

10．日本人女性の母乳中ビオチン，パントテン酸およびナイアシンの含量

分担研究者 渡邊敏明 姫路工業大学 教授

研究要旨

わが国における母乳の水溶性ビタミン含量を明らかにするために，健常授乳婦人から得た母乳のビオチン，パントテン酸およびナイアシンの含量を分析した．母乳の採取は，授乳後 21-89 日間および 90-180 日間で夏季と冬季に採取した．ビオチンおよびパントテン酸は乳酸菌を利用した微生物学的定量法で測定し，ナイアシンは，HPLC 法で測定をした．母乳のビオチン含量は平均 3.8 μ g/100ml とこれまでに報告されている値と比較して低値を示した．パントテン酸の含量は平均 5.0mg/100ml であり，この値は第六次改定で採用された値の約 2 倍の値であった．一方，ナイアシンの含量は，222 μ g/100ml とこれまでの値と比較して，とくに差異は観察されなかった．これらの値は，今後これらのビタミンの栄養所要量を策定するための基礎的なデータとして重要である．

A. 緒言

わが国においては，平成 11 年（1999 年）に第 6 次改定日本人の栄養所要量-食事摂取基準¹⁾が策定された．この改定において，水溶性ビタミン 6 種類およびミネラル 6 種類の所要量がはじめて策定された．ビオチン，パントテン酸およびナイアシンの栄養所要量が算出された．栄養所要量の算出においては，これまでに報告されている多くの栄養疫学調査や出納試験の結果が基礎的なデータとして利用されている．さらに，乳幼児において水溶性ビタミンの栄養所要量を算出するためには，母乳中のビタミン含量が一つの指標として使用されている．

母乳にはタンパク質，炭水化物および脂肪ばかりでなくビタミンやミネラルなどの大部分の栄養素が含まれている．これらの栄養素は，消化，吸収の効率がよく，乳児にとってはバランスの取れた栄養源である．このため，一般に健康な母親の母乳で育てられている乳児には栄養欠乏症はほとんど見られない．これは，母乳には乳児の発育のために必要な栄養素が十分に含まれていることを示している．

第六次改定日本人の栄養所要量-食事摂取基準¹⁾において，乳児におけるビオチン，パントテン酸，およびナイアシンの所要量策定は下記のとおりである¹⁾．母乳のビオチン量は，初乳ではわずかであるが，授乳に伴って徐々に増加し，成熟乳では血清のビオチン量より

も高い値を示している．これまでの各国における報告では，成熟乳のビオチン量は 3.9-12.7 μ g/l の範囲にあり，平均 6 μ g/l である²⁾．この値から乳児におけるビオチン摂取量を 4.5 μ g/日としている．

母乳に含まれるパントテン酸量を分析した報告は多数ある．Song ら³⁾は，初乳に比べて成熟乳のパントテン酸量が高いことを示している．母乳のパントテン酸量は，1.4-6.7mg/l とばらつきがあるが，英国では概ね 2.2-2.7mg/l の範囲にある．わが国の成熟乳のパントテン酸量は 2.1-3.5mg/l である．これらの値から母乳のパントテン酸量を 2.4mg/l とし，所要量を 1.8mg/l としている．

母乳のナイアシン含量は 0.2mg/100g (0.21mg/dl)，トリプトファンの含量は 15mg あるいは 21mg/100g (15.5mg あるいは 22mg/dl) と報告されている²⁾．乳児におけるトリプトファン-ナイアシン転換率の研究は見あたらない．実験動物のデータに基づき，乳児ではトリプトファンからナイアシンの供給はないものとして，乳児の所要量はナイアシン量として 2mg としている．

このようにこれらのビタミンの所要量の策定においては，十分な検討がなされているとは云えない．とくに日本人を対象としたデータはほとんどなく，食生活が異なる欧米人でのデータを用いて，わが国の栄養所要量を策定している．そこで，著者らは，わが国の授乳婦から採取した母乳を利用して，水溶性

ビタミン含量を分析した．今回はこれまでにまとまっているデータの一部を報告する．

B. 実験方法

1. 被験者

1998年7月-9月(夏季)および1998年12月-1999年3月(冬季)に日本全国47都道府県で4,234検体の母乳が授乳中の母親から提供され、凍結保存された．このうち、授乳婦の条件として、喫煙習慣がないこと、ビタミン剤を服用していないこと、食べ物の好き嫌いがないこと、母乳採取時の年齢が40歳未満、また、乳児の条件として、出生児体重が2,500g以上、アレルギーの既往のないこと、を分析試料の条件とした．

対象者にはあらかじめ研究の趣旨を説明し、協力を依頼、口頭で同意を得た．研究の遂行にあたっては、すべてヘルシンキ宣言に従って行なった．

2. 母乳採取

母乳を、泌乳期別に泌乳1-5日、6-10日、11-20日、21-89日、90-179日、180-365日に分類した．これらの試料のうち泌乳21-89日と90-179日の母乳を測定対象とし、夏季および冬季の試料が同数となるように、また母乳量がなるべく多いものを選定した．

選定された母乳試料は、泌乳21-89日(夏季)22検体、(冬季)21検体、泌乳90-179日(夏季)18検体、(冬季)17検体、総計78検体であった．なお、凍結保存された検体は、分配するために解凍され、超音波処理により均一化した．分配された検体は、それぞれのビタミン分析の直前まで凍結保存しておいた．

3. ビオチンの分析

採取したサンプルに1/15Mリン酸緩衝液を加えたものを測定用試料とした．試料は4.5N硫酸溶液で120分1時間加水分解し、4.5N水酸化ナトリウム溶液で中和した後に、ビオチン量を測定した．これを総ビオチン量とした．ビオチンの分析は、乳酸菌 *Lactobacillus plantarum* ATCC8014 を用いた微生物学的定量法の一つである比濁法に従った⁴⁾⁵⁾．試料のビオチン量は、 $\mu\text{mol/L}$ および ng/mL として表した．

4. パントテン酸の分析

母乳100 μl に10 IU/ml のホスファターゼ (Alkaline from calf intestine, SIGMA P7923) 溶液 (50 mM Tris-HCl, pH 8.3 に溶解) を50 μl , ハト肝アセトンパウダー (Liver acetone powder from pigeon, SIGMA L8376) より、調製したパントテン酸フリーアミダーゼ溶液

(Fig. 1 を参照) 50 μl , 15 $\mu\text{g/mL}$ 還元型グルタチオン溶液 (50 mM Tris-HCl, pH 8.3 に溶解) を加えた．この混合液を37℃で2時間インキュベーションを行うことで、CoA、ホスホパンテテイン、パンテテインを遊離型のパントテン酸とした．反応を止めるために、2.25 ml の50 mM KPB (pH 7.0) を加え、さらに、100℃の熱湯中に、反応管を5分間放置した．氷中で5分以上放置して、十分に冷却した後、10,000 $\times g$ で5分間遠心分離を行った．その結果得られた上清を適当に水にて希釈して、*Lactobacillus plantarum* ATCC 8014 を検定菌として、微生物学的に定量を行った．

5. ナイアシンの分析

採取したサンプル150 μl に20 $\mu\text{g/mL}$ イソニコチンアミド溶液1350 μl を加え、オートクレーブにて121℃、10分間加熱した．遠心上清1.2 ml に70%過塩素酸70 μl を加えてよく混合し、遠心上清1 ml を測定用試料とした．測定用試料1 ml に炭酸カリウムを1.2 g 加えた後、ジエチルエーテル10 ml で抽出し、乾固させた抽出物を水0.5 ml に溶解させた．HPLCを用いてニコチンアミド量を測定し⁶⁾、総ニコチンアミド量をナイアシン量とした．

6. 統計学的解析

母乳に含まれるそれぞれのビタミン含量は、スチューデント t 検定およびノンパラメトリックのマン・ホイットニー U 検定を用いて、2群間の比較を行った．有意確率が $p < 0.05$ の場合、有意な差異があると判定した．統計学的解析には、すべて総計パッケージ Statview Ver.5.5 を用いて行った．

C. 結果

1. ビオチン

母乳に含まれるビオチンの分析結果をまとめたものがTable 1である．分析した78名の母乳のビオチン含量は、全体で平均すると $3.87 \pm 1.31 \text{ ng/mL}$ ($15.9 \pm 5.3 \text{ pmol/mL}$) であった．さらに母乳の採取時期で比較すると、授乳21-89日の成熟乳では $4.09 \pm 1.53 \text{ ng/mL}$ ($16.7 \pm 6.3 \text{ pmol/mL}$) であるのに対して、授乳90-179日の成熟乳では $3.61 \pm 0.92 \text{ ng/mL}$ ($14.8 \pm 3.8 \text{ pmol/mL}$) と低値ではあったが、有意な差異は認められなかった．また夏季と冬季で比較しても、母乳ビオチン含量に相違は見られなかった．

2. パントテン酸

Table 2 は母乳中に含まれるパントテン酸の分析結果をまとめたものである．分析した総パントテン酸含量は、全体で平均すると $24.16 \pm 5.98 \text{ nmol/mL}$ ($5.30 \pm 1.44 \text{ }\mu\text{g/mL}$) で

あった。さらに、母乳の採取時期で比較すると、授乳 21-28 日の成熟乳では 26.30 ± 6.59 nmol/ml (5.76 ± 1.44 μ g/ml) であるのに対して、授乳 90-179 日の成熟乳では 21.55 ± 5.54 nmol/ml (4.72 ± 1.21 μ g/ml) と有意に低値を示した。一方、夏季と冬季における差異は、授乳期間に関わらず有意な差異は認められなかった。母乳中における遊離型と補酵素型の割合は Table 2 に示したように、遊離型が約 7 割、補酵素型が約 3 割の比率で存在していた。

母乳中の総パントテン酸含量を測定するには、補酵素型を遊離型にする前処理が必要である。この方法に関して、二通りの方法が報告されているので、この二つの前処理方法によって、同じ母乳中の総パントテン酸含量に差異が認められるか否かを検討した。その結果は、Table 3 に示したように、パパイン・ジアスターゼ前処理法の場合の総パントテン酸含量は 16.42 ± 1.82 nmol/ml (3.6 ± 0.4 μ g/ml, $n=7$) であったのに対し、アミダーゼ・ホスファターゼ前処理法では 21.44 ± 3.19 nmol/ml (4.7 ± 0.7 μ g/ml, $n=7$) であり、アミダーゼ・ホスファターゼ前処理法の方が有意に高い値を示した。遊離型のパントテン酸含量は、Table 3 に示した様に、両方法には差異は認められなかった。一方、母乳中に補酵素型として含まれていると推定されるパントテン酸量は Table 3 に示したように、パパイン・ジアスターゼ前処理法が顕著に低い値を示した。

パパイン・ジアスターゼ前処理法：母乳 1 ml に蒸留水 9 ml を加えオートクレーブにて 121°C 、10 分間加熱後、冷却。ジアスターゼ(和光純薬株) 20 mg、パパイン(和光純薬株) 20 mg、2.5 M 酢酸ナトリウム溶液を 0.4 ml 添加し攪拌した後、1 N 塩酸で pH 4.5 に調整し 37°C 、18 時間保温。その後 100°C 湯浴中 10 分間加熱し、冷却後 10 % メタリン酸溶液 60 μ l を加え、1N 水酸化ナトリウム溶液で pH 6.8 に調整。濾過後、蒸留水で 20 ml とし、微生物定量法に供す。

