

コフェロールを同時に摂取することでプロモーション期の肺がんを抑制し、さらに肝硬変患者の腫瘍進行を抑えることを見出した (K. Jinno, H. Nishino et al., patent pending, #2002-022958, 2002). ただし, カロテノイドを抗発がん成分として摂取するには, ほかの食品抗酸化成分との同時摂取による共同作用など, 抗酸化活性を発揮できる条件を十分に考慮しなければならない.

### 4 光酸化障害に対する介入試験

カロテノイド摂取がヒト皮膚に及ぼす影響については太陽光をモデルとした皮膚の紅斑の出現を指標とした介入試験がある. スタールら<sup>3,4)</sup>は *Dunaliella salina* 由来の混合カロテノイド (94%が $\beta$ -カロテン, 他はさまざまなカロテノイド) を1日当たり 25 mg あるいはトマト 40 g (リコペン 16 mg 含有) を十数週間摂取した後に紫外線曝露により出現する紅斑は, カロテノイド摂取群では有意に低下することを報告している. また, リーら<sup>5)</sup>は同じく *Dunaliella salina* 由来の混合カロテノイドを投与した場合, 摂取量に対応して太陽光照射により誘導される紅斑を抑制するとともに, 血清中の過酸化脂質の量が減少したことを明らかにした. 食事由来のカロテノイドは皮膚に蓄積し, 太陽光線照射により生成する各種活性酸素の酸化障害に対し抑制能を発揮することが示された.

372



### 4 吸収・代謝・排泄

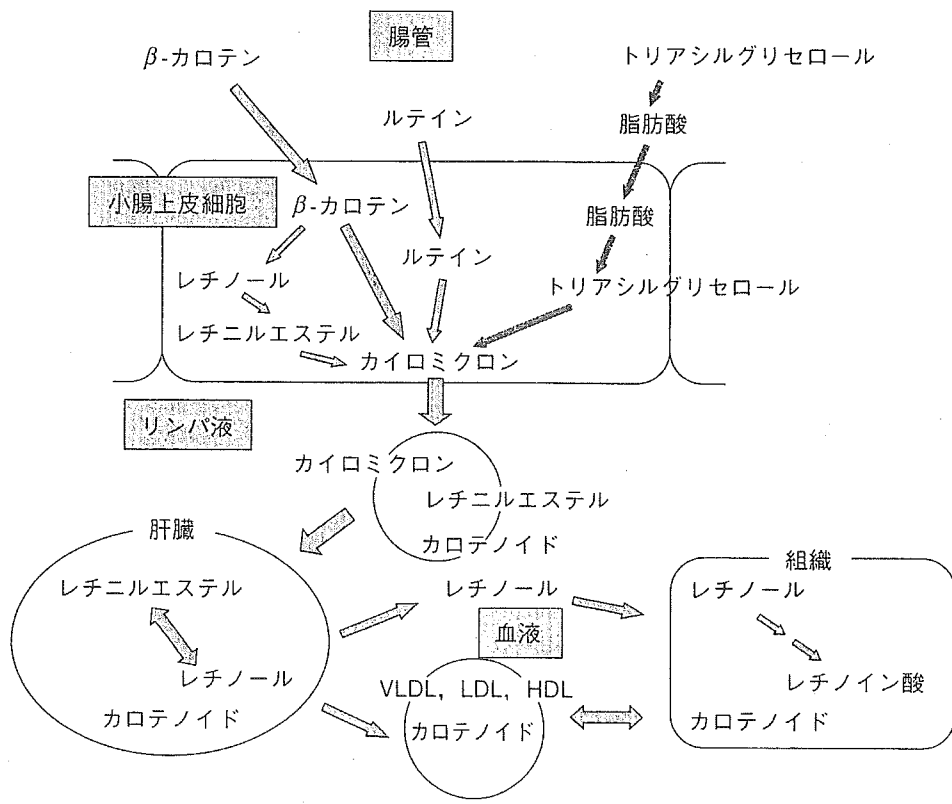
摂取したカロテノイドは脂質油滴に含まれ小腸に運ばれる. 小腸で胆汁酸とともにミセル化された後に吸収される. 吸収されたカロテノイドのうち $\beta$ -カロテンなどのプロビタミン A は小腸上皮においてレチナールに変換されるが, 20~30%は未変換のままカイロミクロンに取り込まれる. リコペンやルテインなど非ビタミンカロテノイドもカイロミクロンの構成成分となり, リンパを経て, 血流に入り抹消組織に運ばれ, さらに肝臓に到達する (図 3)<sup>1)</sup>.

血漿中のカロテノイドは各種リポタンパク質に分布する. 血液に乗って運ばれたカロテノイドはさまざまな組織に蓄積し, 肝臓はその大きさからカロテノイドの貯蔵庫の働きをしている.



### 5 食品中の含有量

カロテノイドは, 緑黄色野菜, 橙黄色果物に多く含まれる. 日常よく摂取され



【図3 カロテノイドの吸収・代謝】

ニンジンβ-カロテンのよい供給源であり、トマトはリコペンを多量に含む。表3は、科学技術庁資源調査会編 五訂日本食品標準成分表によるカロテノイドを多量に含む野菜、果物およびその加工品を示したものである。一方、記載されたカロテンは、カロテノイド色素のうちプロビタミンA活性を示すβ-カロテン、α-カロテン、クリプトキサンチンを測定しβ-カロテンの変換率を1/2、生物学的効力を1/3としてβ-カロテン当量を算出したものである\*。したがって、リコペン、ルテインなどのプロビタミンA活性をもたないカロテノイドはカロテン含有量として考慮されていない。

\*第七次改訂 日本人の食餌摂取基準では、1μg レチノール当量 = 12μg β-カロテンに変更される。

## 6 過剰症

β-カロテンの特徴の一つに、その安全性があげられる。過剰のβ-カロテンを摂取してもビタミンAの過剰症には陥らない。体内でビタミンAが不足するとβ-カロテンはビタミンAに変換される。赤血球造血性プロトポルフィリン症の

【表3 野菜、果物およびその加工品中の各カロテノイドの濃度】<sup>1)</sup>

野菜、果物 加工品名	カロテノイド (μg/100g 可食部 生)					
	α-カロテン	β-カロテン	γ-カロテン	クリプト キササンチン	ルテイン* <sup>1</sup>	リコペン
ニンジン	530	7 600	nd* <sup>2</sup>	—* <sup>3</sup>	300	—
パセリ	—	5 600	—	—	10 200	—
トマトケチャップ	—	5 000	nd	nd	210	9 900
ハウレンソウ	—	3 300	—	—	4 400	—
セロリ	—	2 900	nd	nd	7 200	—
ブロッコリー	tr* <sup>4</sup>	1 000	nd	24	1 800	—
レタス	tr	980	—	—	1 800	—
トマト	—	660	170	nd	100	3 100
アーンズ (缶詰)	—	560	nd	tr	3.5	nd
スイカ	tr	230	nd	nd	14	4 500
キュウリ	tr	30	—	—	470	—
白キャベツ	tr	66	nd	—	150	—
オレンジ	19	38	nd	nd	27	nd
リンゴ	—	12	—	—	48	—
イチゴ	—	8.9	—	—	31	—
グレープフルーツ	tr	2.3	nd	3.3	9.5	—

\* 1: ルテイン+ゼアキササンチン, \* 2: 測定せず, \* 3: 0.5 μg/100g 以下, \* 4: 痕跡

374

治療薬として、通常の摂取の60倍にあたる30~180 mgのβ-カロテンを長期にわたり服用しても、皮膚が黄色になる柑皮症以外には副作用はみられていない。

### 参考文献

- 1) 日本栄養・食量学会 監修：フリーラジカルと疾病予防 第2章2 カロテノイド, 建帛社, 1997
- 2) H. S. Garewell, F. L. Meyskens Jr., D. Killen, D. Reeves, T. A. Kiersch, H. Elletson, A. Strosberg, D. King and K. Steinbronn: Response of oral leukoplakia to beta-carotene, *J. Clin. Oncol.*, 8, 10, pp. 1715-1720, 1990
- 3) W. Stahl, U. Heinrich, H. Jungmann, H. Sies and H. Tronnier: Carotenoids and carotenoids plus vitamin E protect against ultraviolet-induced erythema in humans, *Am. J. Clin. Nutr.*, 71, pp. 759-798, 2000
- 4) W. Stahl, U. Heinrich, S. Wiseman, O. Eichler, H. Sies and H. Tronnier: dietary tomato paste protects against ultraviolet light-induced erythema in humans, *J. Nutr.*, 131, 5, pp. 1449-1451, 2001
- 5) J. Lee, S. Jiang, N. Levine and R. R. Watson: carotenoid supplementation reduces erythema in human skin after simulated solar radiation exposure, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 223, pp. 170-174, 2000

〈原著〉

## 微生物学的定量法および化学発光酵素免疫測定法による 血清葉酸量の比較検討

渡邊 敏明<sup>\*1)</sup>、甘庶 志帆乃<sup>1)</sup>、榎原 周平<sup>1)</sup>、福井 徹<sup>2)</sup>

### Comparative study of serum folate concentration by microbiologic assay and chemiluminescent enzyme immunoassay

Toshiaki Watanabe<sup>\*1)</sup>, Shihono Kanja<sup>1)</sup>, Shuhei Ebara<sup>1)</sup> and Toru Fukui<sup>2)</sup>

**Summary** It is the purpose of this study to evaluate the reliability of the determination of folate concentrations in serum and to compare the results with those obtained employing the microbiologic assay using the assay organisms *L. casei* and *S. faecalis* and the chemiluminescent enzyme immunoassay (CLEIA). The mean concentration of serum folate was  $17.6 \pm 9.5$  ng/ml by the microbiologic assay and  $5.4 \pm 2.1$  ng/ml by the CLIEA. Although the difference between them was very significant, there exists a strong correlation between the two ( $p=0.85$ ,  $p<0.01$ ). This may be due to the fact that the microbiologic assay using *L. casei* responds to the widest variety of folate derivatives, including PteGlu<sub>n</sub> and 5-CH<sub>3</sub>-H<sub>4</sub>PteGlu, whereas the CLEIA can respond to only a single folate compound, PteGlu<sub>n</sub>. Based on these findings, the microbiologic assay appears to be more reliable than the CLEIA for determining various folate compounds in serum.

