸²⁾という経過をたどるが、常乳よりも初乳中の濃度の方が高いものに、K, Na, Cu, Zn, Mn, Mo, Clなどがあり、逆に常乳中の濃度の高いものに、Ca, Mg, Pなどがある^{48,128)}。Feはほとんど変動しないともいわれている⁹⁹⁾が、表示のよ

うに、この結論はなお留保すべきであろう。また同一条件下での定量でないので、直接の比較はむずかしいが、牛乳と比較して、豚乳のCuやFe濃度の高いことは、ほとんど確実のように思われる。このような質的な相異は、子豚の発育段階に伴う無機質要求の変化を示唆する点で重要である。

子乳に屢々現われるおそれのある貧血症との関連から、豚乳無機質の中で、とくに注目されているのは、Fe, Cu, Znなどである。子豚の貧血症防止の目的から、これらを飼料中に添加して、その乳中の濃度を高めようとする試みが、多く発表された。しかし、Feに関して得られた結果は希望的なものではない。ferrous fumarate^{99,146)}, ferric choline citrate¹⁸¹⁾, ferrous sulfate^{75,148)}などが用いられたが、血中のFe濃度の上昇はいずれも期待できなかった。そうだとするならば、これに対して、放射性Feを出産3週前に筋肉内注射することによって、初乳中のFeのカウント数増加が認めら

れるという事実¹³⁸⁾は、どのように解すべきであろうか、一方、Cu 化合物で湿らした牧草を摂取した、豚の乳中の Cu 濃度が高くなること¹¹⁹⁾や、CuSO₄ 注射によっても高くなること¹⁴⁹⁾が報告されている。Zn については成長度が一致しておらず^{28,45,122)}、その添加の影響の有無についての結論は尚早のように思われる。

む す び

豚乳の研究は以上の記述からもわかるように、概して実用上の必要に迫られて行なわれた、色彩の強いものが多い。比較的身近な動物でありながら、試料採取の困難さから、1時に多量の乳を集めることができず、少量の試料で遂行可能な主題が、選ばれ勝ちであったという事情にもよろうが、多量の試料によって可能となる研究は著しく立遅れている。豚乳の生化学の均衡的發展のためには、このような原点からの努力を避けることはできない。

そのような意味から、とくに今後の注力が必要とする分野は、脂質以外の成分、就中蛋白質に関連した領域であると考えられる。カゼインにせよ、乳清蛋白質にせよ、蛋白質化学的な研究の、今後にまっところはきわめて大きい。また乳成分の生合成の研究も、まだ緒についたばかりとはいえ、実のりの多い将来が予見される。これらの諸研究の進歩によって、乳を通してみた豚の進化系統上の位置と、他の動物との系統上の相異も、次第に明確に浮び出てくるに違いない。我々が応用の立場に立った時に設定する、合成乳を含む豚の“乳”の人為的コントロールや、子付母豚の合理的飼料の調製などの目標も、このような位相に立って十分に達成されるであろう。

しかし、日本においてこの種の研究は、いわゆる境界領域に属するためか、最近ではほとんど行なわれないことがない。研究実践にともなうことの予想される、多大の労苦と物的困難に耐えて、かつてこの問題に挑戦した先駆者丹羽左右衛門博士らの業績を、新たに前進させる人の出現が切に望まれる。