3. ナイアシン

Table 4 に母乳中のナイアシン含量を測定した結果を示した。分析した 78 名の母乳中のナイアシン濃度の平均は 18.2 ± 5.3 nmol/ml (2.22 ± 0.65 μ g/ml) であった。授乳 21-89 日の成熟乳では 19.1 ± 5.7 nmol/ml (2.33 ± 0.70 μ g/ml)、授乳 90-179 日の成熟乳では 17.2 ± 4.6 nmol/ml (2.10 ± 0.57 μ g/ml) であり、母乳の採取時期による相違は認められなかった。また、

夏季と冬季で比較しても、母乳ナイアシン含量に相違は認められなかった。

D. 考察

1. ビオチン

これまでに報告された本邦および欧米の母乳ビオチン含量をまとめたものが Table 5 である。まず母乳中のビオチンの生物有効性を知るために、Heard ら⁷⁾は、母乳を限外濾過膜にかけてビオチンの存在状態について検討した。母乳を無処理、酸加水分解処理あるいは限外濾過した後に放射化学分析によってビオチンを定量した。この結果、母乳のビオチン濃度は平均 20.3 ± 2.0 ng/ml であり、限外分子量 500Da の膜をとおしても、無処理および加水分解処理した母乳ビオチンの 99% 以上のビオチンが回収された。このようなことから、母乳中のビオチンはタンパク質とは結合せずに、乳児に利用され易い状態で存在していることを示唆している。

Hood と Johnson⁸⁾は、同位体希釈法を利用して、母乳を酸加水分解した後にビオチン量を分析した。分娩後の母乳中ビオチン量の変化を見ると、分娩後 1 日目では 295 ± 37 ng/100ml であるのに対して、7 日目および 49 日目では 681 ± 58 ng/100ml および 1246 ± 81 ng/100ml と増加がみられた。このように初乳に比べ、成熟乳では高いビオチン濃度である。一方、授乳婦に 1 日あたり 3mg のビオチンサプリメントを与えると、摂取 5 日後および 10 日後には成熟乳中のビオチン量が 20-30 倍に増加した。10 日後でのビオチン増加量は 46μ g/100ml で、泌乳量を 1 日あたり 780ml とするとビオチン分泌量は 358 μ g/日となり、これはビオチンサプリメントの 12% に相当する。なお尿中ビオチン排泄量もビオチンサプリメント摂取 10 日後には 16 倍に増加していた。

ビオチンの定量法として一般的に乳酸菌による微生物学的定量法が使用されている。この方法で、Goldsmith ら⁹⁾は母乳を酸加水分解した後にビオチン量を pH4.5 で測定している。母乳のビオチン含量は、放射化学分析法と比べ低値であるが、初乳期、移行期、成熟期でそれぞれ平均 0.07、0.3、0.47 μ g/100ml と増加している。Ford ら¹⁰⁾の報告でも、満期産(39 週以降)の母乳をみると、0.21、2.21、5.33 ng/ml と泌乳時期に伴って増加している。なお早期産(29-34 週)の母乳でビオチン濃度にも大きな違いは見られていない。さらに出産後 10 日から 6 ヶ月の間に得た成熟乳でも、ビオチン含量は 0.87 ± 0.42 μ g/100g であっ

た¹¹⁾。

Hirano ら¹²⁾は、日本人授乳婦を対象にして、微生物学定量法の 1 つであるプレート法¹¹⁾で母乳ビオチン量を分析している。この結果でも、これまでの結果と同様に、泌乳時期に従ってビオチン量が増加している。35 名の成熟乳のビオチン含量は平均 $5.2 \pm 2.1 \text{ ng/ml}$ と欧米の報告と比べて差異は認められない。また、これらの報告は、乳酸菌を用いて測定したものであるが、測定法の違いによる差異は認められない。なお、遊離型ビオチンの割合が、初乳、移行乳および成熟乳でそれぞれ 53.9, 64.0, 77.2%と増加しているが、これは Heard ら⁷⁾の結果とは異なり、今後の検討が必要である。

ビオチン定量の前処理として、ビオチンを遊離型にするため一般に強酸性溶液による酸加水分解が用いられているが、Salmenpera ら¹⁴⁾はパパイン処理を用いている。母乳では、出産後 5 日間ではほとんどの授乳婦でビオチンは認められなかった。しかし、出産 2 ヶ月後ではビオチン量は $4.5 \mu\text{g/l}$ に増加し、これ以降では変化は見られず一定である。また母乳中のビオチン量と血漿中のビオチン量との間には有意な関連が認められている。以上のように、これまでの報告では、初乳ではビオチン濃度は多くの場合 $0.1 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 以下である。しかし、移行乳から成熟乳へと増加し、成熟乳での総ビオチン含量は平均で約 $0.5 \mu\text{g}/100\text{ml}$ である。このように母乳中のビオチン量は、初乳に比べて成熟乳で高値を示している。また、人種差は認められず食生活による影響はあまりないものと考えられる。一致した結果が得られていないが、ビオチンの一部はタンパク質と結合しているものと思われる。

今回測定した母乳ビオチン含量については、平均 $3.9 \mu\text{g/ml}$ であった。採取時期や季節によって大きな差異は認められなかった。しかしながら、これまでに報告されている成熟乳のビオチン含有量と比べ低値を示している。この相違については明らかではない。なお、血清中のビオチン濃度は季節によって変動することが報告されている¹⁵⁾が、母乳では季節変動はみられず、夏季と冬季での摂取している食事には影響されないことが示唆される。

ビオチンは、第六次改定日本人の栄養所要量 - 食事摂取基準 - において、栄養所要量がはじめて策定された¹⁾。0-5 ヶ月の乳児で、 $5 \mu\text{g}/\text{日}$ 、6-11 ヶ月の乳児で $6 \mu\text{g}/\text{日}$ とされた。

しかしながら、平成 12 年 (2002 年) に改訂された五訂日本食品標準成分表にはビオチンは収載されていない。また平成 15 年 (2003 年) に食品添加物として認可されたが、使用が栄養機能食品に限られている。つまり食品や調製粉乳への添加はいまだに許可されていない。

わが国の調製粉乳に含まれる総ビオチン量は、一般調製粉乳、いわゆる育児用およびフォローアップ粉ミルクでは平均 $1.04 \mu\text{g}/100\text{kcal}$ であり、治療用特殊ミルクでは平均 $0.40 \mu\text{g}/100\text{kcal}$ である¹⁶⁾。これは、分析数は少ないが、米国の粉ミルクのビオチン含量 $2.3 \mu\text{g}/100\text{kcal}$ 、米国小児科学会 (AAP) および FAO/WHO の推奨値 $1.5 \mu\text{g}/100\text{kcal}$ に比較して低値である¹⁷⁾¹⁸⁾。

わが国における人工栄養児のビオチン摂取量を推定すると、1 日に 750ml の粉ミルクを摂取した場合に、一般調製粉乳では平均 $5.2 \mu\text{g}/\text{日}$ となる。もっともビオチン含量が少ない粉ミルクの場合には $2.3 \mu\text{g}/\text{日}$ である。一方、治療用特殊ミルクの場合には、平均で $2.3 \mu\text{g}/\text{日}$ 、もっともビオチン含量が少ないミルクではわずかに $0.2 \mu\text{g}/\text{日}$ である¹⁶⁾。治療用特殊ミルクを使用していた乳児で、ビオチン欠乏症が発症した症例のビオチン摂取量は $0.75 \mu\text{g}$ および $0.4 \mu\text{g}/\text{日}$ と、わが国の乳児の所要量と比べ、著しく低値であった¹⁹⁾⁻²¹⁾。

このためビオチン含量が少ない調製粉乳、とくに治療用特殊ミルクを与えられている乳児で、ビオチン欠乏症の誘発が報告されている。今後、乳幼児において、とくに食事管理が必要とされている患者のビオチン摂取量について注意が必要であろう。

2. パントテン酸

第六次改定日本人の栄養所要量 - 食事摂取基準 - では、井戸田ら²²⁾の日本人の母乳中のデータを尊重し、 $0.24 \text{ mg}/100 \text{ ml}$ という採用されている¹⁾。一方、五訂日本食品標準成分表では、この表を編集した科学技術庁資源調査会独自のデータから $0.5 \text{ mg}/100\text{g}$ の値が採用されている。この両者の値の違いは、母乳中の総パントテン酸を測定するために行う前処理方法の違いに起因しているものと思われる。井戸田ら²²⁾は、母乳をパパイン・ジアスターゼ前処理法で行っている。一方、五訂日本食品標準成分表に示されている数値の前処理方法は、本論文で示した方法のアミダーゼ・ホスファターゼ法である。

そこで、補酵素型パントテン酸処理方法の違いによる母乳中パントテン酸含量測定値

への影響を調べるため、ハト肝臓由来アミダーゼ・牛小腸ホスファターゼ法とパパイン・ジアスターゼ法を行った。その結果は Table 3 に示した通りであるが、アミダーゼ・ホスファターゼ法の結果がパパイン・ジアスターゼ法より高い値を示した。Table 3 に示したように、パパイン・ジアスターゼによる前処理法は、母乳中の補酵素型パントテン酸に対しては、有効な方法ではないことが明らかとなった。したがって、日本人の母乳中の総パントテン酸含量としては、著者らが Table 3 に示した値と五訂日本食品標準成分表の値から、 $5.0\mu\text{g/ml}$ が妥当であると判断した。

事実、Johnson ら²³⁾も、著者らが用いている方法と同じ方法で測定した結果、 $6.70\mu\text{g/ml}$ という値を報告している。一方、パパイン・ジアスターゼ法で測定した Picciano ら²⁴⁾は、 $2.2\text{--}2.5\mu\text{g/ml}$ という値を報告している。

著者らの結果では、21-89 日に得られた人乳と 90-179 日に得られた人乳の間で有意な差異が認められたが、彼らの報告では差異は報告されていない。井戸田ら²²⁾の報告では、分娩後 3-30 日乳では $36\mu\text{g/ml}$ 程度、31-240 日乳では $28\mu\text{g/ml}$ 程度であり、差異が認められている。これが、日本人と米国人による差異か、食生活による差異かは今後機会があれば明らかにしたい。なお、Song ら³⁾は、早産の授乳婦の総パントテン酸含量は、満期出産の授乳婦よりも高い値を示したと報告している。しかしながら、早期出産あるいは満期出産においても、初期乳と成熟乳との間に、総パントテン酸含量に差異は認められなかったと報告している。

わが国の調製粉乳に含まれる総パントテン酸量は、ある会社の資料によれば²⁵⁾、一般調製粉乳で、製品 100g 当たり $2000\mu\text{g}$ ($400\mu\text{g}/100\text{ kcal}$ 、あるいは 14%調乳液 100 ml 当たり $280\mu\text{g}$) である。この人工乳を 1 日 750 ml 飲むと、 2.1mg /日のパントテン酸が摂取できることになる。この値は、第六次改定日本人の栄養所要量の値 ($1.8\text{mg}/\text{日}$) にほぼ相当する。しかしながら、もし、第七次改定で、 $5.0\mu\text{g/ml}$ という値が採用されれば、乳児 (0~5 ヶ月) のパントテン酸所要量は $3.5\text{ mg}/\text{日}$ 程度の値となるであろうと推定される。そのようになれば、調製粉乳中のパントテン酸含量は増加させる必要があるであろう。しかしながら、従来の調製粉乳を飲んでいた人工栄養児で、パントテン酸欠乏が生じたという報告は見あたらない。これは、エネルギー代謝、特に脂肪酸代謝に必須であるパントテン

酸が欠乏しないように、内的にも外的にも守られる防御調節機構があることに起因しているものと思われる。事実、成人では、パントテン酸をほとんど含まない食事を 9 週間連続投与しても、欠乏症状が認められなかったことが報告されている²⁶⁾。