**Key words:** Folate, Methyltetrahydrofolate, Microbiologic assay, Chemiluminescent enzyme immunoassay, Serum

#### I. 緒言

葉酸は、N-ヘテロ環のプテリジンとp-アミノ

安息香酸からなるプテロイル基に1～7個のL-グルタミン酸が結合したプテロイルポリグルタミン酸である。食品に含まれるのは、プテロイ

\*1) 兵庫県立大学環境人間学部食環境解析学教室  
〒670-0092兵庫県姫路市新在家本町1-1-12

2) 病体生理研究所  
〒173-0025東京都板橋区熊野町47-11

受領日 平成17年3月17日

受理日 平成17年4月25日

\*1) Laboratory of Dietary Environment Analysis,  
Department of Environment for Life and Living, School  
of Human Science and Environment, Himeji Institute  
of Technology, University of Hyogo,  
1-1-12 Shinzaike Honcho, Himeji, Hyogo 670-0092,  
Japan

E-mail: watanabe@shse.u-hyogo.ac.jp

2) Clinical Laboratory, Byotai Seiri Laboratory  
47-11 Kumanocho, Itabashi, Tokyo 173-0025, Japan

表1 葉酸定量法の特徴

測定法	特徴	利点	欠点
微生物学的定量法 (Bioassay)	食品、生体試料中に含まれる葉酸化合物の総量を求める一般的な方法である。葉酸化合物に対する活性の異なる乳酸菌を使い分けて測定することで、各種の葉酸化合物の分別定量が可能である。	同時に複数の葉酸化合物の測定が可能である。タンパク等の夾雑物に対する感受性が低く、夾雑物の多い生体試料の測定に対する信頼性が高い。	特定の化合物のみの測定には向かない。
化学発光法 (CLEIA)	特定の葉酸化合物に対する抗体を固相としたものに試料、酵素標識抗体、化学発光基質を加え、その発光量により、試料中に含まれる特定の葉酸化合物について定量することが可能である。抗原抗体反応を利用するため、特異性が高い。	非常に特異性が高い。	特定の葉酸化合物のみ測定する。夾雑物の影響を受けやすい。
高速液体クロマト グラフィー (HPLC)	固定相および移動相に相接する二つの相が形成する平衡の場において、各種の化合物を、その両相と相互作用(吸着、分配、イオン交換、分子サイズ)の差によって分離定量する方法である。	種々の葉酸化合物の標準品を極めて高い分離能と精度で定量することが可能である。	複数の化合物が存在する試料の測定ができない。前処理により葉酸化合物が損失する。

ルポリグルタミン酸型であり、小腸粘膜でモノグルタミン酸型となり、吸収される<sup>12)</sup>。血漿や尿中では、モノグルタミン酸型、組織中ではポリグルタミン酸型としてタンパク質と結合した形で機能している。なお、小腸粘膜では、プテリジン環が還元されてテトラヒドロ型となり、さらにメチルテトラヒドロ型となる。還元型葉酸は、細胞内では補酵素として、ヌクレオチド類の生合成やメチル基の生成転換系などに関与している。また、アミノ酸やタンパク質の代謝などにも不可欠である。

葉酸の生理機能としては、正常な造血機能を保つために重要であるばかりでなく、成長や妊娠の維持にも欠かせないビタミンである。このため、欠乏症状としては、造血機能に異常が生じ、巨赤芽球性貧血や神経障害が知られている。最近、多くの疫学調査によって、葉酸が、胎児における神経管閉鎖障害の発症リスクの低減に効果があることが認められている<sup>13)</sup>。妊婦において葉酸が不足すると、出産児に神経管閉鎖障害 (neural tube defects: NTDs) を発症することが報告されている。

最近、葉酸の摂取量が低下すると、血漿ホモシステインの上昇が見られ、動脈硬化症と関連がある血液凝固因子や血管内皮細胞に影響している<sup>14)</sup>。つまり、高ホモシステイン血症が、脳血管疾患や心疾患のリスクファクターとして注目されている。葉酸はホモシステインからメチオニンの転移に不可欠であるため、葉酸の摂取量が低下すると、血漿ホモシステインの上昇がみられることから、ホモシステインが血管内皮細胞や血液凝固因子に影響していると考えられている<sup>15)</sup>。このように、葉酸は、神経管閉鎖障害や動脈硬化症のほか、アルツハイマー病やうつ病の発症とも関わっており、生体内での葉酸状態を知ることは、健康の維持および生活習慣病を予防するために重要である<sup>16,17)</sup>。

葉酸測定法としては、様々な方法がある。臨床検査においては、一般的に微生物学的定量法 (Bioassay) や化学発光酵素免疫測定法 (Chemiluminescent Enzyme Immunoassay, CLEIA: 化学発光法) が用いられている。しかし、これら測定法による基準値 (正常値) や測定結果は必ずしも一致していない。そこで、本研究では、微生物学的定量法と化学発光法によって測定し

たヒト血清葉酸量について比較検討した。

## II. 方法

### 1. 被験者および測定試料

健康な女子学生58名を被験者とした。年齢は、中央値22.0歳、範囲19-26歳であった。空腹時に被験者から採血した後、血清を分離し、これを測定試料とした。

なお、対象者には、あらかじめ本研究の趣旨を説明し、協力を依頼し、文書で同意を得た。本研究は、東邦大学医学部の倫理委員会で承認を受け、ヘルシンキ宣言 (1964年) (2000年修正) 「ヒトを対象とした医学研究の倫理的原則」に則って実施した。

### 2. 葉酸の測定

#### 1) 微生物学的定量法

微生物学的定量には、2種の乳酸菌 *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 27773 (*L. casei*) および *Streptococcus faecalis* ATCC 8043 (*S. faecalis*) を定量菌として、使用した。*L. casei* は、プテロイル葉酸 (PteGlu) およびメチルテトラヒドロ葉酸 (5-CH<sub>3</sub>-H<sub>4</sub>PteGlu) など全ての葉酸化合物に対して活性を持っている。一方、*S. faecalis* はメチルテトラヒドロ葉酸に対して活性を持っていない。このため、両者の定量菌の特徴を利用し、総葉酸およびメチルテトラヒドロ葉酸の定量を行うことが可能である<sup>14,15)</sup>。メチルテトラヒドロ葉酸量は、*L. casei* による総葉酸量と *S. faecalis* による非メチルテトラヒドロ葉酸量との差から、算出した。

葉酸測定の手順は、下記のとおりである。概略すると、まず定量菌をMRS培地に接種し、37℃、24時間培養し、菌体を滅菌生理食塩水で洗浄した。*S. faecalis* は10倍に希釈し、20 μl/mlの割合で葉酸定量用培地に懸濁した。*L. casei* は500倍に希釈し、100 μl/mlの割合で葉酸定量用培地に懸濁した。それぞれの培地を96穴マイクロプレートに200 μlずつ分注した。14.0 mgのプテロイル葉酸を0.1M水酸化ナトリウム 2.8 mlにより溶解後、超純水で100 mlに定容量したものを標準液とした。この標準液を0.5%アスコルビン酸ナトリウム溶液で0.5 ng/mlに希釈し、プレートに (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 μl) 添加した。

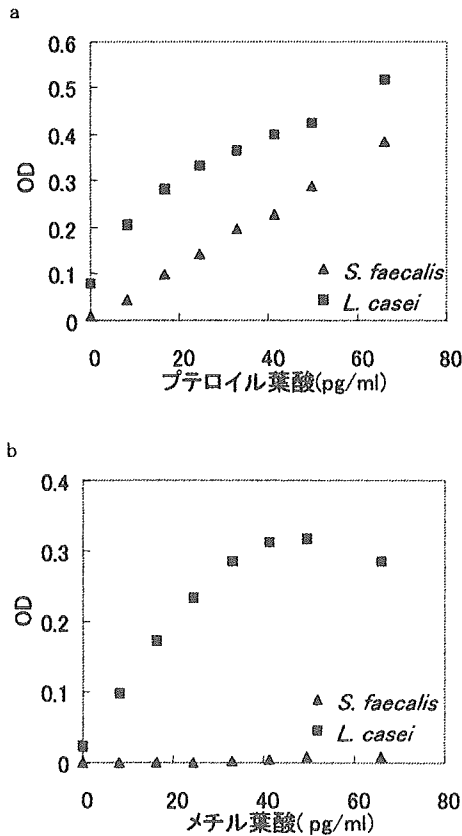


図1 定量菌*L. casei*および*S. faecalis*の成長曲線  
a. プテロイル葉酸に対する活性  
b. メチル葉酸に対する活性

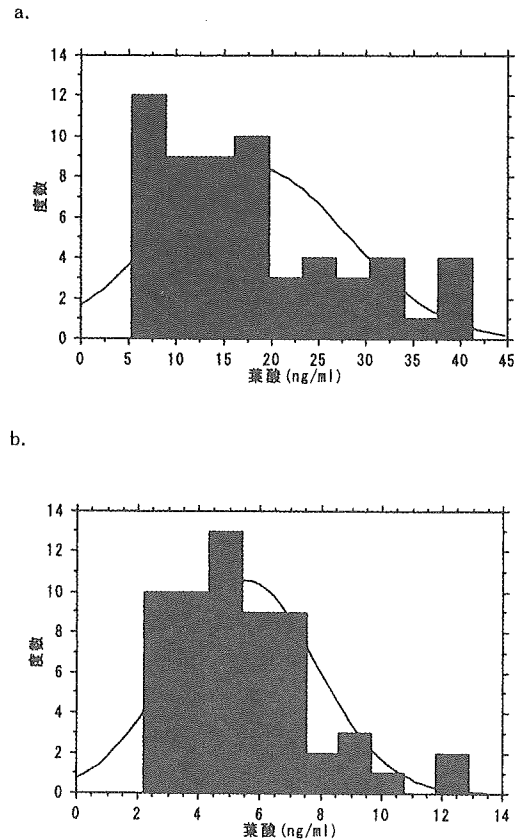


図2 成人女性における血清葉酸量の分布  
a.微生物学的定量法  
b.化学発光法

測定試料は、0.5%アスコルビン酸ナトリウム溶液で希釈し、フィルター（孔径 $0.45\mu\text{m}$ ）により不純物を取り除き、 $50\mu\text{l}$ ずつ添加し、 $37^\circ\text{C}$ 、*S. faecalis*では24時間、*L. casei*では72時間培養した。その後、それぞれの定量菌の検量線から試料中の葉酸量を測定した。

## 2) 化学発光法

葉酸化合物は、葉酸測定キット（LKF01）（株三菱化学ヤトロン社、東京）を用いて、イムライズ（株三菱化学ヤトロン社、東京）で測定を行った。本法は、サンプル中の葉酸およびリガンド結合抗原（プテロイル葉酸）を、競合的に葉酸結合タンパクおよびビーズの固相化抗体と反応させると、固相化抗体-葉酸競合タンパク-葉酸複合体や固相化抗体-葉酸競合タンパク-リガンド結合抗原複合体を形成する。これに、

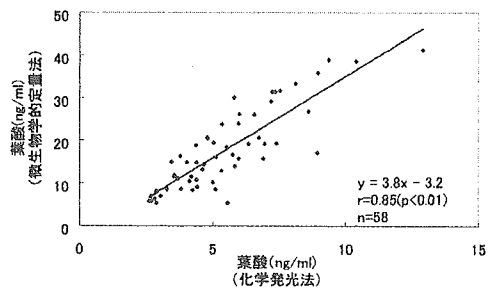


図3 微生物学的定量法と化学発光法によるヒト血清葉酸量の関連

ALP標識抗リガンドを加えると、固相化抗体-葉酸結合タンパク-リガンド結合抗原-ALP標識抗リガンド複合体を形成する。洗浄後に発光試薬PPDを加えると、複合体の酵素により加水分解され、発光する。この発光量を測定し、検体中の葉酸濃度を求めることができる。

### 3. 統計解析

葉酸の測定結果は、平均値±SDで表した。統計解析にはエクセル統計2000 (Microsoft Co.) を用いて、相関係数を求めた。度数分布表は、StatView-J5.0 (SAS Institute Inc.) を利用して作成した。