文 献

- 1) ALLEN, A. D. and J. F. LASLEY (1960) J. Anim. Sci., 19 : 150-155.
- 2) ARBUCKLE, J. B. R. (1968) Brit. V. J., 124 : 273-281.; DSA.* 30 : 536.
- 3) ASHAFFENBURG, R., M. E. GREGORY, S. J. ROWLAND, S. Y. THOMPSON and V. M. KON (1962) Proc. Zool. Sci., 139 : 359-363.; DSA. 25 : 167.
- 4) ASHAFFENBURG, R., M. E. GREGORY, S. K. KON, S. J. ROWLAND and S. Y. THOMPSON (1962) J. Dairy Res., 29 : 325-328.
- 5) BALDWIN, R. L. (1966) J. Dairy Sci., 49 : 1533-1542.
- 6) BARBER, R. S., R. BRAUDE, J. E. FORD, M. E. GREGORY, K. G. MITCHELL and J. W. G. PORTER (1960) Brit. J. Nutr., 14 : 43-48.
- 7) BARTKO, P. (1965) Folia Vet., 9 : 99-103; DSA, 31 : 400.
- 8) BEN SHAUL, D. M. (1962) Intern. Zoo Year-book, 4 : 332-342.
- 9) BICKHARDT, K. and E. GLAWSCHNIG (1968) Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk., 24 : 230-238; DSA. 31 : 276.
- 10) BICKERSTAFFE, R. and E. F. ANNISON (1968) Biochem. J., 108 : 47 p.
- 11) BOURNE, F. J. (1969) Biochim. Biophys. Acta, 181 : 485-487.
- 12) BOURNE, F. J. (1969) Anim. Production, 11 : 337-343.
- 13) BOURNE, F. J. (1969) Anim. Production, 11 : 345-349.
- 14) BRABANT, W. and J. SCHULZ (1967) Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Lpz., 16(2) : 332-334.; DSA, 30-558.
- 15) BROWN, W. H., J. W. STULL and L. K. SOWLS (1963) J. Mammal., 44 : 112-113.
- 16) BUTLER, J. E. (1969) J. Dairy Sci., 52 : 1895-1909.
- 17) CERUTTI, G., A. MACCARRONE and A. JOFORTE (1966) Latte, 40 : 877-880.
- 18) CHAMBERLAIN, A. G. and G. C. PERRY (1965) Nature, 207 : 429.
- 19) CHANDAN, R. C., R. M. PARRY Jr. and K. M. SHAHANI (1968) J. Dairy Sci., 51 : 606-607.
- 20) COGGINS, L. (1964) Am. J. Vet. Res., 25 : 613-617.
- 21) CSIRE, L. and T. KLOSZ (1964) Állattenyésztés, 13 : 335-344; DSA, 27 : 353.
- 22) DE MAN, J. M. and BOWLAND, J. P. (1963) J. Dairy Res., 30 : 339-343.
- 23) DENAMUR, R., G. FAUCONNEAU and G. GUNTZ (1959) Rev. Esp. Fisiol., 15 : 301-310; DSA, 23 : 139.
- 24) DOMĄSKI, J. (1965) Roczn. Nauk. roln. (Ser. Zootech.) 85 : 537-544; DSA, 28 : 177.
- 25) DUNCAN, W. R. H. and G. A. GARTON (1966) J. Dairy Res., 33 : 255-259.
- 26) EARLE, I. P. and J. W. STEVENSON (1965) J. Anim. Sci., 24 : 325-328.
- 27) EMMONS, D. B., J. A. ELLIOTT and D. C. BECKETT (1966) XVII Intern. Dairy Congr., D : 499-508.
- 28) EVANS, D. E. (1959) Dairy Sci. Abst., 21 : 277-286.
- 29) FERRANDO, R., C. J. VAN OSS and J. FROGET (1959) Bull. Soc. Chim. Biol., 41 : 1297-1301.