結論として、日本人の母乳中の総パントテン酸含量の値としては、 $5.0\mu\text{g/ml}$ が妥当である。

3. ナイアシン

Table 6 は、これまでに報告されている母乳中のナイアシン含量についてまとめたものである。Ford ら¹⁰⁾は、イギリス人授乳婦 18-24 名を対象として、微生物学的定量法により母乳ナイアシン含量を分析した。分娩後の母乳ナイアシン含量の平均値は、分娩後 1-5 日では $0.50\mu\text{g/ml}$ 、6-15 日では $1.42\mu\text{g/ml}$ 、16-244 日では $1.82\mu\text{g/ml}$ と増加が見られた。

井戸田ら²¹⁾は、日本人授乳婦を対象として、HPLC 法により母乳ナイアシン含量を調べている。母乳ナイアシン含量の平均値は、授乳 3-5 日で $0.7\mu\text{g/ml}$ 、授乳 6-10 日で $0.12\mu\text{g/ml}$ 、授乳 11-15 日で $2.4\mu\text{g/ml}$ 、31-60 日で $2.3\mu\text{g/ml}$ 、61-120 日で $1.9\mu\text{g/ml}$ 、121-240 日で $1.8\mu\text{g/ml}$ であった。Ford ら¹⁰⁾の報告と同様に、母乳ナイアシン含量は初乳から移行乳、成乳へと増加し、成乳では一定のレベルを保つことを示している。

一般に食品中のナイアシン含量を測定する場合は、酸性溶液中で試料をオートクレーブ処理し、*Lactobacillus plantarum* ATCC 8014 を用いた微生物学的定量法に供する。穀類にはタンパク質や糖質と結合した結合型ナイアシンが多く存在しており、微生物が利用できるよう結合型ナイアシンを遊離型のニコチン酸にするための操作である。ヒトでは摂取したニコチン酸は、補酵素型である NAD を介して、すぐにニコチンアミドに転換され、またヒトはニコチン酸→ニコチンアミド反応がきわめて弱いいため、母乳中のナイアシンはニコチンアミドあるいは NAD、NADP として存在する。微生物学的定量法を用いた Ford ら¹⁰⁾の報告と HPLC 法を用いた井戸田ら²²⁾の報告とを比較すると、測定法の違いによる差異は認められない。本研究では、オートクレーブ処理により NAD および NADP をニコチンアミドに分解し、HPLC を用いてニコチンアミド量を測定し、総ニコチンアミドをナイアシン量とした。

今回測定した母乳ナイアシン含量は平均 $2.22\mu\text{g/ml}$ であり、日本人を対象とした 2.3

μg/ml²²⁾、イギリス人を対象とした 1.82 μg/ml¹⁰⁾とほぼ同値であった。分娩後 21-89 日では 2.33 μg/ml、90-179 日では 2.10 μg/ml であり、採取時期による変動は認められなかった。また、季節変動も認められなかった。食事が母乳ナイアシン含量におよぼす影響については不明であるが、母乳ナイアシン含量は生活習慣や季節に関係なく一定値を示すことが示唆される。本研究では、オートクレーブ処理を行わずにニコチンアミド含量を測定することにより母乳中の遊離ニコチンアミド量を測定したところ、その値は総ニコチンアミド量の約 20%を示した（未発表）。この結果は、母乳中のナイアシンは主に補酵素型である NAD あるいは NADP として存在することを示唆するものである。成人では食品中の NAD あるいは NADP は消化時にニコチンアミドに分解され、ニコチンアミドが小腸で受動拡散によって吸収される。しかし、乳児における NAD あるいは NADP の消化吸収に関する報告は見当たらず、乳児が母乳中の NAD あるいは NADP をどの程度利用しているのかは不明である。

第六次改定日本人の栄養所要量 - 食事摂取基準 - ¹⁾では、四訂日本食品標準成分表 ²⁷⁾に記載された 2.1 μg/ml (0.2 mg/100 g) を母乳ナイアシン含量として採用している。0-5 カ月の乳児ではトリプトファンからナイアシンの供給はなく、母乳量 750 ml として、0-5 カ月の乳児の所要量を 2 mg としている。米国・カナダでは、Ford ら ¹⁰⁾の報告に基づいて 1.8 μg/ml を採用し、トリプトファンからナイアシンの供給はなく、母乳量 780 ml として、0-6 カ月の乳児の所要量を 2 mg としている ²⁾。

わが国の調製粉乳に含まれるナイアシン量は、一般調製粉乳、いわゆる育児用およびフォローアップ粉ミルクでは 4.6-8.4 μg/ml である。わが国における人工栄養児のナイアシン摂取量を推定すると、1 日に 750 ml を摂取した場合、3.4-6.3 mg/日となる。この値は日本および米国・カナダの所要量を上回るものであり、この量の調製粉乳を摂取した人工栄養児にナイアシン欠乏症が見られたという報告は見当たらない。

E. 文献

- 1) 厚生省 (1999) 第六次改定日本人の栄養所要量-食事摂取基準- 平成 11 年 6 月
- 2) Institute of Medicine (1998) Dietary Reference Intakes for Thiamin, Riboflavin, Niacin, Vitamin B₆, Folate, Vitamin B₁₂,

- Pantothenic acid, Biotin, and Choline. National Academy Press, Washington DC
- 3) Song WO, Chan GM, Wyse BW, Hansen RG (1984) Effect of pantothenic acid status on the content of the vitamin in human milk. *Am J Clin Nutr* 40, 317-324
- 4) Wright LD, Skeggs HR (1944) Determination of biotin with *Lactobacillus arabinosus*. *Proc Soc Exp Biol Med* 56, 95-98
- 5) Baker H, Sobota H (1962) Microbiological assay methods for vitamins. *Ad Clin Chem* 5, 173-235
- 6) Shibata K, Kawada T, Iwai K (1988) Simultaneous micro-determination of nicotinamide and its major metabolites, *N*¹-methyl-2-pyridone-5-carboxamide and *N*¹-methyl-3-pyridone-4-carboxamide, by high-performance liquid chromatography. *J Chromatogr* 424, 23-28
- 7) Heard GS, Redmond JB, Wolf B (1987) Distribution and bioavailability of biotin in human milk. *Fed Proc* 46, 897 (Abstract)
- 8) Hood RL, Johnson AR (1980) Supplementation of infant formulations with biotin. *Nutr Rep Internat* 21, 727-731
- 9) Goldsmith SJ, Eitenmiller RR, Feeley RM, Barnhart HM, Maddox FC (1982) Biotin content of human milk during early lactational stages. *Nutr Res* 2, 579-583
- 10) Ford JE, Zechalko A, Murphy J, Brooke OG (1983) Comparison of the B vitamin composition of milk from mothers of preterm and term babies. *Arch Dis Child* 58, 367-372
- 11) Friend BA, Shahani KM, Long CA, Vaughn LA (1983) The effect of processing and storage on key enzymes, B vitamins, and lipids of mature human milk I. Evaluation of fresh samples and effects of freezing and frozen storage. *Pediatr Res* 17, 61-64
- 12) Hirano M, Honma K, Daimatsu T, Hayakawa K, Oizumi J, Zaima K, Kanke Y (1992) Longitudinal variations of biotin content in human milk. *Internat. J Vit Nutr Res* 62, 281-282
- 13) Fukui T, Iinuma K, Oizumi J, Izumi Y (1994) Agar plate method using *Lactobacillus plantarum* for biotin determination in serum and urine. *J Nutr Sci Vitaminol* 40, 491-498
- 14) Salmenpera L, Perheentupa J, Pispä JP, Siimes MA (1985) Biotin concentrations in maternal plasma and milk during prolonged lactation. *Internat J Vit Nutr Res* 55, 281-285
- 15) 渡辺敏明, 櫻田京子, 安井顕一, 若林一郎, 渡辺孝男, 辻一郎, 久道茂 (1999) 地域住民における B 群ビタミンの栄養状態に関する検討. 東北公衆衛生 48, 23 (抄

録)

- 16) Watanabe T, Fukui T (1988) Low biotin content of infant formulas made in Japan. *Food Add Contam* 15, 619-625
- 17) American Academy of Pediatrics, Committee on Nutrition (1976) Commentary on breast-feeding and infant formulas, including proposed standards for formulas. *Pediatr* 57, 278-285
- 18) Joint FAO/WHO Food Standard Programme, Codex Alimentarius Commission (1994) Codex standard for infant formula. *CODEX STAN* 72-1981 (amended 1983, 1985, 1987) 4, 17-24
- 19) 樋口隆造, 水越真理, 小山佳紀, 重里敏子, 西本幸弘, 中西直之, 小池通夫 (1996) アミノ酸調製粉末によるビオチン欠乏症の2例. 日本小児科学会雑誌 100, 1908-1912
- 20) 高野裕子, 梅林典子, 廣瀬伸一, 渡辺敏明, 吉田一郎, 満留昭久 (1998) 特殊調製乳(S22)による栄養中にビオチン欠乏症を呈したメチルマロン酸血症の乳児例. 日本先天代謝異常学会 14, 218 (抄録)
- 21) 阿部博紀, 金沢正樹, 大竹明, 新美仁男, 佐藤好範, 山本重則, 柿沼宏明, 山口昭弘, 福土勝 (1991) アミノ酸調製粉末(605Z)によると思われるビオチン欠乏症の1例. 日本先天代謝異常学会 7, 172 (抄録)
- 22) 井戸田正, 菅原牧裕, 矢賀部隆史, 佐藤則文, 前田忠雄 (1996) 最近の日本人乳組成に関する全国調査(第10報)-水溶性ビタミン含量について-. 日本小児栄養消化病学会雑誌 10, 11-20
- 23) Johnson L, Vaughan L, Fox HM (1981) Pantothenic acid content of human milk. *Am. J. Clin. Nutr* 34, 2205-2209
- 24) Picciano MF (1995) Vitamins in milk. Water-soluble vitamins in human milk. *Handbook of Milk Composition*, Academic Press
- 25) ソフトカード明治コナミルク「ほほえみ」の組成
- 26) Fry PC, Fox HM, Tao HG (1976) Metabolic response to a pantothenic acid deficiency diet in humans. *J Nutr Sci Vitaminol* 22, 339-346
- 27) 科学技術庁資源調査会 (1989) 四訂日本食品標準成分表, 15版 平成元年

Acetone powder (Liver acetone powder from pigeon, SIGMA L8376) 0.5 g を秤量瓶に入れ、回転子を入れ氷冷

↓←10 倍量の 0.02 M KHCO_3 を入れる (5 ml)

静かに攪拌

↓ 10,000×g, 5 min

上清 (3.2 ml)

↓←3.2g の Dowex 1 (Cl^-) * を加える

↓ 10,000×g, 5 min

上清 (3.2ml) をアミダーゼ溶液として使用

* 活性化した Dowex 1 (Cl^-) けん濁液を濾紙を用いてろ過する。濾紙上の Dowex 1 (Cl^-) を 3.2g 計量する。

Fig. 1 アミダーゼ溶液の調製方法

Table 1. The content of total biotin in human milk

分類	サンプル数	総ビオチン量	
		(pmol/ml)	(ng/ml)
全母乳	78	15.9 ± 5.3 ^a	3.87 ± 1.31
21-89日成熟乳	43	16.7 ± 6.3	4.09 ± 1.53
夏季採取	22	16.1 ± 5.0	3.94 ± 1.22
冬季採取	21	17.4 ± 7.4	4.25 ± 1.81
90-179日成熟乳	35	14.8 ± 3.8	3.61 ± 0.92
夏季採取	18	13.9 ± 3.9	3.39 ± 0.94
冬季採取	17	15.7 ± 3.5	3.84 ± 0.86

^amean ± SD.