## Ⅲ. 結果

図1は定量菌 *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 27773 (*L. casei*) および *Streptococcus faecalis* ATCC 8043 (*S. faecalis*) に対するプテロイル葉酸およびメチルテトラヒドロ葉酸の活性を見たものである。*L. casei*は、プテロイル葉酸およびメチルテトラヒドロ葉酸に対して、濃度に依存して活性を示した。しかし、*S. faecalis*は、メチルテトラヒドロ葉酸に対してはまったく活性を示さなかった。

女子学生58名の血清葉酸量の度数分布を示したものが、図2である。微生物学的定量法および化学発光法とも、正規分布には一致せずに対数正規分布に近い分布を示した。微生物学的定量法では平均 $17.6 \pm 9.5$  ng/ml、CV: 54.0%であり、化学発光法では平均 $5.4 \pm 2.1$  ng/ml、CV: 38.9%であった。両測定による血清葉酸量には有意な差があった。

微生物学的定量法で求めた総葉酸量とメチルテトラヒドロ葉酸量を比較したところ、血清にはメチルテトラヒドロ葉酸が平均 $15.5 \pm 9.3$  ng/ml含まれており、これは総葉酸量の $83.7 \pm 10.8\%$ であった。

図3は、微生物学的定量法および化学発光法による血清葉酸量の関連をみたものである。両測定法で得られた血清葉酸量には、非常に強い関連が見られた ( $r=0.85$ ,  $p<0.01$ )。

## Ⅳ. 考察

血清葉酸量は、これまでに、わが国では微生物学的定量法 (*L. casei*) で $16.8 \pm 12.6$  ng/ml、化学発光法で $5.8 \pm 1.8$  ng/mlと報告されている<sup>16), 17)</sup>。今回の測定結果は、微生物学的定量法および化学発光法ともこれらの値に一致していた。このことから、著者らの定量法は十分に確立してい

るものと考えられる。両測定法による血清葉酸量の違いについては、1つの理由として、微生物学的定量法ではメチルテトラヒドロ葉酸およびプテロイル葉酸などすべての葉酸化合物を測定しているのに対して、化学発光法はメチルテトラヒドロ葉酸に反応性が低いため、低値を示していると考えられる。また、メチルテトラヒドロ葉酸が、冷凍保存や前処理によって、脱メチル化しているのかもしれない。

今回の微生物学的定量法で求めた総葉酸量とメチル葉酸量を比較したところ、血清中では、葉酸化合物の大部分がメチルテトラヒドロ葉酸として存在していた。総葉酸量の80%以上がメチル型であった。血清中のメチルテトラヒドロ葉酸の割合は、最近の報告とも一致している<sup>18)</sup>。Pfeifferらの報告では、血清にはメチルテトラヒドロ葉酸が81.7%存在しているほか、プテロイル葉酸およびホルミルテトラヒドロ葉酸は認められるが、テトラヒドロ葉酸は検出されていない。このように、葉酸は、血漿では活性型のメチルテトラヒドロ葉酸として存在しているのに対して、細胞内では脱メチル化されたテトラヒドロ葉酸として存在している<sup>19)</sup>。

化学発光法は、一般に化合物に対する特異性が高く、再現性があるため、臨床検査に広く使われている。血清葉酸の測定には、血液中の主成分であるメチルテトラヒドロ葉酸を標準物質として測定する必要がある。しかし、安定性の高いプテロイル葉酸に比べ、メチルテトラヒドロ葉酸は不安定で標準物質として用いることが難しい。そのためプテロイル葉酸を標準物質として用いる場合、メチルテトラヒドロ葉酸の測定に対する信頼性は低い<sup>19)</sup>。また、試料中にタンパク質やホルモンなどの夾雑物が含まれていると正確な測定が出来ない<sup>20)</sup>。そのため、総葉酸量とメチルテトラヒドロ葉酸量を同時に測定が可能である微生物学的定量法は、複数の葉酸化合物や夾雑物が含まれる血液などの生体試料の測定に有効であると考えられる。

## Ⅴ. 結語

本研究は、微生物学的定量法と化学発光法におけるヒト血清葉酸量の測定結果を比較検討した。微生物学的定量法では平均 $17.6 \pm 9.5$  ng/ml、



化学発光法では平均 $5.4 \pm 2.1$  ng/mlと有意な差異があったが、両測定法には非常に強い相関が見られた ( $r=0.85$ ,  $p<0.01$ )。この差異は、微生物学的定量法がすべての葉酸化合物を測定することに対して、化学発光法はメチル葉酸に対する反応性が低く、特定の葉酸化合物（プテロイル葉酸）のみを測定することの違いによるものと考えられる。微生物学的定量法は、血清中の種々の葉酸化合物を測定するために有用な方法である。

### 謝辞

本研究を行うにあたり、ご助言、ご協力を賜りました東邦大学医学部附属大橋病院教授、橋詰直孝先生、(株)ヤクルト本社中央研究所、野本康二氏および松本一政氏、(株)三菱化学ヤトロン社に深く御礼申し上げます。

### 文献

- 1) 岩井和夫他：葉酸. 日本ビタミン学会編、ビタミン学. pp.363-436、東京化学同人、東京、1980
- 2) 小橋昌裕：葉酸. 日本ビタミン学会編、ビタミンの事典、pp.283-294、朝倉書店、東京、1996
- 3) Daly S, Mills JL, Molloy AM, Conley M, Lee YJ, Kirke PN, Weir DG, Scott JM: Minimum effective dose of folic acid for food fortification to prevent neural-tube defects. *Lancet*, 350: 1666-1669, 1997
- 4) Czeizel AE, Dudas I: Prevention of the first occurrence of neural-tube defects by periconceptional vitamin supplementation. *N. Engl. J. Med.*, 327: 1832-1835, 1992
- 5) 渡邊敏明：葉酸による先天異常の予防. 日本ビタミン学会編、ビタミン研究のブレイクスルー—発見から最新の研究まで—、pp.265-270、学進出版、吹田市、2002.
- 6) 先天異常の発症リスクの低減に関する検討会：神経管閉鎖障害の発症リスクの低減に関する報告書. 平成12年12月. 1-25, 2000
- 7) Ueland PM, Refsum H, Beresford SAA, Vollset SE: The controversy over homocysteine and cardiovascular risk. *Am. J. Clin. Nutr.*, 72: 324-332, 2000
- 8) Schnyder G, Roffi M, Flammer Y, Pin R, Hess OM: Effect of homocysteine-lowering therapy with folic acid, vitamin B<sub>12</sub>, and vitamin B<sub>6</sub> on clinical outcome after percutaneous coronary intervention. *JAMA*, 288: 973-979, 2002
- 9) 渡邊敏明、大川恵子：葉酸代謝と動脈硬化症. *臨床検査*, 45: 1117-1122, 2001
- 10) Jacob A, Wu MM, Henning SM, Swendseid ME: Homocysteine increases as folate decreases in plasma of healthy men during short-term dietary folate and methyl group restriction. *J. Nutr.*, 124: 1072-1080, 1994
- 11) Boushey CJ, Beresford SA, Omenn GS, Motulsky AG: A quantitative assessment of plasma homocysteine as a risk factor for vascular disease. Probable benefits of increasing folic acid intakes. *JAMA*, 274: 1049-1057, 1995
- 12) Fohr IP, Prinz-Langenohl R, Bronstrup A, Bohlmann AM, Nau H, Berthold HK, Pietrzik K: 5,10-Methylenetetrahydrofolate reductase genotype determines the plasma homocysteine-lowering effect of supplementation with 5-methyltetrahydrofolate or folic acid in healthy young women. *Am. J. Clin. Nutr.*, 75: 275-282, 2002
- 13) Jennings E: Folic acid as a cancer-preventing agent. *Med. Hypotheses*, 45: 297-303, 1995
- 14) Tamura T: Microbiological assay of folates. *Folic Acid Metabolism in Health and Disease*, Wiley-Liss, New York, pp.121-137, 1990
- 15) Molloy AM, Scott JM: Microbiological assay for serum, plasma, and red cell folate using cryopreserved, microtiter plate method. *Methods Enzymol.*, 281: 43-53, 1997
- 16) 田中信夫：ビタミンB<sub>12</sub>・葉酸の測定とその臨床的意義. *臨床病理*, 26: 554-563, 1981
- 17) 石渡幸久、遠藤紀子、池田律子、安田和人：全自動化学発光免疫測定装置ACS-180を用いた化学発光による血清ビタミンB<sub>12</sub>・葉酸の測定. *日本臨床検査自動化学会誌*, 20: 29-37, 1995
- 18) Pfeiffer CM, Fazili Z, McCoy L, Zhang M, Gunter EW: Determination of folate vitamers in human serum by stable-isotope-dilution tandem mass spectrometry and comparison with radioassay and microbiologic assay. *Clin. Chem.*, 50: 423-432, 2004
- 19) Shane B: Polyglutamate synthesis and role in the regulation of one-carbon metabolism. *Vitam. Horm.*, 45: 263-335, 1989
- 20) Clifford AJ, Noceti EM, Block-Joy A, Block T, Block G: Erythrocyte folate and its response to folic acid supplementation is assay dependent in women. *J. Nutr.*, 135: 137-143, 2005

## わが国の食品に含まれるビオチン量の分析

谷口歩美<sup>1</sup>, 大串美沙<sup>1</sup>  
武智隆祐<sup>1</sup>, 渡邊敏明<sup>\*,1</sup>

(2004年5月14日受付; 2005年2月10日受理)

**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などについて、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101食品について、食品中のビオチン含量を分析し、諸外国の食品ビオチン量と比較した。食品群ごとにビオチン含量をみると、豆類、種実類、卵類、調味料および香辛料類で平均10  $\mu\text{g}/100\text{g}$  以上の高値を示した。一方、野菜類、果実類、乳類、油脂類では、ビオチン含量は低値であった。調味料では、ビオチンは多く含まれているが諸外国と大きな相違がみられた。これは、諸外国では酵母類に由来し、わが国では醤油や味噌が、大豆を原料に作られていることに由来する。しかしながら、全体として、デンマークやドイツの食品成分表では、食品のビオチン含量について、わが国と大きな相違は認められず、これらの国の食品のビオチン含量値も利用が可能である。平成13年度の国民栄養調査結果から食品群別にビオチン摂取量を算出した。本研究の測定値から算出した結果では、1日あたり男性で110  $\mu\text{g}$ 、女性で92.3  $\mu\text{g}$  であり、食事摂取基準(2005年版)の目安量と比較して、それぞれ244%および206%であった。ビオチンは、食品によって含量だけでなく、遊離ビオチン率にも大きな相違がみられた。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。

**キーワード:** ビオチン, 食品, 摂取量, 食品成分表, 含量

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<sup>1-4)</sup>。ビオチンが欠乏すると、これらの代謝経路が阻害されたり、生理機能が障害されることにより、神経炎、感染症などが引き起こされる。また、動物実験では、ビオチン欠乏状態になると、鳥類の胚で形態形成異常が起こることが古くから知られている<sup>5)</sup>。近年、哺乳動物においても、ビオチンが妊娠を維持したり、胎児や乳児の成長を保つのに関与していることが明らかにされつつある。最近の報告では、妊娠の経過に伴って、血中や尿中のビオチン濃度が低下することや、ビオチンが皮膚疾患や糖尿病と関わっていることが示唆されている<sup>6-8)</sup>。