* DSA=Dairy Science Abstract

- DSA, 22 : 419.
- 30) GABRIS, J. and A. BRINCKO (1966) *Živočišna Vyroba*, 11(2) : 87-92; DSA, 28 : 305.
 - 31) GLASNÁK, V. (1968) *Comp. Biochem. Physiol.*, 25 : 355-357.
 - 32) GLASNÁK, V. (1968) *Folia Biol.*, 4(1) : 70-73; DSA, 30 : 443.
 - 33) GLASS, R. L., H. A. TROOLIN and R. JENNESS (1967) *Comp. Biochem. Physiol.* 22 : 415-425.
 - 34) GLAWISCHNIG, E. (1964) *Wien. Tierärztl. Monats.*, 51 : 830-836.
 - 35) GLAWISCHNIG, E., K. BICKHARDT and C. BOGEN (1968) *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk.*, 24 : 239-255; DSA 31 : 276.
 - 36) GREGORY, M. E. and S. K. KON (1964) *Acta Biochem. Polon.*, 11 : 169-177; DSA, 27 : 135.
 - 37) GREGORY, M. E., S. K. KON, S. J. ROWLAND and S. Y. THOMPSON (1965) *Intern. Zoo Yearbook*, 5 : 154-155.
 - 38) GRITSENKO, N. M. and D. I. POLIVODA (1968) *Sel'skokhoz. Biol.*, 3 : 403-407; DSA, 31 : 221.
 - 39) HAEFTERMAN, E. O. (1965) *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 147 : 1661.
 - 40) HARTMAN, D. A. and W. G. POND (1960) *J. Anim. Sci.*, 19 : 780-785.
 - 41) HARTMAN, D. A., T. M. LUDWICK and R. F. WILSON (1962) *J. Anim. Sci.*, 21 : 883-886.
 - 42) HARTMAN, D. A. and L. P. DRYDEN (1965) *Fundamentals of Dairy Chemistry*, 261-338. (B. H. Webb and A. H. Johnson Ed. The AVI Publishing Co.)
 - 43) 林 寿郎編 (1965) *飼育ハンドブック*, 263-274. 審美社.
 - 44) HELLUNG-LARSEN, P. (1968) *Comp. Biochem. Physiol.*, 27 : 703-708.
 - 45) HENNIG, A. (1965) *Arch. Tierernähr.*, 15 : 353-362.
 - 46) HENNIG, A. and M. ANKE (1966) *Arch. Tierzucht.*, 9 : 321-331.
 - 47) 姫野健太郎・長野鍊太郎・森 淳・茂木一重・阿部恒夫・細田達雄 (1968) *日畜会報*, 39 : 275-280.
 - 48) HOLDSWORTH, E. S. and M. E. COATES (1960) *Chin. Chim. Acta*, 5 : 853-861.
 - 49) 堀田一雄・石黒伊三雄・内藤純子・田中きみ (1960) *ビタミン* 21 : 204 : 208.
 - 50) 今村経明 (1962) *酪農科学研*, 11 : A354-371.
 - 51) 今村経明 (1963) *酪農科学研*, 12 : A181-192.
 - 52) JANIČIČ, S., Z. CRNOJEVIĆ and B. BERIČ (1968) *Agron. Glasn.*, 30(10/11) : 883-892; DSA, 31 : 256.
 - 53) JENNESS, R., E. A. REGEHR and R. E. SLOAN (1964) *Comp. Biochem. Physiol.*, 13 : 339-352.
 - 54) JOHNSON, C., M. F. JAMES and J. L. KRIDER (1948) *J. Anim. Prod.*, 7 : 486 : 493.
 - 55) KARLSSON, B. W. (1964) *Ark. Zool.*, 16 : 511-525; DSA, 29 : 419.