Table 2. The content of pantothenic acid in human milk

分類	サンプル数	パントテン酸量(nmol/ml)		
		総量	遊離型	補酵素型
全母乳	78	24.16 ± 6.55 ^a	17.77 ± 5.98	6.46 ± 5.36
21-89日成熟乳	43	26.30 ± 6.59	18.44 ± 7.17	7.87 ± 4.66
夏季採取	22	26.98 ± 5.83	17.32 ± 7.18	9.68 ± 4.16
冬季採取	21	25.58 ± 7.37	19.61 ± 7.13	5.97 ± 4.48
90-179日成熟乳	35	21.55 ± 5.54	16.95 ± 4.02	4.73 ± 5.71
夏季採取	18	20.24 ± 4.60	17.20 ± 4.62	3.29 ± 3.79
冬季採取	17	22.94 ± 6.23	16.69 ± 3.40	6.26 ± 7.02

^amean ± SD.

Table 3. The difference of total pantothenic acid content in human milk by the pre-treatment

母乳	パントテン酸量		
	総量	遊離型	補酵素型
アミダーゼ・ホスファターゼnmol/ml 前処理去	21.44 ± 3.19 ^{a*}	17.34 ± 1.37	3.19 ± 4.10 [*]
μg/ml	4.7 ± 0.7 [*]	3.8 ± 0.3	0.7 ± 0.9 [*]
パピイン・ジアスターゼ前nmol/ml 処理去	16.42 ± 1.82	15.97 ± 1.82	0.46 ± 0.91
μg/ml	3.6 ± 0.4	3.5 ± 0.4	0.1 ± 0.2

^amean ± SD(n = 7).^{*}p < 0.05.

Table 4. The content of total nicotinamide in human milk

分類	サンプル数	総ニコチンアミド濃度	
		(nmol/ml)	(μ g/ml)
全母乳	78	18.2 $\pm$ 5.3 ^a	2.22 $\pm$ 0.65
21-89日成熟乳	43	19.1 $\pm$ 5.7	2.33 $\pm$ 0.70
夏季採取	22	20.5 $\pm$ 5.4	2.50 $\pm$ 0.66
冬季採取	21	17.6 $\pm$ 5.8	2.14 $\pm$ 0.71
90-179日成熟乳	35	17.2 $\pm$ 4.6	2.10 $\pm$ 0.57
夏季採取	18	18.4 $\pm$ 4.9	2.24 $\pm$ 0.59
冬季採取	17	15.9 $\pm$ 4.2	1.94 $\pm$ 0.51

^amean $\pm$ SD.

Table 5. List of the biotin content in human milk

文献	母乳ビオチン量 (μg)	授乳期	授乳日数	分析法
Hood and Johnson, '80	0.295/100ml	初乳	1日	同位体希釈法
	1.246	成熟乳	49日	
Goldsmith et al., '82	0.07/100g	早期移行乳	3-8日	微生物学的定量法(比濁法)
	0.3	移行乳	10-14日	
	0.47	成熟乳	30-47日	
Ford et al., '83	0.021/100ml	初乳	1-5日	微生物学的定量法(比濁法)
	0.22	移行乳	6-15日	
	0.533	成熟乳	1-244日	
Friend et al., '83	0.87/100g	成熟乳	10日-6ヶ月	微生物学的定量法(比濁法)
Heard et al., '87	2.03/100ml	蓄積母乳		放射化学的定量法
Salmenpera et al., '85	n.d./100ml	出産後	<5日	微生物学的定量法(比濁法)
	0.45 (n.d.-2.7)	授乳	2ヶ月	
	nd-1.8	授乳	6ヶ月	
	0.18-1.0	授乳	9ヶ月	
Hirano et al., '92	0.08/100ml	初乳	<5日	微生物学的定量法(プレート法)
	0.18	移行乳	6-14日	
	0.52	成熟乳	15-24日	
Present study '04	0.41/100ml	成熟乳	21-89日	微生物学的定量法(比濁法)
	0.36	成熟乳	90-179日	

Table 6. List of the niacin content in human milk

文献	母乳ナイアシン量 (μg/ml)	授乳期	授乳日数	分析法
Ford et al, '83	0.50	初乳	1-5日	微生物学的定量法
	1.42	移行乳	6-15日	
	1.82	成熟乳	1-244日	
Idota et al, '96	0.70	初乳	3-5日	HPLC法
	1.2	移行乳	6-10日	
	2.4	移行乳	11-15日	
	2.6	成熟乳	16-30日	
	2.3	成熟乳	31-60日	
	1.9	成熟乳	61-120日	
	1.8	成熟乳	121-240日	
	1.7	成熟乳	241-482日	
	2.33	成熟乳	21-89日	
Present study '04	2.10	成熟乳	90-179日	HPLC法

・ 分担研究者・研究協力者の報告書

1 1 . わが国の食品に含まれるビオチン量の分析

分担研究者 渡邊 敏明 姫路工業大学 教授

研究要旨

ビオチンは、種々の食品に広く分布している。しかし、ビオチンは、五訂日本食品標準成分表には収載されておらず、食品中の含量をはじめとして、食品中での存在状態、調理や加工による変化、生体内における利用率についてなど、ほとんど明らかにされていない。そこで、日常的に摂取している代表的な 100 食品について、食品中のビオチン含有量を分析し、諸外国の食品中ビオチン量と比較検討した。この結果、食品によって、ビオチン含量や遊離ビオチン率に大きな相違がみられ、生物有効性に差異のある可能性が示唆された。また、鶏卵では、卵黄中の遊離ビオチン率が高値を示し、卵黄がビオチンの供給源として有用な食品であることが示唆された。なお、家禽の卵黄には多量のビオチンが存在したが、魚卵のビオチン濃度は低値であった。これは、加工処理後の残存率が低い可能性もあり、今後検討が必要である。一方、デンマークやカナダの食品成分表には、それぞれ約 100 種類の食品のビオチン量が示されている。これらのビオチン含量については大きな相違は認められず、わが国においてこれらの食品のビオチン含量も利用が可能である。

A . 目的

ビオチンは水溶性ビタミンの一つで、カルボキシラーゼの補酵素として、糖新生、アミノ酸代謝および脂肪酸合成などに関与している。このため、ビオチンが欠乏するとエネルギー代謝や種々の生理機能が障害される。鳥類や哺乳動物においては、ビオチンが胚に発育や形態形成にも重要な役割を果たしている。また、最近、ビオチンが皮膚疾患や糖尿病と係わっていることが示唆されている。

ビオチンは、種々の食品に広く分布しており、特に、穀類、レバー、卵黄、ナッツ類などの食品に多く含まれている¹⁾。2003 年には、食品添加物として栄養機能食品に利用することが可能になった。しかし、ビオチンは、いまだ五訂日本食品標準成分表には収載されておらず、食品中の含量をはじめとして、食品中での存在状態、調理や加工による損失や変化、生体内における利用率など、ほとんど明らかにされていない。また、ビオチンは、腸内細菌叢によっても合成されることが知られているが、それだけでは生体必要量は維持できないといわれている。

わが国において食品中のビオチン含量については、ほとんど報告がない。5 訂日本食品標準成分表の付録に収載されているのは、1966 年に出版されたデータで、国内外の文献

的な分析値がまとめられたものである²⁾。食品 62 品目のみでなく動物の組織中のビオチン量が分析されている。諸外国においては、Harding and Crooks (1961)が、食品について広範な分析データを報告して以来、いくつかの報告がある³⁾⁻⁵⁾。また、デンマークでは、食品成分表にビタミンの一つとしてビオチン含量が収載されている⁶⁾。このほか、上述のように、わが国ではビオチンが食品添加物として完全に認可されていないため、一般調製粉乳や治療用特殊ミルクのビオチン含量およびわが国で市販されているベビーフードのビオチン量などが分析されている⁷⁾。調製粉乳、とくに治療用特殊ミルクのビオチン含量が、WHO の推奨値と比較して、低値であることが報告されている。

そこで、本研究では、私たちが日常的に摂取している食品中のビオチン含量や存在状態を解析し、食品に含まれるビオチンの生物有効性 (bioavailability) について検討した。また、諸外国で使用されている食品成分表に収載されているビオチン含量と比較検討を行なった。

B . 実験方法

1 . ビオチンの分析

ビオチンの定量は、ビオチン要求株である乳酸菌 (*Lactobacillus plantarum* ATCC 8014)

を用いた微生物学的定量法に従い、比濁測定した^{8),9)}。Fig. 1 は、本研究で使用した微生物学的定量法のプロトコールである。

乳酸菌の前培養には M.R.S.Broth 培地を用い、24 時間培養後、遠心分離 (3,000rpm, 10 分) し、集菌した。菌体を滅菌生理食塩水で洗浄後、菌濃度を濁度で調製したものを、接種菌液とした。M.R.S.Broth 培地の組成は Table 1 に示したとおりである。定量には、ビオチン定量用基礎培地 (日水製薬 (株)) を用いた。培地の組成は Table 2 のとおりである。測定は、マイクロプレートマネージャー (BIO RAD) を用い、610nm で測定した。培養には、3ml 試験管、1.5ml チューブ (エッペンチューブ)、マイクロプレートのいずれかを用い、それぞれの条件により、培養時間は 18~48 時間の間で調整した。また、D-ビオチン (和光純薬工業 (株)) 10mg を精秤し、70% エタノール 10ml に溶解後、95% エタノールで 10 倍希釈したものを水で希釈し、標準溶液を調製した。ビオチン濃度は、 $\mu\text{g}/100\text{g}$ または ng/g (ml) として表した。

食品や血清に含まれるビオチンは、ほとんどがタンパク質やペプチドと共有結合した状態 (結合型ビオチン) で存在するため、総ビオチンと遊離型で存在するビオチン (遊離型ビオチン) を測定し、総ビオチン量に対する遊離型ビオチン量の割合を遊離ビオチン率とし、比較をおこなった。概略すると、サンプルを酸加水分解せずに、そのままビオチン測定を行ったものを遊離型ビオチンとした。また、サンプルに同量の 4.5N 硫酸を加え、オートクレーブ (120℃, 2 気圧, 60 分) で酸加水分解後、4.5N 水酸化ナトリウムで中和して測定したものを総ビオチンとした^{10),11)}。

今回分析した食品のサンプルは、日常的に摂取しているものから 100 品目を選択した。また、卵黄にビオチンが多く含まれることから、卵類に着目し、家禽類 (ニワトリ、ウズラ、ダチョウ) の卵 (無精卵)、魚類の卵 (イクラ、たらこ、からしめんたいこ、かずのこ。いずれも、食用として加工処理済みのもの。)、その他のものとして、卵巣部分が食用とされるウニを用いた。

2. 諸外国との比較

デンマークの食品については、約 500 品目の総ビオチン量が示されている Web サイトを利用した⁶⁾。カナダの食品中のビオチン含量については、Hoppner ら⁵⁾の報告を参考にした。このほか、これまでに報告されている

文献 2 編を利用した^{3),4)}。

C. 結果および考察

Table 3 は、食品 10 品目のビオチン含量と遊離率についてまとめたものである。穀類のビオチン含量は高いことが知られており³⁾、米で平均 $27.2\mu\text{g}/100\text{g}$ と高い値を示した。しかし、遊離ビオチン率は 2.2% と低値であった。野菜や果物では、ニンジン、トマト、リンゴとともに $10\mu\text{g}/100\text{g}$ 以下とビオチン含量は低かったが、遊離ビオチン率は高く、特にトマトでは 70.0% と高値で、遊離ビオチン量は $6.5\mu\text{g}/100\text{g}$ と米の 10 倍高い含有量であった。このようなことから、トマトに含まれるビオチンは、消化・吸収され易く、より高い生物有効性を持っていると考えられる。