ビオチンは、種々の食品に広く分布しており、とくに、レバー、卵黄、種実類などの食品に多く含まれている<sup>9)</sup>。また、2003年7月から、食品添加物としてサプリメントなど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<sup>3)</sup>。

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。五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、国内外の文献に記載された分析値がまとめられたものである<sup>10)</sup>。これには、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、Hardinge *et al.* (1961) が食品について広範な分析データを報告して以来、著者らが知る限りでは3編の報告しかない<sup>9)11)12)</sup>。デンマークやドイツにおいては、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<sup>13)14)</sup>。一方、わが国では市販されている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ベビーフードのビオチン量などが分析されている<sup>15)</sup>。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。このように、ビオチンの摂取量を知る上で、現状のデータでは不十分で

\* 連絡者・別刷請求先 (E-mail: watanabe@shse.u-hyogo.ac.jp)

<sup>1</sup> 兵庫県立大学環境人間学部食環境解析学研究室 (670-0092 姫路市新在家本町 1-1-12)

ある。

そこで、本研究では、わが国で日常的に摂取されている食品中のビオチン含量とその存在状態を解析した。また、諸外国の食品成分表に記載されているビオチン含量と比較検討を行った。さらに、わが国におけるビオチン摂取量についても推定した。

## 実験方法

### 1. 実験材料

食品のサンプルは、日常的に摂取しているものから摂取頻度の高いものや、ビオチン含量の高いことが知られているものを中心に、代表的な101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、家禽類の卵（ニワトリ、ウズラ、ダチョウ）、魚類の卵（イクラ（しろさけ）、タラコ（すけとうだら）、からしめんたいこ（すけとうだら）、カズノコ（にしん）、いずれも食用として塩蔵等の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。

サンプルはすべて姫路市内で市販されているもので、平成15年12月から平成16年1月の間に購入した。また、サンプルには、国内産のもののみでなく、外国産のものも含まれている。

### 2. 水分量の定量

サンプルの一部は、処理前に、水分量を測定した。まず、それぞれのサンプルをアルミニウム製秤量容器に入れ、正確に秤量した。その後、秤量容器とサンプルを電気定温乾燥器に入れ、115°Cで加熱した。加熱後、秤量容器をデシケータに入れ、放冷後、秤量した。サンプルの重量が恒量になるまで、加熱と秤量を繰り返し行い、サンプルの乾燥後重量を決めた。乾燥前重量との差から

水分含量（%）を算出した。

サンプルの残りに、1/15 M リン酸緩衝液（pH 7.2）を加えて、十分にホモジナイズしたものをサンプル溶液とした。また、処理済みのサンプルは、測定時まで-40°C下で凍結保存した。

### 3. ビオチンの定量

ビオチン含量は、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<sup>16-18)</sup>に従い、比濁法で測定した。図1および図2には、本研究で行った微生物学的定量法のプロトコールを示した。

乳酸菌の前培養にはM.R.S.Broth培地を用い、18時間培養後、遠心分離（2,800×g, 10分）し、集菌した。菌体を滅菌生理食塩水で洗浄後、菌濃度を濁度で調整したものを、接種菌液とした。定量時の培養には、ビオチン定量用基礎培地（日水製薬㈱）を用いた。測定は、マイクロプレートマネージャー（BIO RAD）を用い、OD<sub>610</sub>で測定した。培養には、マイクロプレートを用い、培養時間は18時間とした。測定は、すべて四重測定で行った。また、D-ビオチン（純度97.0%以上、和光純薬工業㈱）10.0 mgを精秤し、70%エタノール10 mLに溶解後、95%エタノールで10倍希釈したものを、さらに水で希釈し、標準溶液を調製した。ビオチン濃度は、μg/100 gとして有効数字3桁まで示した。

食品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（以下、結合型ビオチンと記す）で存在する。そこで、サンプルの一部については、総ビオチンと遊離型で存在するビオチン（以下、遊離型ビオチンと記す）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、比較を行った。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量とした。また、サンプル溶液に同量の4.5 N 硫酸を加え、オー

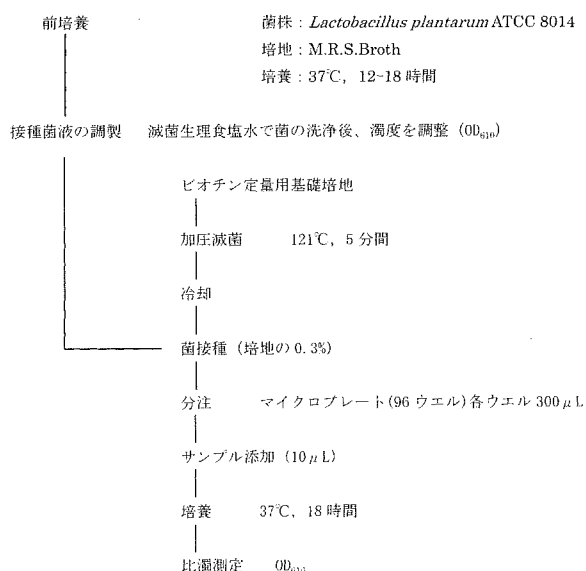


図1 ビオチンの微生物学的定量法プロトコール

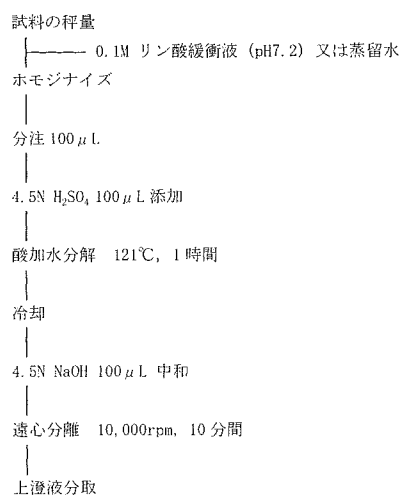


図2 試験溶液の調製

トクレーブ (121°C, 1.2 kg 重/cm<sup>2</sup>, 60 分) で酸加水分解後, 4.5 N 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量とした<sup>19)20)</sup>。

#### 4. 諸外国との比較

本研究での分析結果および文献に記載されている値を食品群別に分類した。食品群の分類は, 五訂日本食品標準成分表に基づいて, 18 食品群に分けた。また, ビオチン含量を食品群別に, 諸外国の既存のデータと比較した。デンマークの食品については, 約 350 品目の総ビオチン量が示されている Web サイト (2002 年, 5 訂版) を利用した<sup>13)</sup>。ドイツの食品については, ドイツの食品成分表 (2000 年, 6 訂版) を引用した<sup>14)</sup>。カナダの食品中のビオチン含量については, Hoppner *et al.*<sup>12)</sup> の報告を引用した。

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<sup>9)11)</sup>。さらに, ベビーフードに関する文献 1 編を利用した<sup>15)</sup>。

また, 本研究で遊離型ビオチンを分析した食品については, 遊離ビオチン率も記載した。

#### 5. 食品群別ビオチン含量および食品群別ビオチン摂取量の推定

ビオチン分析結果をもとに, 食品群ごとにビオチン含量を算出し, それぞれの平均値を代表値とした。また, 平成 13 年度国民栄養調査結果<sup>21)</sup> を利用して, 食品群別にビオチン摂取量を算出し, わが国の成人男女の 1 日あたりのそれぞれのビオチン摂取量を推定した。

### 結果および考察

表 1 は, 今回測定した食品 100 品目の総ビオチン含量の結果と諸外国の総ビオチン含量を日本食品標準成分表の記載にしたがってまとめ, 比較したものである。また, 参考値として, 表 2 にベビーフードの総ビオチン含量をまとめた。表 3 は, 食品のビオチン含量から算出した食品群別のビオチン含量をまとめたものである。

本研究での結果をみると, 豆類, 種実類, きのご類, 卵類, 調味料および香辛料類において, ビオチンが多く含まれていた。個々の食品では, 豆類では大豆, 種実類ではアーモンド, 落花生, 卵類では卵黄, 調味料および香辛料では米味噌, それ以外の食品群では, 肉類の豚レバー, 鶏レバー, その他のローヤルゼリーにおいて, 20  $\mu\text{g}/100\text{g}$  以上と, 特に多くビオチンを含んでいた (表 1)。一方, 穀類, いもおよびデンプン類, 野菜類, 果実類, 乳類などでは, ビオチン含量は低値であった。

各食品群ごとにみると, 穀類のビオチン含量の平均は, 本研究では 2.8  $\mu\text{g}/100\text{g}$  であり (表 3), 諸外国のデータと比較して低値を示した<sup>9)12-14)</sup>。特に米 (精白米) では, 低値であった。これは, 米糠にビオチンが多く含まれていることから, 精白状態によって差異が生じることが考えられる。ソバ粉に 5.3  $\mu\text{g}/100\text{g}$  と比較的多くビオチンが存在しているのは特徴的である。

いもおよびデンプン類では, 2.7  $\mu\text{g}/100\text{g}$  とビオチンはあまり含まれていなかった (表 3)。サツマイモのビオチン含量が 3.5  $\mu\text{g}/100\text{g}$  と他の食品よりもやや高く, この傾向は諸外国とのデータと一致している<sup>9)14)</sup>。

豆類には, 10.3  $\mu\text{g}/100\text{g}$  とビオチンが多く含まれていた (表 3)。大豆 (全粒, 乾) のビオチン含量は, 21.9  $\mu\text{g}/100\text{g}$  と高値であるが, 諸外国のデータでは, 約 60  $\mu\text{g}/100\text{g}$  とわが国の 3 倍近い値であった。しかし, この原因は明らかではない。また, 大豆だけでなく, 大豆加工食品や小豆やササゲにも多くビオチンが含まれていた。

種実類には, ビオチンは 35.2  $\mu\text{g}/100\text{g}$  と多く含まれており (表 3), 諸外国と比較しても, 高いビオチン濃度を示した<sup>9)12-14)</sup>。特にアーモンドでは 32.9  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , 落花生では 81.0  $\mu\text{g}/100\text{g}$  と高値であった。

野菜類, 果実類では, いずれも一般にビオチン含量は低値であったが, これは諸外国とほぼ一致していた<sup>9)12-14)</sup>。野菜では, カリフラワーのビオチン含量は高く, 諸外国のデータではケール, タマネギで高値であった。また, 一般に, 淡色野菜よりも緑黄色野菜にビオチンが多く含まれる傾向がみられた。

きのご類では, シイタケ, マッシュルームともに約 14  $\mu\text{g}/100\text{g}$  と高値であり, マッシュルームは諸外国のデータでも高値を示していた<sup>9)11)13)14)</sup>。しかし, 食品数が少ないため, 他のきのご類でも検討する必要がある。

魚介類のビオチン含量は, 本研究では 9.0  $\mu\text{g}/100\text{g}$  であったが (表 3), 諸国間でばらつきがみられた。デンマーク<sup>13)</sup> やドイツ<sup>14)</sup> の食品成分表ではビオチン含量は低値であるが, これらの国では, 燻製や缶詰などの加工が施されているものが多く存在することが影響している可能性が考えられる。