 - 56) KARLSSON, B. W. (1965) *Ark. Zool.*, 18(4) : 33-50; DSA, 29 : 51.
 - 57) KARLSSON, B. W. (1966) *Acta Path. Microbiol. Scand.*, 67 : 83-101; DSA, 29 : 52.
 - 58) KARLSSON, B. W. (1966) *Acta Path. Microbiol. Scand.*, 67 : 237-256; DSA, 29 : 52.
 - 59) KARLSSON, B. W. and B. KJELLBERG (1966) *Milk and Dairy Res. Alnarp.*, No. 73. 5-20.
 - 60) KARLSSON, B. W. and B. KJELLBERG (1966) *Naturwissens.*, 53 : 90.
 - 61) KEENAN, T. W. and V. F. COLENBRANDER (1969) *Lipids*, 4 : 168-170.
 - 62) KEENAN, T. W. and S. PATTON (1970) *Lipids*, 5 : 42-47.
 - 63) KHAN, K. U. and T. C. APPANNA (1964) *Indian J. Physiol. Allied Sci.*, 18 : 129-133; DSA, 27 : 313.
 - 64) KJELLBERG, B. and B. W. KARLSSON (1966) *Biochim. Biophys. Acta*, 128 : 589-590.
 - 65) KJELLBERG, B. and B. W. KARLSSON (1967) *Comp. Biochem. Physiol.*, 22 : 397-413.
 - 66) KNOOP, E. and A. WORTMANN (1967) *Milch-wissens.*, 22 : 198-205.
 - 67) KOBATA, A. and Z. SUZUOKI (1965) *Biochim. Biophys. Acta*, 107 : 405-413.
 - 68) KOVÁCS, J. (1962) *Keszthelyi Mezőgazd. Akad. Kiadványai*, Budapest, 1962(4) : 1-21.; DSA, 25 : 201.
 - 69) KRAEHNBUHL, J. P. and M. A. CAMPICHE (1969) *J. Cell. Biol.*, 42 : 345-365.
 - 70) KRYLOV, N. P. (1968) *Svinovodstvo*, 22(6) : 11-12; DSA, 31 : 413.
 - 71) 樽谷和男 (1968) 泌乳 217-266. (星冬四郎・内藤元男編) 東大出版会.
 - 72) KUZDZAL-SAVOIE, S. and W. KUZDZAL (1963) *Lait*, 43 : 369-384; DSA, 25 : 517.
 - 73) LENKEIT, W. and K. GÜNTHER (1964) *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk.*, 19 : 171-174; DSA 27 : 353.
 - 74) LESKOVA, R. and K. ONDERSHECKA (1968) *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk.*, 23 : 257-262; DSA, 30 : 347.
 - 75) LEUILLET, M. and E. SALMON-LEGAGNEUR (1968) *Annal. Zootech.*, 17 : 59-70.
 - 76) LINDBERG, P. and G. TOLLERZ (1964) *Acta Vet. Scand.*, 5 : 311-330; DSA, 27 : 137.
 - 77) LINZELL, J. L., T. B. MEFHAM, E. F. ANNISON and C. E. WEST (1969) *Brit. J. Nutr.*, 23 : 319-333.
 - 78) LYSTER, R. L. J., R. JENNESS, N. I. PHILLIPS and R. E. SLOAN (1966) *Comp. Biochem. Physiol.*, 17 : 967-971.
 - 79) MCCARTHY, R. D., S. PATTON and L. EVANS (1960) *J. Dairy Sci.*, 43 : 1196-1201.
 - 80) MCCARTHY, R. D. and S. PATTON (1963)