肉類では鶏肉、豚肉とともに、低いビオチン含量を示した。しかし、レバーにはビオチンは多量に存在しており、鶏レバーでは $291.8\mu\text{g}/100\text{g}$ と、豚レバーの $127.0\mu\text{g}/100\text{g}$ や牛レバーの $96.0\mu\text{g}/100\text{g}$ と比較しても高い値を示した。卵黄では、ビオチンは鶏卵で $90.4\mu\text{g}/100\text{g}$ 、ダチョウ卵で $75.3\mu\text{g}/100\text{g}$ と多量に存在し、遊離ビオチン率もいずれも 70% と高く、ビオチンの供給源として、有用な食品であることが示唆された。このように、食品の種類によって、ビオチン含量だけでなく、遊離ビオチン率にも大きな差異がみられた。

ビオチンの所要量は、第六次改定日本人の栄養所要量 - 食事摂取基準 - ではじめて策定され、18 歳以上の成人男女において 1 日に $30\mu\text{g}$ となっている。しかし、食品中のビオチン含量は、五訂日本食品標準成分表には収載されていない。そこで、一般に日常的に摂取される食品の中から、摂取頻度の高いものや、ビオチン濃度の高いことが知られているものを選択し、総ビオチン含量の比較をおこなった。Tables 4-1,2,3 は、わが国の代表的な食品 100 品目の総ビオチン量の測定結果と諸外国の食品の総ビオチン量を比較したものである。

今回の分析では、ローヤルゼリー、鶏レバー、落花生、鶏卵黄、豚レバーの順で高いビオチン含量であった。デンマークにおいては、約 500 品目の食品について総ビオチン量が示されている (Tables 5-1,2,3,4,5)⁶⁾。レバー、酵母、ピーナッツが $100\mu\text{g}/100\text{g}$ 以上、大豆、卵黄、パン酵母、牡蠣などが $40\mu\text{g}/100\text{g}$ の含有量であった。カナダの食品中のビオチン含量については、レバー、ピーナッツバター、いわし、卵、オートミールで、 $40\mu\text{g}/100\text{g}$ 以上と高い値を示していた (Table 6)⁵⁾。この

ように特殊な食品を除き，おなじ傾向を示した．このほかの報告でも大きな差異は見られなかった^{3),4)}．

D．引用文献

- 1) 日本ビタミン学会編：ビタミン学実験法 []水溶性ビタミン. pp.475-523, 東京化学同人, 東京, 1985.
- 2) 久野寧, 永山武美, 大森憲太：ビタミン学．金原書店, 東京, 1966.
- 3) Hardinge, M.G., Crooks, H. : Lesser known vitamins in foods. J. Am. Diet. Assoc., 38:240-245, 1961.
- 4) Guilarte, T.R.: Analysis of biotin levels in selected foods using a radiometric-microbiological method. Nutr. Rep. Internation., 32:837-845, 1985.
- 5) Hoppner, K., Lampi, B., Smith, D.C.: An appraisal of the daily intakes of vitamin B12, pantothenic acid and biotin from a composite Canadian diet. Can. Inst. Food. Sci. Technol., 11:71-74, 1978.
- 6) The Danish Food Composition Databank is on the Web. Revision 5.0
- 7) 渡辺敏明, 福井徹：わが国の調製粉乳に含まれているビオチン量の分析．日本栄養・食糧雑誌, 49:343-347, 1996.
- 8) Fukui, T., Iinura, K., Oizumi, J., Izumi, Y. : Agar plate method using *Lactobacillus plantarum* for biotin determination in serum and urine. J. Nutr. Sci. Vitaminol., 40:491-498, 1994.
- 9) 氏家隆, 土居雅代, 森光昭, 須田浩行：乳酸菌を用いた海水中ビタミンB12とビオチンの微生物定量法．ビタミン, 65:475-480, 1991.
- 10) Hood, R.L. : Isotopic dilution assay for biotin: Use of [¹⁴C] biotin. Meth. Enzym., 62:279-283, 1979.
- 11) Dakshinamurti, K., Allan, L. : Isotopic dilution assay for biotin: Use of [³H] biotin. Meth. Enzym., 62:284-287, 1979.

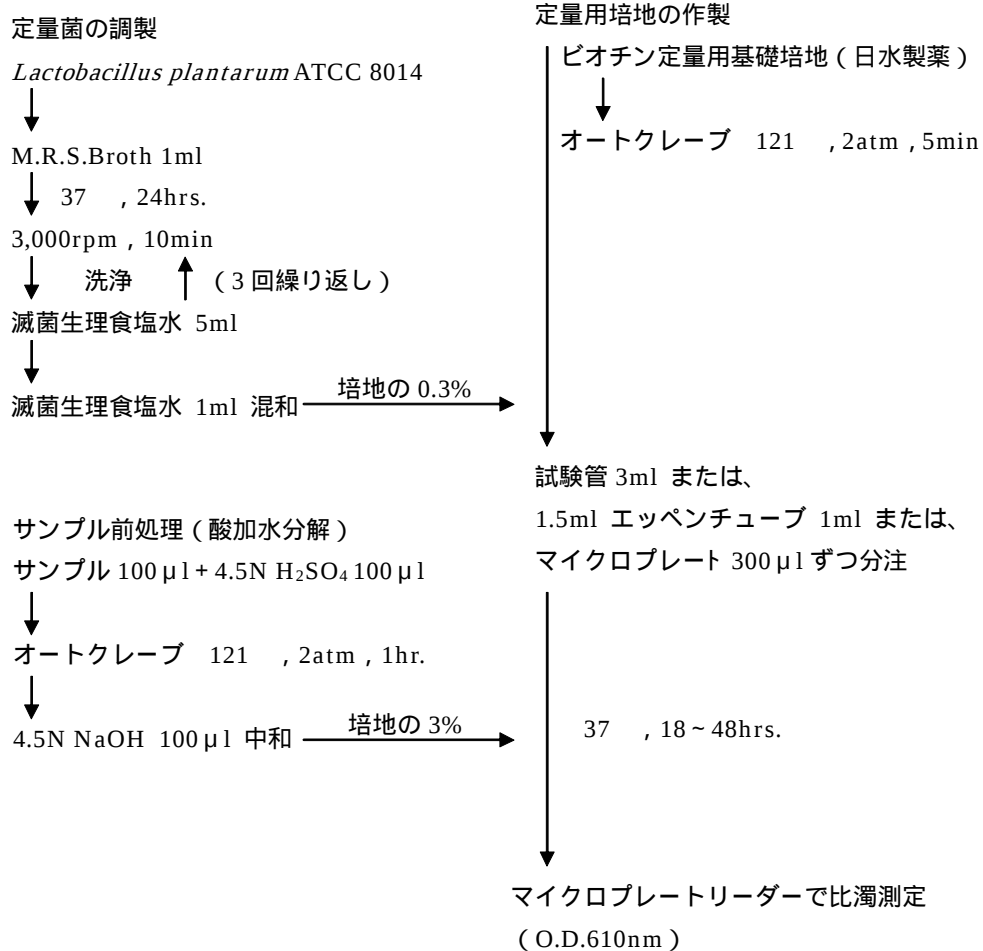


Fig. 1 . 微生物学定量法の手順

Table 1 M.R.S.Broth 培地の組成

細菌用ペプトン	10g
”ラブーレムコ”末	8g
酵母エキス	4g
ブドウ糖	20g
Tween80	1ml
リン酸水素二カリウム	2g
酢酸ナトリウム	5g
クエン酸三アンモニウム	2g
硫酸マグネシウム	0.2g
硫酸マンガン	0.5g
pH	6.2 ± 0.2

Table 2 ビオチン定量用培地の組成.

カザミノ酸	14g
L-シスチン	400mg
DL-トリプトファン	200mg
硫酸アデニン	20mg
塩酸グアニン	20mg
ウラシル	20mg
塩酸チアミン	200 μ g
リボフラビン	400 μ g
パラアミノ安息香酸	200 μ g
パントテン酸	400 μ g
ニコチン酸	1mg
塩酸ピリドキシン	800 μ g
リン酸二水素カリウム	1g
リン酸一水素カリウム	1g
硫酸マグネシウム	400mg
硫酸第一鉄	20mg
硫酸マンガン	20mg
酢酸ナトリウム(無水)	20g
ブドウ糖	40g
pH	7.1 ± 0.2

Table 3 食品中の遊離ビオチン率の比較

食品	総量 ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	遊離型 ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	結合型 ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	遊離率 (%)
こめ	27.2	0.6	26.6	2.2
さつまいも	5.6	2.4	3.2	42.9
ニンジン	7.9	3.2	4.7	40.5
トマト	9.3	6.5	2.8	70.0
リンゴ	4.7	2.0	2.7	42.6
鶏もも肉	6.4	1.5	4.9	23.4
豚もも肉	4.9	0.9	4.0	18.4
鶏レバー	291.8	164.0	127.8	56.2
鶏卵(卵黄)	90.4	64.3	26.1	71.1
ダチョウ卵(卵黄)	75.3	55.7	19.6	74.0

Table 4. わが国のおもな食品に含まれるビオチン含量

No	群別番号	食品群	食品コード	食品名	水分量	総ビオチン含量		総ビオチン含量(文献値)($\mu\text{g}/100\text{g}$)			備考
					(%)	ng/g	$\mu\text{g}/100\text{g}$				
1	1	穀類	1007	おおむぎ・米粒麦	62.2	35.9	3.6	31			
2	1	穀類	1015	薄力粉・1等	12.9	23.7	2.4				
3	1	穀類	1020	強力粉・1等	12.9	24.8	2.5				
4	1	穀類	1083	こめ・精白米(水稻)	14.8	19.7	2.0	5		6	
5	1	穀類	1085	めし・玄米(水稻)	64.7	32.4	3.2		3		生のもの
6	1	穀類	1088	めし・精白米(水稻)	64.5	9.1	0.9	1.3			
7	1	穀類	1124	そば粉・中層粉	13.0	53.3	5.3				
8	2	いも及びでん粉類	2006	さつまいも - 生	67.1	35.4	3.5	4.3			
9	2	いも及びでん粉類	2017	じゃがいも - 生	73.4	17.6	1.8		0.47		
10	2	いも及びでん粉類	2034	じゃがいもでん粉	17.0	29.2	2.9				
11	3	砂糖及び甘味料	3022	はちみつ	11.5	22.1	2.2	9			
12	4	豆類	4001	あずき・全粒 - 乾	13.6	100.5	10.1				
13	4	豆類	4017	ささげ・全粒 - 乾	8.6	99.8	10.0	21			
14	4	豆類	4023	だいず・国産 - 乾	12.6	219.3	21.9	61	60	3	加工済
15	4	豆類	4032	木綿豆腐	84.9	64.3	6.4				
16	4	豆類	4033	絹ごし豆腐	88.6	63.7	6.4				
17	4	豆類	4039	生揚げ	38.6	42.5	4.2				
18	4	豆類	4046	糸引納豆	60.8	130.9	13.1				
19	5	種実類	5001	アーモンド - 乾	1.6	329.1	32.9	18	0.4		生
20	5	種実類	5014	くるみ - いり	3.2	155.0	15.5	37	19		
21	5	種実類	5018	ごま - いり	2.3	114.0	11.4				
22	5	種実類	5035.1	落花生 - いり(殻なし)	1.8	810.4	81.0	34			
23	6	野菜類	6007	アスパラガス・若茎 - 生	94.1	34.6	3.5				
24	6	野菜類	6022	スナップえんどう・若ざや - 生	91.3	52.7	5.3				
25	6	野菜類	6054	カリフラワー・花序 - 生	91.6	100.4	10.0	17			
26	6	野菜類	6061	キャベツ・結球葉 - 生	94.0	32.4	3.2	2.4	1.2	0.2	
27	6	野菜類	6132	だいこん・根、皮つき - 生	94.7	10.9	1.1				
28	6	野菜類	6153	たまねぎ・りん茎 - 生	89.6	14.6	1.5	3.5		3.5	
29	6	野菜類	6182	トマト・果実 - 生	95.2	17.1	1.7	4	1.5	1.2	完熟
30	6	野菜類	6212	にんじん・根、皮つき - 生	89.4	50.9	5.1	2.5	3.4		
31	6	野菜類	6227	葉ねぎ・葉 - 生	91.2	23.0	2.3			2.5	
32	6	野菜類	6233	はくさい・結球葉 - 生	96.9	30.1	3.0				
33	6	野菜類	6267.2	ほうれんそう・葉 - 生(冬採り)	91.1	61.5	6.2	6.9	1.6		
34	6	野菜類	6312.1	レタス・レタス・結球葉 - 生	95.3	23.0	2.3	3.1		3	
35	6	野菜類	6312.2	レタス・レタス・結球葉 - 生	96.3	21.7	2.2			3	
36	6	野菜類	6315	レタス・サニーレタス・葉 - 生	94.0	56.9	5.7				
37	7	果実類	7012	いちご - 生	87.1	21.6	2.2	4	1.1	4	冷凍