肉類においては, 本研究では 34.0  $\mu\text{g}/100\text{g}$  と高値であったが (表 3), 諸国間でビオチン含量に差異がみられた<sup>9)11-14)</sup>。この理由としては, 肉類では, 各国の食文化などによって食用とする蓄肉類や部位が大きく異なることがあげられる。わが国で摂取される肉類としては, 牛, 豚, 鶏肉が中心であり, 食用とする部位も限られる。ビオチンは筋肉部分には少なく, おもに臓器に多く含まれ, 特に肝臓 (レバー) に多い。

卵類のビオチン含量は, 23.0  $\mu\text{g}/100\text{g}$  と高値であった (表 3)。卵類では, 分析したすべての食品について, 諸外国と同様の値を示した<sup>9)11-14)</sup>。

乳類では, デンマーク<sup>13)</sup> やドイツ<sup>14)</sup> の食品成分表でチーズに関するデータが豊富に収載されており, 食文化の違いを顕著に表している。チーズを作るときに生じるホエーにビオチンが多量に存在しているのが特徴的であった。

調味料では, 諸外国と大きな相違がみられた (表 3)<sup>12)13)</sup>。諸外国では酵母類にビオチンが多量に含まれており, わが国では醤油や味噌が, ビオチン含量の高い大

表1 食品中のビオチン含量 (一般食品)

No	日本食品群	日本食品番号	食品名	水分 (%)	本研究 総ビオチン ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )	参考文献 総ビオチン ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )					備考			
						A	B	C	D	E				
1	1. 穀類	1004	えんぱく					20.0	24.0					
2		1006	おおむぎ						31.0					
3		1007							31.0					
4		1015	こむぎ(小麦粉)		62	3.6								
5		1020				2.1								
6		1031	[パン類]					1.9	2.0					
7		1035						1.9						
8		1063	[マカロニ・スパゲッティ類]					1.0						
9		1064						0.2						
10		1080	こめ(水稲穀類)					3.0	12	6.0	3.0	遊離率: 2.1%		
11		1083			15	2.0	3.0	3.0	6.0	3.0				
12		1085	[水稲めし]			63	3.2	3.0			12.0			
13		1088			64	0.9					2.5			
14		1089									58.0			
15		1111	[うるち米製品]					1.0						
16		1121	そば		13	5.3								
17		1131	とうもろこし						6.0					
18		1132							6.0					
19		1136							6.1					
20		1142	ライ麦						3.0					
21			分類不可						13					
22									20					
23									2.5					
24									1.0					
25									1.9		9.0			
26									6.0		16.0			
27									1.9					
28									1.9					
29									7.0					
30									44					
31									17					
32									1.5					
33									1.1					
34									2.0					
35									2.9					
36									2.9					
37									8.3					
38											14.0			
39											0.0			
40									6.2					
41									2.2					
42											1.9			
43											2.0			
44											6.0			
45											3.0			
46											6.0			
47									3.0					
48									3.5	3.5				
49									3.5	2.9				
50									1.9					
51									6.0					
52									19.0					
53									6.0					
54									7.0					
55									1.7					
56									1.0					
57											8.0			
58											10.0			
59											6.6			
60									3.0					
61											1.6			
62											24.0			
63											29.0			
64											24.7			
65											6.2			
66											18.5			
67											5.3			
68											13.1			
69											4.7			
70											15.9			
71											12.2			
72											3.8			
73											11.0			
74											4.0			
75											21.5			
76											6.0			
77											5.8			
78		2. いもおよびデンプン類	2006	ぎつまいも	67	3.5		4.3		4.3		遊離率: 42.9%		
79			2017	じゃがいも	75	1.8	0.5	0.4						
80			2019								0.1			
81			2034	(でん粉類)							0.1			
82			2035								6.6			
83				分類不可							0.1			
84				その他								9.0		
85			3. 砂糖および甘味料類	3022	その他	11	2.2							
86				4. 豆類	4001	あずき	14	10.1						
87					4012	えんどう				34.0				
88		4014							114					
89		4017			ささげ	9	10.0					21.0		
90		4022			だいず(全粒・全粒製品)	13	21.9						70.0	
91		4029												
92		4032			[豆類・油揚げ類]			85	6.4					
93		4033						89	6.4					
94		4039						39	4.2					
95		4046	[納豆類]				61	13.1						
96		4054	[その他]								1.3			
97		4065	ひよこまめ								11.9			
98		4071	りよくとら								10.0			
99		4073	レンズまめ								7.5			
100			分類不可								13.2			
101									9.0					
102							0.5	19						
103								7.5						
104							60.0	60	3.0	61.0	マメ科ササゲ属			
105									3.0					
106							0.5							
107							0.5			18.4				

表 1 つづき

No	日本食品群	日本食品番号	食品名	水分 (%)	本研究 総ビオチン (μg/100g)	参考文献 総ビオチン (μg/100g)					備考	
						A	B	C	D	E		
108	5. 雑穀類	3001	アーモンド	乾	7	32.9	0.4	1.5				
109		3005	カシューナッツ	フライ、味付け								
110		3010	くり類	くり、生				1.3				
111		3011	くるみ	いの	3	15.5	19.9			37.0		
112		3018	ごま	いの	2	11.4						
113		3028	ブラジルナッツ	フライ、味付け			2.0					
114		3029		ペーゼルナッツ、乾燥			2.0					
115		3031	らっかせい	乾				34				
116		3035		いの	2	81.0				34.0		
117		3036		バターピーナッツ						39.0		
118		3037		ピーナッツバター					3.9			
119			分類不可	ペカン、平生						27.0		
120		6. 野菜類	6007	アスパラガス	若菜、生	91	3.5	0.2	2.0	0.5		
121			6009		水煮缶詰				0.2	1.7	1.7	
122			6010	いんげんまめ	さやいんげん				0.7	7.0	7.3	
123			6022	(えんどう類)	スキップえんどう、若さや、生	91	5.3					
124			6023		グリーンピース、生			3.0	5.3			
125			6026		グリーンピース、水煮缶詰				1.5			
126			6034	かぶ	葉、生			0.1	2.0			
127	6037		根、皮つき、ゆで						0.1			
128	6048		(かぼちゃ類)	西洋かぼちゃ、果実、生			0.1	0.1				
129	6051		カリフラワー	花序、生	92	10.0	1.5	1.5		17.0		
130	6061		(キャベツ類)	キャベツ、結球葉、生	94	3.2	1.2	3.1	0.2	2.4		
131	6064			レッドキャベツ、結球葉、生				0.1	2.0			
132	6065		きゅうり	果実、生			0.4	0.9				
133	6069			漬物、ビクルス、スライト型				0.4			砂糖無添加	
134	6070			漬物、ビクルス、サー型			0.4					
135	6077		クレソン	葉菜、生			0.4					
136	6080		ケール	葉菜、生				0.5				
137	6119		セロリー	葉菜、生			0.1	0.1	0.1			
138	6132		(だいこん類)	だいこん、根、皮つき、生	95	1.1						
139	6133		(たまねぎ類)	たまねぎ、りんネ、生	96	1.5	0.9	3.5	3.5	3.5		
140	6139		チコリー	若芽、生			0.7	4.8				
141	6176		(とうもろこし類)	スイートコーン、未熟種子、ゆで						21.0		
142	6178			スイートコーン、未熟種子、冷凍				0.5				
143	6178			スイートコーン、未熟種子、カーネル、ホール、冷凍						6.0		
144	6179			スイートコーン、缶詰、クリームスタイル						0.7		
145	6180			スイートコーン、缶詰、ホールカーネルスタイル				0.5		2.2		
146	6181		(トマト類)	キングコーン、幼穂穂、生			0.5					
147	6182			トマト、果実、生	95	1.7	1.5	4.0	1.2	4.0	遊離率：70.0%	
148	6184				缶詰、ホール				1.8	1.8		
149	6185				缶詰、ジュース			1.5				
150	6212			(にんじん類)	にんじん、根、皮つき、生	89	5.1	3.1	5.0	2.5	2.5	遊離率：40.5%
151	6277		(ねぎ類)	葉ねぎ、葉、生	91	2.3						
152	6283			結球葉、生	97	3.0						
153	6289		パセリ	葉、生			0.4	0.4				
154	6283			花序、生			0.5	0.5				
155	6267		ほうれんそう	葉、生	91	6.2a	1.6	6.9		6.9		
156	6268			葉、ゆで						2.3		
157	6269			葉、冷凍			1.6					
158	6283		めきゃべツ	結球葉、生				0.4				
159	6308			りん葉菜、ゆで				1.6				
160	6312		(レタス類)	レタス、結球葉、生	95	2.3a		1.9	3.0	3.1		
161	6315			サニーレタス、葉、生	94	5.7						
162			分類不可	エルサレムアーティチョーク、生				0.5				
163				いんげん豆、缶詰				0.5				
164				豆 (グリーン)、冷凍				0.7				
165				西洋かぼちゃ、缶詰				0.4				
166				キャベツ (調理)					0.2			
167				レッドキャベツ、缶詰				0.1				
168				レッドキャベツ (砂糖無添加)、缶詰				0.1				
169				ケール、生				36.0				
170		ケール、冷凍					36.0					
171		たまねぎ、乾燥						28				
172		たまねぎ (調理)						0.9				
173		にんじん (調理)						1.5				
174		にんじん、根、皮つき、ゆで、缶詰							1.5			
175		ブリュッセルズブラウト、生					0.4					
176		アメリカポウワウ						0.1				
177		イノンド、生					0.4					
178		ウイキョウ						2.5				
179		キャベツレタス、生					0.7					
180		スウェーデンカブ、生					0.1	0.1				
181		チャービル、刻み、冷凍				1.6						
182		チャービル、生				1.6						
183		チャイブ、生				0.4						
184		チリメンタマナ					0.1					
185		パースニップ、生				0.1						
186		ポロ葱、生				1.4						
187		球形カンラン					2.7					
188		ビート (角切)						1.9				
189		サラダ用ビート						2.7				
190	7. 果実類	7003	アセロラ	生			2.5					
191		7006	アボカド	生			3.2	10	5.5			
192		7008	あんず	乾			1.0					
193		7012	いちご	生	87	2.2	1.1	4.0	4.0			
194		7016	いちじく	乾			1.0					
195		7022	うめ	梅干し、塩漬	80	2.0						
196		7027	うんしゅうみかん (オレンジ類)	しょうのう、普通、生	87	0.9						
197		7041		パレンシアオレンジ、砂糖、生			0.9	2.3	1.0	1.9		
198		7042		パレンシアオレンジ、果実飲料、ストレートジュース				1.4		0.3		
199		7043		パレンシアオレンジ、果実飲料、濃縮還元ジュース	89	1.4	0.9		0.8	0.6		
200		7061	くみ	生				3.3				
201		7062		砂糖、生	89	0.9	1.0	0.4	3.0			
202		7063	グレープフルーツ	果実飲料、ストレートジュース				0.5	0.7			
203		7064		果実飲料、濃縮還元ジュース	91	0.5	1.0	0.5	0.7	0.7		
204		7077	すいか	生					3.6			
205		7091		西洋ナシ、生			0.1	0.1				
206		7107	バナナ	生	71	2.5	3.5	3.5	4.0	4.4	4.5	
207		7116		生			0.3	1.5	1.6	1.6		
208		7117	ぶどう	干しぶどう			2.6			4.5		
209		7119		果実飲料、濃縮還元ジュース				1.2		0.3		
210		7135	メロン (もも類)	露地メロン、生						3.1		
211		7136		もも、生			0.2	1.9	2.0	1.7		
212	7138	もも、缶詰、果肉				0.2	0.2		0.2			