- Biochim. Biophys. Acta., 70 : 102-103.
- 81) METZGER, J. Jr. and M. FOUGEREAU (1968) Rech. Vet., 1968(1) : 37; DSA, 31 : 155.
- 82) MEYER, H. (1964) Prok. Tierarzt., 45 : 4-6.
- 83) MORGAN, D. O. and J. G. LECCE (1964) Res. Vet. Sci., 5 : 332-339.
- 84) 森本 宏, 高橋 明. 高橋正也 (1961) 農技研報 G20 : 61-99.
- 85) MORRISON, W.R. (1968) Lipids, 3 : 101-103.
- 86) MORRISON, W.R. (1968) Lipids, 3 : 107-110.
- 87) 本好茂一, 加納康彦, 三浦高義 (1963) 日本獣医師会誌, 16 : 258-262.
- 88) 中西武雄, 中江利孝 (1964) 農化, 38 : 34-39.
- 89) NEUHAUS, U. (1961) Z. Tierzücht. Zucht. Biol., 75 : 160-191.
- 90) NIELSEN, H. E., N. J. HOGGAARD-OLSEN, W. HJARDE and E. LEERBECK (1965) Acta. Agr. Scand., 15 : 235-244.
- 91) 日本乳業技術協会 (1970) 乳技協資料 20(2) : 71-73.
- 92) OOSTHUIZEN, J. C. (1962) J. Dairy Res., 29 : 297-305.
- 93) OSTAPCHUK, P.P. and I.N. KADIEVSKAYA (1968) Svinovodstvo, 22(8) : 11-12; DSA, 31 : 545-546.
- 94) PARKASH, S. and R. JENNESS (1968) DSA., 30 : 67-87.
- 95) PERRIN, D. R. (1955) J. Dairy Res., 22 : 103-107.
- 96) PETRENKO, G. G. and V. I. TERTISHNIK (1960) Ukrain. Biokhim. Zh., 32(1) : 107-110; DSA, 23 : 80.
- 97) PETRUKHIN, I. V. (1966) Svinovodstvo, 20(9) : 14-16; DSA, 29 : 580.
- 98) POND, W. G., L. D. VAN VLECK and D. A. HARTMAN (1962) J. Anim. Sci., 21 : 293-297.
- 99) POND, W. G., T. L. VEUM and V. A. LAZAR (1965) J. Anim. Sci., 24 : 668-670.
- 100) PORTER, P. (1969) Biochim. Biophys. Acta., 181 : 381-392.
- 101) PUYAOAN, R. B. and L.S. CASTILLO (1963) Philipp. Agr., 47 : 141-149; DSA, 27 : 338.
- 102) REJNEK, J., O. KOTYNEK and J. KOSTA (1965) Folia Microbiol. Praha, 10 : 327-334; DSA, 28 : 208.
- 103) REJNEK, J., J. KOSTA and J. TRAVNÍČEK (1966) Folia Microbiol. Praha, 11 : 173-178; DSA, 29 : 114.
- 104) ROOSVE, H. (1964) Sb. nauch. Trud. Estonsk. sel'-khoz. Akad., 1964(39) : 152-160; DSA, 29 : 229.
- 105) ROOSVE, H. (1967) Sb. nauch. Trud. Estonsk. nauchnoissled. Inst. zhivot. Vet., 1967(11) : 175-178; DSA, 30 : 113.
- 106) ROOSVE, H. (1967) Sb. nauch. Trud., Estonsk. nauchnoissled. Inst. Zhivot. Vet., 1967(11) : 175-178; DSA, 30 : 113.
- 107) ROS, I. F. (1963) Nauk. Pratsi. Zootekk. Fak. Kamyants-Podils'k. sil'skogosp. Inst. 5 : 30-31; DSA, 27 : 313.
- 108) ROSLYAKOV, A. K. and P. N. Tserulik (1969) Vest. sel'skokhz. Nauki., Mosk., 14(2) : 79-83; DSA, 31 : 342.
- 109) SALMON-LEGAGNEUR, E. (1959) Ann. Zootech., 8 : 345-352.
- 110) SALMON-LEGAGNEUR, E. and R. JAQUOT (1961) Compt. Rend. Acad. Sci., Paris, 253 : 1618-1620.
- 111) SALMON-LEGAGNEUR, E. (1961) Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys., 1(3) : 295-303; DSA, 24 : 49.
- 112) SALMON-LEGAGNEUR, E. and L. GUEGNE (1962) Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys., 2 : 299-317; DSA, 25 : 251.
- 113) SALMON-LEGAGNEUR, E. (1963) Compt. Rend. Acad. Sci., Paris., 257 : 4221-4224.
- 114) SALMON-LEGAGNEUR, E. (1964) Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys., 4(2) : 141-155; DSA, 27-167.
- 115) SALMON-LEGAGNEUR, E. (1965) Ann. Zootech., 14 : 3-137; DSA, 28 : 474.
- 116) SALMON-LEGAGNEUR, E. and J. CABANIS (1969) Journees de la Recherche Porcine en France. 1969 : 185-189. ; DSA, 31 : 512.
- 117) SCHREMMER, H., H.-R. SCHUMM. F. PÜSCHEL and H. STEGER (1965) Arch. Tierzucht. 8 : 153-163.
- 118) SCHULD, E. W. and J. P. BOWLAND (1968) Canad. J. anim. Sci., 48 : 65-69.
- 119) SCHUMACHER, E. (1961) Schweiz. Arch. Tierheilk., 103 : 462-468; DSA, 24 : 157.
- 120) SELKE, M. R., C. E. BARNHART and C. H. CHANEY (1967) J. Anim. Sci., 25 : 759-763.
- 121) SHAHANI, K.M. (1966) J. Dairy Sci., 49 : 907-920.
- 122) SIMEK, L., J. TRAVNÍČEK and L. MANDEL (1961) Vet. Casopis, 10(2) : 160-162. ; DSA, 24:268.
- 123) SIMEK, L., J. TRAVNÍČEK and L. MANDEL (1962) Vet. Casopis, 11(1) : 38-41. ; DSA, 26 : 45.
- 124) SIMEK, L., J. TRAVNÍČEK and L. MANDEL (1962) Vet. Casopis, 11(4) : 368-374. ; DSA, 26 : 31.
- 125) SIMKOVA, A. and L. SIMEK (1966) Zivocisna Vyroba, 11(3) : 159-162. ; DSA, 29 : 52.
- 126) SLOAN, R. E., R. JENNESS, A. L. KENYON and E. A. REGEHR (1961) Comp. Biochem. Physiol., 4 : 47-62.
- 127) SMITH, D. M. (1959) New Zealand J. Agr. Res., 2 : 1057-1070.
- 128) SMITH, D. M. (1959) New Zealand J. Agr. Res., 2 : 1071-1083.
- 129) SMITH, D. M. (1960) New Zealand J. Agr. Res., 3 : 598-616.