Table 4 続き

38	7	果実類	7022	うめ・梅干し・塩漬	80.2	19.7	2.0						
39	7	果実類	7027	温州みかん・じょうのう・普通 - 生	86.6	8.9	0.9						
40	7	果実類	7043	オレンジ・オレンジ・濃縮還元ジュース	88.7	14.2	1.4			0.9	0.8	缶詰	
41	7	果実類	7062	グレープフル-ツ・砂じょう - 生	88.6	9.3	0.9	3		1	0.7		
42	7	果実類	7064.1	グレープフル-ツ・果実飲料・濃縮還元ジュース	90.9	5.2	0.5	0.7		1		缶詰、無糖	
43	7	果実類	7064.2	グレープフル-ツ・果実飲料・濃縮還元ジュース	90.9	5.3	0.5	0.7		1		缶詰、無糖	
44	7	果実類	7107	バナナ - 生	71.4	25.2	2.5	4.4	4.5			4	
45	7	果実類	7148	りんご - 生	80.6	22.1	2.2	1.9		0.3	0.9	多種、生	
				りんご - 生	0.0					0.3		輸入物、生	
				りんご - 生	0.0					0.3		デンマーク産、生	
46	7	果実類	7150	りんご・濃縮還元ジュース	88.7	5.8	0.6	0.4					
47	8	きのこ類	8011	しいたけ・生しいたけ - 生	89.6	135.2	13.5						
48	8	きのこ類	8031	マッシュルーム - 生	91.0	135.1	13.5	16	11.7	16			
49	10	魚介類	10140	しるさけ・イクラ	54.7	74.8	7.5						
50	10	魚介類	10149	べにざけ - 生(切り身)	74.3	93.4	9.3						
51	10	魚介類	10180	ししゃも - 生干し - 生	65.7	153.4	15.3						
52	10	魚介類	10192	まだい - 天然 - 生	63.7	43.6	4.4						
53	10	魚介類	10202	すけとうだら・たらこ - 生	68.7	135.1	13.5			13			
54	10	魚介類	10204	すけとうだら・からしめんたいこ	66.3	144.5	14.5						
55	10	魚介類	10222	にしん・かずのこ - 生	62.2	48.3	4.8						
56	10	魚介類	10253	まぐろ・くろ・赤身 - 生(切り身)	68.1	26.0	2.6			1.5			
57	10	魚介類	10292	かき・養殖 - 生	75.9	140.0	14.0			41			
58	10	魚介類	10365	うに・生うに	69.4	45.9	4.6						
59	11	肉類	11004	和牛・かた・脂身つき - 生	67.9	12.7	1.3	3.4					
60	11	肉類	11090	うし・舌 - 生	38.5	9.0	0.9	3.3		2			
61	11	肉類	11166	ぶた・肝臓 - 生	69.3	545.5	54.5	100		44	100		
62	11	肉類	11175	ぶた・ハム・ボンレス	73.8	41.1	4.1	5			5		
63	11	肉類	11183	ぶた・ベーコン・ベーコン	56.3	64.8	6.5	7.6			7		
64	11	肉類	11218	にわとり・若鶏・手羽・皮つき・生	66.3	26.1	2.6	11.3					
65	11	肉類	11221	にわとり・若鶏・もも・皮つき・生	50.6	28.9	2.9	10.1					
66	11	肉類	11227	にわとり・若鶏・ささ身・生	74.7	55.0	5.5						
67	11	肉類	11232	にわとり・肝臓 - 生	74.5	2274.1	227.4						
68	12	卵類	12002	うずら卵・全卵 - 生	72.4	81.7	8.2						
85	12	卵類	12004.1	鶏卵・全卵 - 生	74.6	242.7	24.3	22.5	27.2	25	25		
86	12	卵類	12004.2	鶏卵・全卵 - 生	75.4	196.6	19.7	22.5	27.2	25	25		
87	12	卵類	12004.3	鶏卵・全卵 - 生	76.2	222.8	22.3	22.5	27.2	25	25		
88	12	卵類	12005.1	鶏卵・全卵 - ゆで	79.3	271.1	27.1						
89	12	卵類	12005.2	鶏卵・全卵 - ゆで	82.5	93.4	9.3						
90	12	卵類	12005.3	鶏卵・全卵 - ゆで	80.1	112.4	11.2						
91	12	卵類	12010.1	鶏卵・卵黄 - 生	48.5	796.7	79.7	52	54.9	60			

Table 4 続き

92	12	卵類	12010.2	鶏卵・卵黄 - 生	47.0	634.8	63.5	52	54.9	60		
93	12	卵類	12010.3	鶏卵・卵黄 - 生	45.8	485.3	48.5	52	54.9	60		
94	12	卵類	12014.1	鶏卵・卵白 - 生	89.0	44.2	4.4	7	1.5			
95	12	卵類	12014.2	鶏卵・卵白 - 生	88.0	61.0	6.1	7	1.5			
96	12	卵類	12014.3	鶏卵・卵白 - 生	87.7	45.2	4.5	7	1.5			
69	13	乳類	13003	普通牛乳	87.2	37.7	3.8			3.5	5	全乳
70	13	乳類	13004	加工乳	86.3	27.0	2.7			1.4		
71	13	乳類	13005	加工乳・低脂肪	89.8	27.9	2.8					
72	13	乳類	13006	脱脂乳	90.5	30.4	3.0			16	2	スキムミルク
73	13	乳類	13040	プロセスチーズ	43.4	43.4	4.3	4.6			5	
74	14	油脂類	14006	調合油	0.1	0.8	0.1					
75	14	油脂類	14020	ソフトタイプマーガリン	25.5	0.6	0.1	3.4				
76	15	菓子類	15116	ミルクチョコレート	0.3	52.8	5.3	32		3		
77	16	嗜好飲料	16006	ビール・淡色	0.0	7.1	0.7			1.2		(輸出物、アルコール5.6%)
				ビール・淡色	0.0					0.5		デンマーク産、低アルコール
78	16	嗜好飲料	16009	発泡酒	0.0	5.2	0.5					
79	16	嗜好飲料	16014	しょうちゅう・甲類	0.0	1.4	0.1					
80	16	嗜好飲料	16015	しょうちゅう・乙類	0.0	1.9	0.2					
81	16	嗜好飲料	16023	合成清酒	0.0	1.1	0.1					
97	16	嗜好飲料	16025.1	みりん・本みりん	57.4	1.7	0.2					
98	16	嗜好飲料	16025.2	みりん・本みりん	56.4	2.9	0.3					
82	17	調味料及び香辛料	17007	こいくちしょうゆ	67.6	135.4	13.5					
83	17	調味料及び香辛料	17008	うすくちしょうゆ	70.8	118.7	11.9					
99	17	調味料及び香辛料	17044.1	米みそ・甘みそ	41.6	339.2	33.9					
100	17	調味料及び香辛料	17044.2	米みそ・甘みそ	42.3	197.8	19.8					
84	17	調味料及び香辛料	17047	麦みそ	35.2	76.8	7.7					
101	19	その他	19001	ローヤルゼリー	3.7	4601.0	460.1	410				

参考文献

Hardinge, M.G. et al. (1961)
Guilarte, T.R., (1985)
デンマークの食品中ビオチン量
カナダの食品中ビオチン含量

Table 5 デンマークの食品に含まれるビオチン量

日本食品 群類番号	食品群	番号	食品名	biotin ($\mu\text{g}/100\text{g}$)
1	穀類	530	オート麦(ロールパン、平均値)	19
1	穀類	542	小麦(粉、全挽)	7
1	穀類	534	パン粉	6.2
1	穀類	469	ポップコーン(油、塩を加えたもの)	6.1
1	穀類	541	ライ麦(粉、dark、全挽)	6
1	穀類	862	ライ麦(穀粒、全砕)	6
1	穀類	529	パン(粗引き粉)	6
1	穀類	732	ライ麦(パン、dark、粗挽き粉)	5.5
1	穀類	535	ライ麦(パン、light)	5.5
1	穀類	1121	ライ麦(パン、dark、粗挽き粉、輸入物)	5.5
1	穀類	536	ライ麦(パン、dark)	5.5
1	穀類	221	玄米(生)	3
1	穀類	223	米(半ゆで、生)	3
1	穀類	1027	パン(精製ライ麦、小麦、サワー、キャラウェイの種入り)	3
1	穀類	1013	米(燕麦入り、生)	3
1	穀類	224	米(精白)	3
1	穀類	538	パン(white)	3
1	穀類	539	小麦粉(ライ麦、小麦、精査済)	2.5
1	穀類	1009	パン(white、粗粒)	1.9
1	穀類	1131	ロールパン(white)	1.9
1	穀類	594	小麦(砕穀粒、下ゆで、生)	1.9
1	穀類	580	パン(white、ソーセージ入り)	1.9
1	穀類	537	パン(クロワッサン)	1.9
1	穀類	531	小麦粉	1.9
1	穀類	1006	パン(全粒パン、white)	1.9
1	穀類	528	パン(white)	1.9
1	穀類	863	小麦(全破砕穀粒)	1.9
1	穀類	222	米粉	1
1	穀類	174	スパゲッティ(マカロニ、生)	1
1	穀類	398	スパゲッティ(マカロニ、ゆで)	0.2
1	穀類	182	セモリナ(硬質デュラム小麦)	1
2	いも及びで	115	ジャガイモ(生)	0.47
4	豆類	194	ナッツ、エンドウ豆(ロースト、塩)	114
4	豆類	32	豆、大豆(乾燥)	60
4	豆類	193	ナッツ、エンドウ豆(乾燥)	34
4	豆類	345	えんどう豆(成熟、乾燥、無加工)	0.5
4	豆類	29	豆(brown、乾燥)	0.5
4	豆類	25	豆(white、乾燥)	0.5
5	種実類	198	クルミ	19
5	種実類	192	ヘーゼルナッツ(乾燥)	2
5	種実類	197	ブラジルナッツ	2
5	種実類	117	栗(生)	1.3
5	種実類	181	アーモンド(生)	0.4
6	野菜類	63	ケール(生)	36
6	野菜類	64	ケール(冷凍)	36
6	野菜類	65	ニンジン(生)	3.4
6	野菜類	343	えんどう豆(冷凍)	3
6	野菜類	342	えんどう豆(生)	3
6	野菜類	276	ほうれん草(刻み、冷凍)	1.6
6	野菜類	278	ほうれん草(生)	1.6
6	野菜類	17	カリフラワー(all varieties、生)	1.5
6	野菜類	308	トマトジュース(缶詰)	1.5
6	野菜類	306	トマト(完熟、素性不明)	1.5
6	野菜類	310	トマトピューレ	1.5
6	野菜類	796	カリフラワー(輸入物、生)	1.5
6	野菜類	795	カリフラワー(デンマーク産、生)	1.5
6	野菜類	307	トマト(皮むき、缶詰)	1.5
6	野菜類	212	ポロ葱(生)	1.4
6	野菜類	88	キャベツ(white、生)	1.2
6	野菜類	100	イチゴ(生)	1.1
6	野菜類	148	タマネギ(生)	0.9
6	野菜類	30	豆(wax、生)	0.7
6	野菜類	239	キャベツレタス(生)	0.7
6	野菜類	28	豆(green、生)	0.7
6	野菜類	27	豆(green、冷凍)	0.7
6	野菜類	102	チコリ(生)	0.7
6	野菜類	31	豆(wax、缶詰)	0.5