表1 つづき

No	日本食品群	日本食品番号	食品名	水分 (%)	本研究 総ピチン (μg/100g)	参考文献 総ピチン (μg/100g)					備考
						A	B	C	D	E	
213	7. 果実類 (つづき)	7146	ラズベリー	生		1.9					
214		7148	りんご	生	81	2.2	0.3	1.5	0.9	0.9	濃縮率: 42.6%
215		7150		果実飲料, 濃縮還元ジュース		89	0.6	1.0		0.4	
216		7155		レモン	生		0.5				
217		7156		果汁, 生			0.3	0.3			
218				分類不可							
219				プラム, 冷凍					4.0		
220				いちじく, ジヤム			1.8				高糖度
221				いちじく, 缶詰				1.0			
222				オレンジジュース, 無糖				0.8			
223				さくらんぼ (ブルーベリー・ハuckleベリー)				1.1			
224				さくらんぼ, 生				0.4	0.4		
225				りんごピューレ				0.4	0.3		
226				りんご, 乾果				0.9			
227				りんごソース					0.9		
228				下しぶどう (黒), 生			2.4				
229				下しぶどう (赤), 生			2.6				
230				ブラックベリー, 生			0.4				
231				ラズベリー (ジヤム)			1.8				
232				ラズベリー, 冷凍					1.9		
233				エルダーベリー, 黒				1.8			
234				エルダーベリージュース				0.7			
235				カシューフルーツ				1.5			
236				リンゴンベリー, 生			2.4				
237				グースベリー				0.5			
238				ブラックカラント				2.4			
239				マンダリン				0.5			
240				レッドカラント				2.6			
241				スグリの実, 生				0.5			
242				ココナッツ, 生				0.5			
243				タンジェリン, 生				0.8			
244				タンジェリン, 缶詰				0.8			
245	8. きのご類	8011	しいたけ	生しいたけ, 生	90	13.5					
246		8031	マッシュルーム	マッシュルーム, 生	91	13.5	16.0	16	16.0	11.7	
247		8033		マッシュルーム, 水煮缶詰			16.0				
248	10. 魚介類	10060	(いわし類)	いわし, 缶詰, 水煮					24.0		
249		10062		いわし, トマト漬			4.0				
250		10063		いわし, 缶詰, 油漬			4.0	9.1	24.0		
251			10100	(かれい類)	まがけい, 生			1.2			
252			10103		まがけい, 生			1.2	1.2		
253			10134	(さけ・ます類) [しろさけ]	しろさけ, 生	74	9.3				
254			10140		しろさけ, イクラ	59	7.5				
255			10145		しろさけ, 水煮缶詰			9.4		15.0	
256			10149		べにさけ, 生			5.0	7.4		
257			10151		べにさけ, くん製			5.0			
258			10154	(さば類)	まさば, 生			7.0	4.3		
259			10164		缶詰, 水煮			7.0		18.0	
260			10180	(ししゃも類)	ししゃも, 生干し, 生	06	15.3				
261			10184		生			1.2			
262			10192	(たけのこ類)	まだい, 天然, 生	64	4.4				
263			10199		すけとうだら, 生			1.1			
264			10202		すけとうだら, たらこ, 生	69	13.5	13.0			
265			10204		すけとうだら, からしめんたいこ	66	14.5				
266			10205		まだら, 生			2.2			
267			10218		生			10.0	4.5		
268			10221		くん製			5.1	5.1		
269			10222		かずのこ, 生	62	4.8				
270			10253	(まぐろ類)	くろまぐろ, 赤身, 生	08	2.6	1.5			
271			10260		缶詰, 水煮, フレーク, ライト			3.0		3.0	
272			10263		缶詰, 油漬, フレーク, ライト			3.0	2.1		
273			10281		あさり, 生			2.3			
274			10292		かき, 生	76	14.0	41.0	10.0	8.7	
275			10311		ほたてがけい, 生			1.1			
276			10363		うに, 生	69	4.6				
277				分類不可	スプラト, トマト煮			4.0			
278					ハリバ, 缶詰					8.0	
279					つのがけい, 生			1.2			
280				レモンソール, 生			5.0				
281				サーモン, 缶詰			5.0				
282				さば, 缶詰, トマト煮			7.0				
283				さば, くん製			7.0				
284				たらこ, 缶詰			13.0				
285				キッパー, 缶詰, 油漬			4.5				
286				まぐろ, 缶詰, トマト煮			3.0				
287				にじます			4.5				
288				タスク			0.1				
289				ハドック, 生			5.0	2.5			
290				キュウリウオ			30				
291				魚, 冷凍				10.0			
292				かに, 缶詰			4.6				
293				ヘイルバット, いか, 生			5.0				
294				ノルウェーロブスター, 生			5.0				
295				ロブスター, 生			5.0	4.5			
296				ロブスター, 缶詰			5.0				
297				小エビ			0.3				
298				えび, ゆで, 殻除去			1.0				
299				えび, 缶詰			1.0				
300				ガーハイグ, 生			1.2				
301	11. 肉類	11003	うきぎ	肉, 赤身, 生			1.0				
302		11004	うし [和牛肉]	かた, 脂身つき, 生	68	1.3					
304		11075	[輸入牛肉]	もも, 脂身つき, 生			4.6		2.6		
305		11083		ヒレ, 赤肉, 生			4.6				
306		11086	[子牛肉]	リブローズ, 皮下脂肪なし, 生					2.0		
307		11090	[副生物]	舌, 生	38	0.9	2.0	3.2			
308		11091		心臓, 生			2.0	7.3			
309		11092		肝臓, 生			33.0	100	96.0		
310		11093		じん臓, 生			24.0	58.0			
311		11101		臓, 砂で			3.0				
312		11104	[加工品]	ローストビーフ					3.0		
313		11105		コンビーフ缶詰			2.0				
314		11109		肉, 赤身, 生			2.6				
315		11123	ぶた [大型種肉]	ロース, 脂身つき, 生			2.6		5.2		
316		11126		ロース, 皮下脂肪なし, 生			2.6				
317		11127		ロース, 赤身, 生			2.6				
318		11129		ばら, 脂身つき, 生			2.6				
319		11131		もも, 脂身つき, 生			2.6				
320		11134		もも, 赤肉, 生			2.6				

表 1 つづき

No	日本食品群	日本食品番号	食品名	水分 (%)	本研究 総ビオチン ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )	参考文献 総ビオチン ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )					備考	
						A B C D E						
						A	B	C	D	E		
321	11. 肉類 (つつき)	11164	ぶた[副生物]			2.0						
322		11165	舌, 生			18.2	4.0					
323		11166	心臓, 生	69	54.5	44.0	27.0	100	100			
324		11167	肝臓, 生			32.0						
325		11175	「ハム類」		74	4.1		5.0	5.0			
326		11183	「ベーコン類」		56	6.5		7.0	7.0			
327		11186	「ソーセージ類」					3.0				
328		11188					3.0					
329		11189					3.7					
330		11190						3.0				
331		11194					3.7					
332		11200	「めんよう」[マトン] 「ラム」]	もも, 脂身つき, 生			1.0					
333		11202		ロース, 脂身つき, 生			1.0					
334		11203		もも, 脂身つき, 生			1.0	6.0		5.9		
335		11205	「あいがも」	肉, 皮つき, 生			6.0					
336		11210		肉, 皮なし, 生			2.0					
337		11218	「しちめんちょう」	手羽, 皮つき, 生	66	2.6						
338		11221	「にわとり」[若鶏肉]	もも, 皮つき, 生	51	2.9						遊離率: 23.1%
339		11227		さき身, 生	75	5.5						
340		11232	「副生物」	肝臓, 生	74	227.4						
341		11233		筋肉, 生			1.0					砂きも
342			分類不可	野うさぎ, 生			6.1					
343				うし, ロース						3.4		
344				うし, ランプ					3.8			
345				うし, ビーフステーキ						3.0		
346				うし, 豚					6.1			
347				うし, 肺					5.9			
348				うし, 脾臓					3.7			
349				うし, 脳(片)					6.1			
350				うし, 脳(片)					5.9			
351				うし, 舌, 生(子牛)					3.3	3.3		
352				うし, 舌, 保存(子牛)					3.3			
353				うし, 心臓, 生(子牛)					7.3	7.3		
354				うし, 肝臓, 生(子牛)					36.0	75		
355				うし, 腎臓, 生(子牛)					24.0	80		
356				ぶた						4.0		
357				ぶた, 生, 皮付き背肉					2.6			
358				ぶた, デンターロイン, 生					2.6			
359				ぶた, もも, 脂詰					2.6			
360				ぶた, ほら, 皮付き, 脂肪なし, 生					2.6			
361		ぶた, 首, 無脂肪, 生						2.6				
362		ぶた, 舌						2.0				
363		ぶた, チョップ, 骨付き						3.5				
364		ぶた, ハム, もも, 燻製, ゆで						2.6				
365		ぶた, ロース, 切り身, 燻製						2.6				
366		ぶた, ベーコン						14.0				
367		ぶた, ベーコン, 煮る						1.0				
368		ぶた, ベーコン, 揚げる						1.0				
369		ぶた, もも						2.6				
370		ぶた, もも, 燻製						2.6				
371		ぶた, 軟骨							5.0			
372		ぶた, 軟下肉, 燻製, ゆで						2.0				
373		ぶた, 豚足						2.6	5.1			
374		ぶた, フランクフルト, 揚げる						3.7				
375		ぶた, サビロイタイプ						3.7				
376		ぶた, ネットワグスト, 燻製						3.7				
377		ぶた, 腹肉						2.6				
378		めんよう, マトン, かた, 生						1.0				
379		めんよう, マトン, むね						2.0				
380		めんよう, ラム, 肝臓						130				
381		めんよう, ラム, チョップ							3.0			
382		めんよう, ラム, むね, 生					1.0					
383		めんよう, ラム, かた, 生					1.0					
384		めんよう, ラム, 腹肉, 生					1.0					
385		めんよう, ラム, 肝臓, 生					3.0					
386		めんよう, ラム, 肝臓							127			
387		にわとり, 平均値						2.0	10.0			
388		にわとり, 若鶏肉, 皮つき, 生					2.0					
389		にわとり, 赤身							10.0			
390		にわとり, 白身							11.3			
391		にわとり, 副生物, 肝臓, 焼く, 揚げる, 生					21.0					
392		しちめんちょう, 皮つき, 生					2.0					
393		ブラックベニング					2.0					
394	12. 卵類	12002	うずら卵	72	8.2							
395		12004	(鶏卵類)	75	22.10	25.0	25	25.0	22.5	27.2		
396		12005		79	15.90							
397		12009						84				
398		12010		48	63.90	60.0	53	52.0	54.9		遊離率: 71.1%	
399		12013						110				
400		12014						7.0	7.0	1.5		
401	12016		卵白, 乾燥卵白				57					
402	13. 乳類	13002	牛乳, ホルスタイン種						4.7			
403		13003	(錠状乳類)	87	3.8	3.5		5.0			AC: 全乳	
404		13004		86	2.7	1.4	3.5					
405		13004		86	2.7	1.4	3.5					
406		13005		90	2.8	1.4	3.5					
407		13006		91	3.0	1.5	2.0	3.4				
408		13009	(粉乳類)				2.0	1.5	5.0			
409		13011						24	5.0	4.5		
410		13013	(練乳類)					5.9				
411		13031	(チーズ類)					1.5				
412		13032	ナチュラルチーズ, エダム					1.7	3.0			
413		13033	ナチュラルチーズ, エメンタール					1.5		2.0		
414		13034	ナチュラルチーズ, カテージ					6.0	4.1			
415		13035	ナチュラルチーズ, カマンベール					1.5				
416		13037	ナチュラルチーズ, クリーム					1.7	1.9	3.6		
417		13038	ナチュラルチーズ, チェダー					1.5	3.0			
418		13040	ナチュラルチーズ, パルメザン					1.5	3.2			
419		13043	(アイスクリーム類)	43	4.3					3.0		
420		13050	(その他)									
421		13051	チーズホエーパウダー						43			
422		13052	人乳					0.7	0.5			
423			その他					2.0	3.9			
424			分譲不可	生乳, 水牛					11.0			
425				全乳(脂肪3.5%)				2.0				
426				バターミルク				1.4				
427				チョコレート入りスキムミルク				2.0				
428			全乳, 乾燥粉末				10.0					
429			スキムミルク, 乾燥粉末					14.0				
430			コンデンススキムミルク, 加糖					3.8				