- 130) SMITH, D. M. (1960) New Zealand J. Agr. Res., 3 : 745-763.
- 131) SMITHWICK, G. A., J. P. VACIK and I. A. SCHIPPER (1967) Am. J. Vet. Res., 28 : 469-474.
- 132) SAKOLOVA, M. K. (1964) Trudy vses. sel'khoz. Inst. Zaoch. Obraz., 17 : 56-60; DSA, 29 : 509.
- 133) SOWLS, L. K., V. R. SMITH, R. JENNESS, R. G. SLOAN and E. REGEHR (1961) J. Mammal., 42 : 245-251.
- 134) SPINCER, J., J. A. F. ROOK and K. G. TOWERS (1969) Biochem. J., 111 : 727-732.
- 135) STEGER, H. (1960) Archiv. Tierzucht. 3 : 568-574.
- 136) STEGER, H. (1961) Archiv Tierzucht, 4 : 199-211.
- 137) STINSON, C. G., J. M. DE MAN and J. P. BOWLAND (1967) J. Dairy Sci., 50 : 572-575.
- 138) SUTEANU, M., E. POLL and E. SUTEANU (1968) Leser. Stünt. Inst. agron. Nicola Balcescu. Ser. C. 9 : 465-471; DSA, 30 : 206.
- 139) TAUCINŠ, E. and A. SVILANE (1966) Latv. PSR Zinat. Akad. Vest., 1966(10) : 71-78; DSA, 29 : 521-522.
- 140) TODOROVSKI, N. (1960-61) God. Zborn. Zemjodelsko-Shumarsk. Fak. Univ. Skopje, Zemjodelstvo, 14 : 197-218; DSA, 26 : 510.
- 141) TOLLERZ, G. and P. LINDBERG (1965) Acta Vet. Scand., 6 : 118-134; DSA, 27 : 510.
- 142) 豊田正武, 山内邦男, 津郷友吉 (1970) 農化 44 : 213-217.
- 143) TRAVUICEK, J. and K. SIMEK (1961) Kostelec nad Orlici: Vyzkumny ustav pro chov prasat. CSA 2 V; DSA, 25 : 83.
- 144) VAN SPAENDONCK, R. L. and F. X. VANSCHOU-BROCK (1964) Anim. Production, 6 : 119-123.
- 145) VETRA, J. (1965) Sb. nauch. Trud. Estonsk. sel-khez. Akad., 1965(43) : 51; DSA, 29 : 306.
- 146) VEUM, T. L., J. T. GALLO, W. G. POND, L. D. VAN VLECK and J. K. LOOSLI (1965) J. Anim. Sci., 24 : 1169-1173.
- 147) VEUM, T. L., W. G. POND and L. D. VAN VLECK (1967) Anim. Production, 9 : 251-253.
- 148) WELLMANN, G., H. LIEBKE and H. ENGEL (1962) Zbl. Bakt., I Orig., 185(2) : 215-229., DSA, 24 : 392.
- 149) WITTER, R. C., J. SPINCER, J. A. F. ROOK and K. G. TOWERS (1970) Brit. J. Nutr., 24 : 269-278.
- 150) WOHLBIER, W. and A. SIEGEL (1967) Arch. Tierernähr., 17 : 257-262.
- 151) WÜNSCHE, J., U. HERMANN and H.-D. BOCK (1967) Nahrung 11 : 331-336.; DSA, 27 : 579.
- 152) 山本藤五郎 (1966) 乳業科学新説 1-15. (同書編集委員会編) 朝倉書店.
- 153) YU, S. M. (1964) Acta Vet. Zootech. Sin., 7 : 245-252; DSA, 29 : 262.
- 154) YUKHNOVETS, R. A. (1968) Vest. sel'skokhoz. Nauki, Mosk. 13 : 139-142; DSA, 31 : 275-276.