Table 5 続き

6 野菜類	21	ブロッコリー(生)	0.5
6 野菜類	101	エルサレムアンティチョーク(生)	0.5
6 野菜類	152	スイートコーン(粒、冷凍)	0.5
6 野菜類	151	スイートコーン(粒、缶詰)	0.5
6 野菜類	150	スイートコーン(穂軸付き、生)	0.5
6 野菜類	62	カボチャ(缶詰)	0.4
6 野菜類	2	キュウリ(生)	0.4
6 野菜類	107	クレソン(生)	0.4
6 野菜類	690	キュウリ(ピクルス、砂糖無添加)	0.4
6 野菜類	452	キュウリ(ピクルス)	0.4
6 野菜類	209	パセリ(生)	0.4
6 野菜類	61	カボチャ(生)	0.4
6 野菜類	8	アスパラガス(全種類、生)	0.2
6 野菜類	9	アスパラガス(缶詰)	0.2
6 野菜類	149	カブ(生)	0.1
6 野菜類	15	セロリ(生)	0.1
6 野菜類	243	Celeriac(セロリの根、生)	0.1
6 野菜類	235	レッドキャベツ(缶詰)	0.1
6 野菜類	134	スウェーデンカブ(生)	0.1
6 野菜類	825	レッドキャベツ(缶詰、砂糖無添加)	0.1
6 野菜類	234	レッドキャベツ(生)	0.1
6 野菜類	133	チャービル(生)(香草:セリ科)	1.6
6 野菜類	1273	チャービル(刻み、冷凍)(香草:セリ科)	1.6
6 野菜類	45	イノンド(生)(ディル、ハーブ:セリ科)	0.4
6 野菜類	213	チャイブ(生)(ハーブ:セリ科)	0.4
6 野菜類	226	ブリュッセルズブラウト(冷凍)(スプラウト:ブロッコリー)	0.4
6 野菜類	225	ブリュッセルズブラウト(生)(スプラウト:ブロッコリー幼)	0.4
6 野菜類	205	パースニップ(生)(セリ科)	0.1
7 果実類	14	バナナ(生)	5.5
7 果実類	11	アボカド(生)	3.2
7 果実類	220	干しぶどう	2.6
7 果実類	272	干しぶどう(black、生)	2.4
7 果実類	76	ラズベリー(生)	1.9
7 果実類	1142	イチゴ(ジャム)	1.8
7 果実類	1118	ラズベリー(ジャム)	1.8
7 果実類	60	グレープフルーツジュース(缶詰、unswtnd)	1
7 果実類	59	グレープフルーツ(生)	1
7 果実類	52	イチジク(乾燥)	1
7 果実類	1	アンズ(乾燥)	1
7 果実類	355	オレンジジュース(缶詰)	0.9
7 果実類	338	リンゴ(乾燥)	0.9
7 果実類	5	オレンジ(生)	0.89
7 果実類	180	タンジェリン(缶詰)	0.8
7 果実類	179	タンジェリン(生)	0.8
7 果実類	40	レモン(生)	0.5
7 果実類	196	ココナッツ(生)	0.5
7 果実類	22	ブラックベリー(生)	0.4
7 果実類	121	サクランボ(生)	0.4
7 果実類	41	レモンジュース(フレッシュ)	0.3
7 果実類	329	ブドウ(生)	0.3
7 果実類	336	リンゴ(all varieties、生)	0.3
7 果実類	805	リンゴ(輸入物、生)	0.3
7 果実類	804	リンゴ(デンマーク産、生)	0.3
7 果実類	50	モモ(缶詰)	0.2
7 果実類	49	モモ(生)	0.2
7 果実類	357	レモネード(average values)	0.2
7 果実類	214	西洋ナシ(生)	0.1
7 果実類	279	スグリの実(生)	0.5
8 きのこと類	37	マッシュルーム(生)	16
8 きのこと類	171	マッシュルーム(缶詰)	16
10 魚介類	352	カキ(生)	41
10 魚介類	317	たらこ(缶詰)	13
10 魚介類	316	たらこ(生)	13
10 魚介類	1124	秋ニシン(生)	10
10 魚介類	246	ニシン(生)	10
10 魚介類	157	鯖(生)	7
10 魚介類	176	鯖(水煮、缶詰)	7
10 魚介類	177	鯖(燻製)	7
10 魚介類	178	鯖(トマト煮、缶詰)	7
10 魚介類	245	ニシン(燻製)	5.1

Table 5 続き

10	魚介類	873	ノルウェーロブスター(生)	5
10	魚介類	137	サーモン(燻製)	5
10	魚介類	136	サーモン(缶詰)	5
10	魚介類	135	サーモン(生)	5
10	魚介類	84	ロブスター(缶詰)	5
10	魚介類	83	ロブスター(生)	5
10	魚介類	240	イワシ(油漬、缶詰)	4
10	魚介類	241	イワシ(トマト煮、缶詰)	4
10	魚介類	906	スプラト(イワシ)(トマト煮、缶詰)	4
10	魚介類	319	マグロ(油漬、缶詰)	3
10	魚介類	318	マグロ(水煮、缶詰)	3
10	魚介類	320	マグロ(トマト煮、缶詰)	3
10	魚介類	321	まぐろ(生)	1.5
10	魚介類	268	カレイ(生)	1.2
10	魚介類	300	舌平目(生)	1.2
10	魚介類	236	ツノガレイ(生)	1.2
10	魚介類	99	マコガレイ(生)	1.2
10	魚介類	312	タラ(切身、生)	1.1
10	魚介類	219	えび(缶詰)	1
10	魚介類	218	えび(ゆで、殻除去)	1
10	魚介類	483	レモンソール(生)(ヒラメ科)	5
10	魚介類	471	ハドック(生)(タラ科)	5
10	魚介類	122	キッパー(油漬、缶詰)(ニシン科)	4.5
11	肉類	143	肝臓(焼く、揚げる、生)	210
11	肉類	146	豚、肝臓(生)	44
11	肉類	144	子牛、肝臓(生)	36
11	肉類	145	雄牛、肝臓(生)	33
11	肉類	191	豚、腎臓(生)	32
11	肉類	189	子牛、腎臓(生)	24
11	肉類	190	雄牛、腎臓(生)	24
11	肉類	80	豚肉、心臓(生)	18.2
11	肉類	478	ベーコン(カリカリ状の物)	14
11	肉類	77	子牛、心臓(生)	7.3
11	肉類	6	カモ(新鮮な皮・生)	6
11	肉類	1001	豚肉(ソーセージ、フランクフルト、缶詰)	3.7
11	肉類	581	ソーセージ、フランクフルト(フライ)	3.7
11	肉類	292	豚肉(ソーセージ、フランクフルト)	3.7
11	肉類	293	豚肉(メットヴルスト、燻製)	3.7
11	肉類	294	豚肉(デンマークソーセージ、生)	3.7
11	肉類	296	豚肉(ソーセージ、サビロイタイプ)	3.7
11	肉類	936	子牛(タン、保存)	3.3
11	肉類	322	子牛(タン、生)	3.3
11	肉類	266	ソーセージ(サラミ)	3
11	肉類	517	子羊(sweatbred、生)	3
11	肉類	274	ソーセージ(サラミ)	3
11	肉類	380	豚肉(ロース、脂肪分のない、だいたい13mm、生)	2.6
11	肉類	919	豚肉(ももの上部分、M.Boceps Femoris、赤身)	2.6
11	肉類	378	豚肉(状態のよいテンダーロイン、生)	2.6
11	肉類	376	豚肉(手、脂肪分約16%、生)	2.6
11	肉類	374	豚肉(ばら皮付き、生)	2.6
11	肉類	249	豚肉(もも、燻製)	2.6
11	肉類	372	豚肉(腹肉、生)	2.6
11	肉類	250	豚肉(もも、燻製、ゆで)	2.6
11	肉類	381	豚肉(首、無脂肪、生)	2.6
11	肉類	298	豚肉(ロース、切り身、燻製)	2.6
11	肉類	922	豚肉(もも、赤身、胄皮、M.Quadiceps Femoris、生)	2.6
11	肉類	923	豚肉(もも、赤身、腰部の上等肉、M.Semimembranosus)	2.6
11	肉類	373	豚肉(ばら皮付き、生)	2.6
11	肉類	927	豚肉(ロース、赤身、生)	2.6
11	肉類	382	豚肉(皮付き首肉、生)	2.6
11	肉類	295	豚肉(腹肉、香辛料入り、調理済)	2.6
11	肉類	929	豚肉(バラ皮付き、無脂肪、皮約2mm、生)	2.6
11	肉類	75	馬肉(生)	2.6
11	肉類	920	豚肉(ももの上部分、M.Biceps Femoris、皮5mm、生)	2.6
11	肉類	543	豚肉(もも、bayonne style、骨取除)	2.6
11	肉類	921	豚肉(ももの上部分、M.Semitendinosus、赤身、生)	2.6
11	肉類	926	豚肉(ばら、赤身、皮約2mm、生)	2.6
11	肉類	379	豚肉(ロース、皮付、生)	2.6
11	肉類	1247	豚肉(手、皮付き、生)	2.6
11	肉類	248	豚肉(もも、保存、缶詰)	2.6