表1 つづき

No	日本食品群	日本食品番号	食品名	本研究		参考文献					備考		
				水分 (%)	総ビオチン ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )	総ビオチン ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )							
				A	B	C	D	E					
430	13. 乳類 (つづき)		分類不可	フレッシュ、スキムミルク				7.0					
431					ホイップ			0.9	3.4				
432						バタークリーム			1.5				
433						イメール		2.6					
434						ヨーグルト		3.5	3.5				
435						ケフィール (乳酒)			3.5				
436						牛乳、発酵乳			3.5				アシドフィリス菌発
437						サワークリーム			1.4	3.0			
438						チーズ、クリーム			1.4	3.4			
439						チーズ、クリーム (培養)			1.4				
440						チーズ、グリュイエール				1.3			
441						チーズ、リンパーガー				8.6			
442						チーズ、エスロム、セミハード		1.5					
443						チーズ、エルボン、フィルム状		1.5					
444						チーズ、クァーグ		1.5					
445						チーズ、グラナ、固形		1.5					
446						チーズ、フレッシュ				3.6			
447						チーズ、グルジア、固形		1.7					
448						チーズ、ゴルゴンゾーラ				2.0			
449						チーズ、サベンボ、フィルム状		1.5					
450						チーズ、サムソー、フィルム状		1.5					
451						チーズ、セントポーリン、セミハード		1.5					
452						チーズ、ダンドニ、フィルム状		1.5					
453						チーズ、デニッシュブルー		1.5					
454						チーズ、ハバティニ、セミハード		1.5					
455						チーズ、ヒンギノ、固形		1.5					
456						チーズ、フィンボ、フィルム状		1.5					
457						チーズ、フェタ、セミハード		1.5					
458						チーズ、フォンティナ、セミハード		1.5					
459						チーズ、マイセラブルー		1.5					
460						チーズ、マリボン、フィルム状		1.5					
461						チーズ、ミセオスト、ホエー		1.5					
462						チーズ、ミンスタ、フィルム状		1.5					
463						チーズ、モツァレラ		1.5		2.0			
464						チーズ、ロックフォール		1.5					
465						チーズ、熟成、燻製		1.5					
467						チーズ、青白カビ		1.5					
468						チーズ、ブリー、クリーム状				6.2			
469						チーズ、ブリー				6.0	3.0		
470						チーズ、クォーク、フルーツ入				1.0			
471						固形チーズ					2.0		
472						羊乳				9.0			
473						ジャンケット				3.5			
474			14. 油脂類	14006	(植物油類)	調合油	0	0.1					
475				14020	(マーガリン類)	ソフトタイプマーガリン	25	0.1				3.4	
476			15. 菓子類	15097	(ビスケット類)	ビスケット、ハード				2.8			
477				15103	(スナック類)	ポテトチップス				1.5			
478	15116	(チョコレート類)		ミルクチョコレート	0	5.3	3.0	4.5		32.0			
479		分類不可		スイートルール						2.0			
480				マジパン				0.3	2.0			アーモンド粉末、砂糖、卵白	
481	16. 嗜好飲料類	16006		(醸造酒類)	ビール、淡色	91	0.7	0.9	0.3				
482		16007			ビール、黒				0.3				
483		16009		発泡酒	90	0.5							
484		16010		ぶどう酒、白				0.5					
485		16011		ぶどう酒、赤				1.4					
486		16014	(蒸留酒類)	しょうちゆう、甲類	35	0.1							
487		16015		しょうちゆう、乙類	67	0.2							
488		16023	(混成酒類)	合成酒	79	0.1							
489		16025		みりん、本みりん	56	0.3a							
490		16048	(コーヒー・ココア類)	ビュアココア					20				
491			分類不可	Nutrient beer					1.4				
492				ラガービール					1.2				
493				ビール、アルコールフリー					0.7				
494				麦芽飲料					0.3				
495				レモネード (平均値)				0.2					
496		17. 調味料 および香辛料類	17007	(しょうゆ類)	こいくちしょうゆ	68	13.5						
497			17008		うすくちしょうゆ	71	11.9						
498			17034	(トマト加工品類)	ピューレ				1.5				
499			17036		ケチャップ				1.5		1.8		
500	17042		(ドレッシング類)	マヨネーズ				12.0					
501	17044		(みそ類)	米みそ、甘みそ	42	26.9a							
502	17047			麦みそ	35	7.7							
503	17082		その他	パン酵母、圧搾				60.0		33			
504	17083			パン酵母、乾燥				200.0					
505			分類不可	ビール酵母、乾燥					115				
506	18. 調理加工食品類		分類不可	トマトペースト (濃縮)				3.0					
507				アントレ (グルテン型) Choplets					12.8				
508				アントレ (グルテン型) Dinner Cuts					5.0				
509				アントレ (グルテン型) Vegeburger					6.0				
510				アントレ (グルテン型) 加重平均					7.0				
511				アントレ (ナッツミート型) Linketts					9.5				
512				アントレ (ナッツミート型) Nuteena					38.0				
513				アントレ (ナッツミート型) Patties					4.0				
514				アントレ (ナッツミート型) Proteena					22.0				
515				アントレ (ナッツミート型) Vegalinks					7.0				
516			アントレ (ナッツミート型) 加重平均					13.3					
517	19. その他		分類不可	ローヤルゼリー	4	460.1				410			

<sup>a</sup> 2産地別サンプルの平均値、<sup>b</sup> 3産地別サンプルの平均値。A: デンマーク五訂成分表 (2002)<sup>13)</sup>, B: ドイツ六訂成分表 (2000)<sup>14)</sup>, C: カナダ食品成分値 (1998)<sup>12)</sup>, D: Hardinge MG and Crooks H (1961)<sup>9)</sup>, E: Guilarte TR (1985)<sup>11)</sup>。

豆を原料に作られていることに由来することが考えられる。

砂糖および甘味料類、海藻類、油脂類では、本研究でも諸外国でも十分なデータが存在していない。

わが国において、大豆を原料とする加工食品が多く存

在する。本研究では、その中でも摂取頻度の高い納豆、豆腐 (絹ごし、木綿)、生揚げ、味噌、醤油 (薄口、濃口) についてビオチン含量を測定した (表4)。大豆自体のビオチン含量は、21.9  $\mu\text{g}/100\text{g}$  と高いため、その加工食品も高いビオチン含量を示した。大豆加工食品の中でも、

表 2 食品中のビオチン含量 (ベビーフード)

No	食品群	食品名	参考文献		備考	
			総ビオチン (μg/100g) A	遊離率 (%) B		
1	1. 米飯類	精白米のみの食品	米がゆ	27.20	2.1	
2		精白米と魚介類を用いた食品	和風しらすがゆ	20.90	7.3	
3			さけの炊き込みごはん	7.17	2.8	
4			紅鮭ドリア	16.00	27.9	
5			しらす雑炊	6.13	8.8	
6			えびピラフ	19.20	8.4	
7			ひらめのおかゆ	5.29	4.3	
8			洋風弁当：サーモンチーズドリア	7.33	11.7	
9			精白米と肉類を用いた食品	牛肉と和風野菜のごはん	1.33	24.1
10		牛肉の炊き込みごはん		9.32	4.4	
11		ささみと豆腐のおかゆ		6.16	12.7	
12		とり雑炊		5.09	13.8	
13		鶏ごぼうごはん		8.15	7.8	
14		チキンライス		15.40	18.8	
15		チキンドリア		5.84	19.7	
16		チキンレバーライス		25.40	28.9	
17		すき焼き風おじや		6.52	9.5	
18		精白米と卵を用いた食品		卵おじや白身魚入	8.08	29.0
19			その他の食品	ハヤシライス	5.45	15.4
20				和風五目炊き込みごはん	8.25	10.8
21				磯がゆ	27.20	2.2
22				かやくごはん	6.35	12.3
23				中華おこわ	10.20	6.3
24				野菜とわかめの雑炊	6.93	2.5
25				和風弁当：炊き込みご飯	6.66	5.9
26				中華風弁当：五目チャーハン	10.30	15.7
27				総合離乳食	13.90	53.5
28		主食と雑穀を用いた食品		ひえのしらすがゆ	10.20	19.1
29			あわの中華風おじや	7.76	15.7	
30			アップルシリアル	18.30	10.4	
31			主食と小麦粉を用いた食品	パンがゆ	58.50	2.1
32				和風みそ煮込みうどん	6.92	11.7
33				煮込みうどん	7.64	2.4
34				牛肉煮込みうどん	8.01	5.4
35				親子煮込みうどん	11.90	18.4
36				シーフードクリームスパゲティ	3.94	28.9
37				げんちゃんうどん	3.05	23.9
38		スパゲティミートソース		12.30	10.2	
39		マカロニチーズ		1.1		
40		シーフードマカロニグラタン		5.87	12.8	
41	2. 主菜類	主菜と魚を用いた洋風食品	白身魚のホワイトシチュー	6.58	22.6	
42			サーモングラタン	5.61	16.0	
43			シーフードと野菜のグラタン	15.10	26.5	
44			かれいのトマトソース煮	9.96	11.9	
45			魚となぼちゃのグラタン	10.90	4.0	
46			サーモンシチュー	4.80	22.5	
47			ツナカレー	7.11	16.9	
48			ベビーディナー白身魚のクリーム煮	19.80	15.6	
49			主菜と魚を用いた和風食品	かれいと大根の煮付け	6.22	12.4
50				さかなと和風野菜	21.50	6.7
51		鮭と野菜のうま煮		4.81	14.6	
52		たらの野菜あんかけ風		6.70	13.1	
53		いわしのつみれ汁		5.05	7.5	
54		さけとにんじんのあわせ煮		5.37	7.3	
55		主菜と肉を用いた洋風食品	ビーフシチュー	20.30	20.6	
56			レバーと野菜ハイ・ミート	31.20	14.9	
57			レバーと野菜トマト煮	6.64	20.3	
58			レバー野菜	25.90	23.5	
59			牛レバー	71.1		
60			豚肉	1.5		
61			鶏肉	6.46	22.9	
62			七面鳥	1.8		
63			子牛肉	3.48	27.9	
64			豚もも肉	4.88	19.3	
65			牛レバーの野菜煮	8.70	11.6	
66			野菜と鶏肉のクリーム煮	5.85	16.1	
67			野菜と牛肉のトマト煮	4.41	13.6	
68			ベビーディナービーフシチュー	26.80	18.5	
69		牛レバーのクリーム煮	22.30	15.7		
70		ミネストローネ	24.70	18.7		
71	洋風弁当：豚肉と大豆のトマト煮	8.24	26.0			
72	主菜と肉を用いた和風食品	牛肉と大豆の五目煮	8.47	20.0		
73		鶏つくねと野菜の煮込み	5.20	25.6		
74		鶏肉と野菜のうま煮	8.43	7.5		
75		野菜と鶏肉のふくら煮	8.15	11.9		
76		和風弁当：筑前煮	7.94	15.5		
77		肉じゃが	7.30	7.1		
78	主菜と肉を用いた中華風食品	レバーと中華風野菜	16.60	50.4		
79		中華風弁当：八宝菜	7.48	16.6		
80	主菜と大豆(製品)を用いた食品	大豆とひじきの煮物	7.94	22.9		
81		豆腐と椎茸のうま煮	5.91	15.6		
82	主菜と卵を用いた食品	茶わんむし	18.00	28.0		
83		茶碗むし	19.10	14.6		
84		かに玉豆腐	21.00	17.4		
85	卵黄	33.0				
86	主菜と乳製品を用いた食品	チーズトマトブレイク	9.37	35.0		
87		その他の食品	和風五目げんちゃん汁	6.29	11.6	
88			おでん風煮込み	7.64	8.6	
89			じゃがいもサラダ	23.10	26.7	
90			プロッコリーのクリーム煮	7.64	8.6	

表2 つづき

No	食品群	食品名	参考文献		遊離率 (%)	備考		
			総ビオチン ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )	A			B	
91	3. 野菜・果実類	野菜を用いた食品	チーズとほうれん草		11.10	19.4		
92			かぼちゃ		20.20	11.8		
93			にんじん	2.3	8.32	37.7		
94			グリーンピース		9.31	10.8		
95			ほうれん草		17.80	11.9		
96			クリーム状ほうれん草	5.0				
97			クリーム状コーン	1.6				
98			にんじん有機野菜		7.89	40.1		
99			グリーンピース有機野菜		10.10	6.1		
100			かぼちゃ		11.20	16.2		
101			トマト		9.26	70.2		
102			えんどう	4.1				
103			青豆	3.1				
104			野菜ミックス	1.8				
105			果物を用いた食品	もも	1.6	6.46	28.2	
106				西洋なし	0.5			
107	りんご			4.74	41.8			
108	バナナペースタビオカ	1.0						
109	杏子ペースタビオカ	0.6						
110	西洋ずももペースタビオカ	0.5						
111	4. 芋類	芋類を用いた食品	スイートポテトバター煮		3.32	24.7		
112			スイートポテトペースト		5.07	24.1		
113			ベビーディナー：マッシュポテト		19.00	19.1		
114			さつまいも	3.3				
115			さつまいも有機野菜		5.57	42.4		
116	5. スープ類	スープ	野菜スープ		8.50	59.1		
117			コーンポタージュ		11.70	29.5		
118			牛肉とそのスープ	0.4				
119			子牛の肉とそのスープ	1.5				
120			ハムとそのスープ	0.9				
121			子羊とそのスープ	1.0				
122			チキンとそのスープ	1.9				
123			かつおこんぶだし		1.28	76.6		
124			和風のだし		5.46	35.2		
125			野菜コンソメ		0.40	100.0		
126			6. おやつ類	穀類を主体とした食品	ウエファース		16.20	5.2
127					レバービスケット		17.00	1.6
128					たまごボーロ		6.63	0.0
129	カルシウムおせんべい				34.80	2.7		
130	野菜入棒				13.30	8.7		
131	かるん棒				10.30	8.4		
132	ゼラチンを主体とした食品	飲めるアップルゼリー			0.67	61.2		
133		飲めるピーチゼリー			0.40	60.0		
134	乳製品を使用した食品	ピーチデザート			3.17	25.2		
135		バナナプリン			4.48	30.6		
136		フルーツヨーグルト			3.40	44.5		
137		ストロベリーミルク			6.46	86.5		
138		フルーツミルク			1.31	93.9		
139		バニラカスタード菓子		2.9				
140	バナナプリン		5.02	43.4				
141	7. 果汁飲料類	果物を用いた飲料	ミックスジュース	0.9	1.00	80.0		
142			フルーツと野菜果汁		1.62	98.1		
143			ミックスフルーツ100		0.71	76.1		
145			混合果汁		4.86	19.5		
146			野菜ミックス		17.40	22.4		
147			フルーツ&パンパキン		3.62	66.9		
148			みかんアクアサーク		n. d.			
149			オレンジ		0.42	40.9		
150			濃縮オレンジ	1.1				
151			オレンジ100		1.46	54.8		
152			オレンジ&りんご&バナナ	1.8				
153			オレンジ&グレープ	1.8				
154			アップル100		0.65	100.0		
155			りんご	1.2				
156			りんご果汁		2.18	50.0		
157			りんご&すもも	1.4				
158			アップルジュース		0.43	79.4		
159			アップル&レモンウォーター		n. d.			
160			アップルキャロット100		1.39	85.6		
161			りんごアクアサーク		n. d.			
162			ストレート果汁アップル100		0.65	98.5		
163			キャロット&アップル100		1.46	94.5		
164			アップル&ウォーター		0.38	97.4		
165			ブルーベリー		3.26	12.3		
166			キャロットパイ		1.00	45.0		
167			もも		4.61	58.6		
168			フルーツキャロット		1.50	85.3		
169			トロピカル		1.03	97.1		
170	ベビー麦茶		3.20	21.9				
171	ほうじ茶		20.10	80.1				
172	アイソトニック飲料		n. d.					

nd, 検出不可。A: Guilarte TR (1985)<sup>11)</sup>; B: 渡邊ら (1997)<sup>15)</sup>。

納豆や味噌のように加工後においても大豆全体を食するものではビオチン含量が高い。一方、豆腐や生揚げのように加工の工程で、大豆から水分すなわち豆乳を絞り出

して使用するものではビオチン含量は低くなっている。また、豆乳では、 $5.2 \mu\text{g}/100 \text{g}$  (5社製品平均値, 未発表) であり、豆腐や生揚げと近い値を示している。おもな大

表 3 食品群別のビオチン含量

日本食品 群別番号	日本食品群	平均ビオチン含量 <sup>a</sup>					
		本研究	参考文献				
			A	B	C	D	E
1	穀類	2.8	3.8	8.0	6.2	16.4	12.3
2	いもおよびデンプン類	2.7	0.5	3.8	0.1	4.3	—
3	砂糖および甘味料類	2.2	—	—	—	9.0	—
4	豆類	10.3	34.9	28.8	5.0	22.4	—
5	種実類	35.2	4.9	17.8	3.9	31.0	—
6	野菜類	3.9	2.5	3.2	1.3	4.6	—
7	果実類	1.5	1.2	1.8	1.8	2.1	4.5
8	きのこ類	13.5	16.0	16.0	—	11.7	11.7
9	海藻類	—	—	—	—	—	—
10	魚介類	9.0	5.6	5.5	17.0	12.8	—
11	肉類	34.0	9.6	21.1	14.1	31.3	—
12	卵類	23.0	42.5	56.0	25.0	27.2	27.9
13	乳類	3.3	2.3	5.9	3.4	4.1	—
14	油脂類	0.1	—	—	—	3.4	—
15	菓子類	5.3	1.9	3.3	2.0	32.0	—
16	嗜好飲料類	0.3	0.6	3.0	—	—	—
17	調味料および香辛料類	15.0	55.0	74.0	1.8	—	—
18	調理加工食品類	—	3.0	—	—	12.5	—

<sup>a</sup>  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , 総ビオチン量。<sup>b</sup> 平均値。—未分析。A: デンマーク 五訂成分表 (2002)<sup>13)</sup>, B: ドイツ 六訂成分表 (2000)<sup>14)</sup>, C: カナダ 食品成分値 (1998)<sup>12)</sup>, D: Hardinge MG and Crooks H (1961)<sup>9)</sup>, E: Guilarte TR (1985)<sup>11)</sup>。

表 4 大豆食品のビオチン含量

食品名	含量 ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )
大豆	21.9
糸引き納豆	13.1
絹ごし豆腐	6.4
木綿豆腐	6.4
生揚げ	4.2
米味噌	19.7
麦味噌	7.7
醤油 (薄口)	11.9
醤油 (濃口)	13.5
小豆	10.1
ササゲ	10.0
アーモンド	32.9
クルミ	15.4
ごま	11.3
落花生	81.0

豆加工食品に関してみると, 1 kg の大豆から豆腐は約 2.5 kg, 味噌は約 1 kg, 豆乳は約 3 kg 製造される。このことを加味し, 原料となる大豆同量あたりで比較した場合, 本研究で分析したすべての大豆加工食品において, 加工における大豆中のビオチンの損失は約 30% であることが推定された。

また, ビオチンを多く含む代表的な食品として卵黄があげられる。そこで, 卵や卵巣のビオチン含量を表 5 にまとめた。鶏卵は, 3 カ所の製造元から得たものについて測定した。卵黄中に含まれる総ビオチンは, 50-80

表 5 卵類のビオチン含量

食品名	含量 ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )
鶏卵 (全卵)	白色レグホン種 24.3
	白色レグホン種 19.7
	地鶏 22.3
鶏卵 (卵黄)	白色レグホン種 79.7
	白色レグホン種 63.5
	地鶏 48.5
鶏卵 (卵白)	白色レグホン種 4.4
	白色レグホン種 6.1
	地鶏 4.5
ウズラ卵 (全卵)	8.2
ダチョウ卵 (卵黄)	75.3
シロサケ・イクラ	7.5
スケトウダラ・からしめんたいこ (生)	14.5
スケトウダラ・タラコ (生)	13.5
ニシン・カズノコ (生)	4.8
生ウニ	4.6

$\mu\text{g}/100\text{g}$  と高値を示した。本研究で測定した鶏卵では, 白色レグホン種から得た卵の方が, いわゆる地鶏から得た卵の卵黄よりも高ビオチン含量を示していた。卵黄中のビオチンは, 飼料からのビオチン摂取量によって影響されやすいため, これらの差異は飼料の違いによるものかもしれない。魚卵に関しては, ビオチン含量は低く, とくにイクラでは  $7.5\mu\text{g}/100\text{g}$ , カズノコでは  $4.8\mu\text{g}/100\text{g}$  であった。また, ウニ (卵巣) でも,  $4.6\mu\text{g}/100\text{g}$