Table 5 続き

11	肉類	925	豚肉(手、赤身、生)	2.6
11	肉類	324	舌(豚、生)	2
11	肉類	323	舌(雄牛、生)	2
11	肉類	98	鶏肉(雌鳥、皮付、生)	2
11	肉類	132	鶏肉(皮付、生)	2
11	肉類	79	牛肉(心臓、生)	2
11	肉類	97	鶏肉(雌鳥、肉のみ)	2
11	肉類	937	舌(豚、保存)	2
11	肉類	548	豚肉(鞍下肉、燻製、ゆで)	2
11	肉類	109	七面鳥(皮付肉、生)	2
11	肉類	110	七面鳥(肉のみ、生)	2
11	肉類	131	鶏肉(肉のみ、生)	2
11	肉類	106	ウサギ(肉のみ、生)	1
11	肉類	12	ベーコン(煮る、無加工)	1
11	肉類	13	ベーコン(揚げる、無加工)	1
11	肉類	942	子羊(ロース、生)	1
11	肉類	53	羊(マトン、肩肉、生)	1
11	肉類	130	砂囊(鶏、生)	1
11	肉類	939	子羊(腹肉、生)	1
11	肉類	941	子羊(膝、無脂肪、生)	1
11	肉類	54	羊(もも肉、生)	1
11	肉類	940	子羊(膝肉、脂肪入り、生)	1
11	肉類	140	子羊(胸肉、生)	1
11	肉類	139	子羊(肩肉、生)	1
11	肉類	547	子羊(腹肉、香辛料、調理済)	1
11	肉類	69	ノウサギ(生)	0.1
12	卵類	339	鶏卵(卵黄)	60
12	卵類	340	鶏卵(全卵)	25
13	乳類	366	牛乳(スキムミルク、乾燥粉末)	16
13	乳類	367	牛乳(全乳、乾燥粉末)	10
13	乳類	759	ブリーチーズ(60% fidm)	6
13	乳類	814	カマンベールチーズ(30% fidm)	6
13	乳類	758	ブリーチーズ(45% fidm)	6
13	乳類	252	ブリーチーズ(50% fidm)	6
13	乳類	369	カマンベールチーズ(45% fidm)	6
13	乳類	253	カマンベールチーズ(50% fidm)	6
13	乳類	334	ヨーグルト(低脂肪、フルーツジュース入)	3.5
13	乳類	335	ヨーグルト(果物入)	3.5
13	乳類	333	ヨーグルト	3.5
13	乳類	331	Ymerイメール(低脂肪):発酵乳を更に加工したもの	3.5
13	乳類	743	ヨーグルト(ミューズリ)	3.5
13	乳類	157	牛乳(アシドフィリス菌発酵)発酵乳	3.5
13	乳類	750	牛乳(全乳)	3.5
13	乳類	251	牛乳(スキムミルク)	2
13	乳類	753	牛乳(全乳、3.5%脂肪、UHT)	2
13	乳類	733	牛乳(スキムミルク)	2
13	乳類	516	山羊乳	2
13	乳類	522	チーズ(CHEDAR、固形、デンマーク産)	1.7
13	乳類	332	Ymer	1.7
13	乳類	764	チーズ(エメンタール、固形、fidm54%)	1.7
13	乳類	763	チーズ(チェジャー、固形、fidm50%)	1.7
13	乳類	761	チーズ(グルジア、固形、fidm45%)	1.7
13	乳類	263	チーズ(熟成、燻製、fidm5%)	1.5
13	乳類	264	チーズ(熟成、燻製、fidm40%)	1.5
13	乳類	254	チーズ(ロックフォール、デンマーク産、fidm50%)	1.5
13	乳類	261	チーズ(クアーク、fidm5%)	1.5
13	乳類	260	チーズ(カッテージチーズ、fidm20%)	1.5
13	乳類	259	チーズ(パルメザン、固形、fidm32%)	1.5
13	乳類	262	チーズ(ミセオスト、ホエー、fidm33%)	1.5
13	乳類	756	チーズ(グラナ、固形、fidm32%)	1.5
13	乳類	783	チーズ(エスロム、セミハード、fidm45%)	1.5
13	乳類	782	チーズ(エスロム、セミハード、fidm60%)	1.5
13	乳類	364	チーズ(クリーム、fidm70%)	1.5
13	乳類	365	チーズ(パルメザン、固形、格子状)	1.5
13	乳類	781	チーズ(ハバティエ、セミハード、fidm30%)	1.5
13	乳類	767	チーズ(サムソー、フィルム状、fidm45%)	1.5
13	乳類	780	チーズ(ハバティエ、セミハード、fidm45%)	1.5
13	乳類	769	チーズ(ダンドー、フィルム状、fidm45%)	1.5
13	乳類	779	チーズ(ハバティエ、セミハード、fidm60%)	1.5
13	乳類	777	チーズ(マリボー、フィルム状、fidm30%)	1.5

Table 5 続き

13	乳類	776	チーズ(ダンドー、フィルム状、fidm20%)	1.5
13	乳類	754	チーズ(デニッシュブルー、fidm50%)	1.5
13	乳類	784	チーズ(フォンティーナ、セミハード、fidm45%)	1.5
13	乳類	775	チーズ(ダンドー、フィルム状、fidm30%)	1.5
13	乳類	368	チーズ(クリーム、fidm60%)	1.5
13	乳類	774	チーズ(サムソー、フィルム状、fidm30%)	1.5
13	乳類	757	チーズ(マイセラブルー、fidm50%)	1.5
13	乳類	773	チーズ(エルボー、フィルム状、fidm40%)	1.5
13	乳類	772	チーズ(サベンボ、フィルム状、fidm45%)	1.5
13	乳類	771	チーズ(マリボー、フィルム状、fidm45%)	1.5
13	乳類	760	チーズ(プロセス、fidm30%)	1.5
13	乳類	762	チーズ(ヒンギノ、固形、fidm32%)	1.5
13	乳類	765	チーズ(クァーグ、fidm45%)	1.5
13	乳類	766	チーズ(青白カビ、fidm70%)	1.5
13	乳類	265	チーズ(プロセス、fidm45%)	1.5
13	乳類	770	チーズ(ミンスター、フィルム状、fidm50%)	1.5
13	乳類	768	チーズ(フィンボー、フィルム状、fidm45%)	1.5
13	乳類	755	チーズ(デニッシュブルー、fidm60%)	1.5
13	乳類	785	チーズ(モッツアレラ、セミハード、fidm45%)	1.5
13	乳類	867	チーズ(クァーグ、fidm45%、バニラ入り)	1.5
13	乳類	788	チーズ(フォンティーナ、セミハード、fidm50%)	1.5
13	乳類	787	チーズ(フェタ、セミハード、fidm50%)	1.5
13	乳類	363	チーズ(フェタ、セミハード、fidm40%)	1.5
13	乳類	789	チーズ(セントポーリン、セミハード、fidm50%)	1.5
13	乳類	786	チーズ(モッツアレラ、セミハード、fidm30%)	1.5
13	乳類	160	サワークリーム(脂肪18%)	1.4
13	乳類	170	牛乳(一部スキム化、脂肪1.5%)	1.4
13	乳類	169	牛乳(バターミルク、レモン入り)	1.4
13	乳類	168	牛乳(バターミルク、脂肪1.5%)	1.4
13	乳類	165	クリーム(脂肪13%)	1.4
13	乳類	156	牛乳(全乳、脂肪3.5%)	1.4
13	乳類	161	クリーム(培養、脂肪38%)	1.4
13	乳類	163	クリーム(脂肪9%)	1.4
13	乳類	752	クリーム(培養、脂肪9%)	1.4
13	乳類	736	クリーム(脂肪13%、UHT)	1.4
13	乳類	166	クリーム(ホイップ、脂肪38%)	0.9
13	乳類	1303	人乳(成熟乳)	0.7
15	菓子類	540	クッキー(スイートビスケット)	4
15	菓子類	532	ビスケット(甘いもの)	4
15	菓子類	39	チョコレート(ビター)	3
15	菓子類	38	チョコレート(ミルク)	3
15	菓子類	451	チョコレート(嗜好品)	3
15	菓子類	1167	チョコレート(?)	3
15	菓子類	1101	チョコレート(ミルク、ナッツ入り)	3
15	菓子類	443	ポテトチップ	1.5
15	菓子類	1103	マジパン(アーモンド粉末、砂糖、卵白)	0.3
16	嗜好飲料類	159	牛乳(チョコレート入り、一部スキム化、脂肪1.5%)	1.4
16	嗜好飲料類	734	牛乳(チョコレート入り、一部スキム化、脂肪1.5%、UHT)	1.4
16	嗜好飲料類	347	ビール(輸出物、アルコール5.6%、by vol.)	1.2
16	嗜好飲料類	348	ビール(高アルコール、度数5.6%、by vol.)	1
16	嗜好飲料類	346	ビール(デンマーク産、低アルコール)	0.5
17	調味料及び加工食品	184	マヨネーズ	12
17	調味料及び加工食品	735	牛乳(スキムミルク、チョコレート入り、UHT)	2
17	調味料及び加工食品	309	トマト(ケチャップ、ボトル)	1.5
18	調理加工食品	311	トマトパスタ(濃縮)	3
19		1057	ドライイースト	200
19		68	イースト(パン屋用圧縮)	60
		74	hailbut.atlantic(生)	5
		325	ジャンケット	3.5
		326	Lingonberry(生)	2.4
		16	ブラックブディング	2
		96	ニワトコの実(生)	1.8
		82	ガ - パイク(生)	1.2
		1300	quark(フルーツ入)	1
		23	オランダガラシ(生)	0.4

Table 6. カナダの食品に含まれるビオチン量

	日本食品 群類番号	食品群	食品名	biotin(μg/100g)
1	1	穀類	パン(ホワイト)	2.0
2	1	穀類	パン(ブラウン)	3.0
3	1	穀類	パン(ライ麦)	6.0
4	1	穀類	ロールパン	2.0
5	1	穀類	パン(全粒粉)	2.0
6	1	穀類	パン(どうもろこし)	6.0
7	1	穀類	オートミール	20.0
8	1	穀類	コーンミール	6.0
9	1	穀類	米	6.0
10	1	穀類	スイートロール	2.0
11	1	穀類	強化小麦粉	5.0
12	2	いも及びでん粉類	ジャガイモ(焼き)	0.1
13	2	いも及びでん粉類	ジャガイモ(ゆで)	0.1
14	2	いも及びでん粉類	ジャガイモ(粉末)	0.1
15	4	豆類	エンドウマメ(調理)	9.0
16	4	豆類	大豆(調理)	3.0
17	4	豆類	アオイマメ(冷凍)	3.0
18	4	豆類	ピーナッツバター	3.9
19	6	野菜類	キャベツ(生)	0.2
20	6	野菜類	キャベツ(調理)	0.2
21	6	野菜類	セロリ	0.1
22	6	野菜類	レタス	3.0
23	6	野菜類	アスパラガス	0.5
24	6	野菜類	ニンジン(生)	2.5
25	6	野菜類	ニンジン(調理)	1.5
26	6	野菜類	タマネギ(生)	3.5
27	6	野菜類	タマネギ(調理)	0.9
28	6	野菜類	カブ(調理)	0.1
29	6	野菜類	トマト(生)	1.2
30	6	野菜類	トマト(缶詰)	1.8
31	6	野菜類	トマト(ケチャップ)	1.8
32	7	果実類	オレンジ	1.0
33	7	果実類	グレープフルーツジュース	0.7
34	7	果実類	リンゴ(生)	0.9
35	7	果実類	リンゴ(ソース)	0.9
36	7	果実類	バナナ	4.0
37	7	果実類	桃	2.0
38	7	果実類	ブドウ	1.6
39	7	果実類	イチゴ(冷凍)	4.0
40	7	果実類	オレンジジュース	0.8
41	7	果実類	ラズベリー(冷凍)	1.9
42	10	魚類	魚(冷凍)	10.0
43	10	魚類	魚(いわし缶詰)	24.0
44	11	肉類	ビーフステーキ	3.0
45	11	肉類	ローストビーフ	3.0
46	11	肉類	豚肉・ベーコン	7.0
47	11	肉類	豚肉・ハム	5.0
48	11	肉類	豚肉	4.0
49	11	肉類	ソーセージ	3.0
50	11	肉類	レバー	100.0
51	11	肉類	ボローニャ(ソーセージ)	3.0
52	11	肉類	鶏肉	10.0
53	11	肉類	羊肉(ラムチョップ)	3.0
54	12	卵類	卵	25.0
55	13	乳類	固形チーズ	2.0
56	13	乳類	プロセスチーズ	5.0
57	13	乳類	カッテージチーズ	2.0
58	13	乳類	全乳	5.0
59	13	乳類	調製乳	5.0
60	13	乳類	脱脂粉乳	2.0
61	13	乳類	アイスクリーム	3.0
62	15	菓子類	ポテトチップ	0.1
63	18	調理加工食品類	ハンバーガー	4.0
64	18	調理加工食品類	フライドポテト	0.1
65	18	調理加工食品類	ジャガイモ(缶詰)	0.1