

最近の日本人乳組成に関する全国調査 (第七報)

——ビタミンA, β -カロチンおよびビタミンE含量について——

雪印乳業株式会社 技術研究所, *品質保証部
矢賀部隆史・村上 雄二・井戸田 正
前田 忠男*・中島 一郎

Key Words: 日本人の乳, ビタミンA, β -カロチン, ビタミンE, 泌乳期変化

要 旨

最近の日本人乳のビタミンA, β -カロチンおよびビタミンE含量を泌乳期, 季節別に測定した。全国の授乳婦2,434名から人乳2,727検体を入手し, 種々設定した属性に合致した2,279検体を対象とした。ビタミンAは, 初乳で $192.1\mu\text{g}/100\text{ml}$ と最高値を示した後, 分娩後16~30日の $77.2\mu\text{g}/100\text{ml}$ まで急激に減少し, その後徐々に減少した。 β -カロチンは, 初乳で $22.8\mu\text{g}/100\text{ml}$ と最高値を示し, その後減少して分娩後31~60日で $2.9\mu\text{g}/100\text{ml}$ と最低値を示した。また, 夏季乳で高値を示した。 α -トコフェロールは, $1.22\text{mg}/100\text{ml}$ (初乳) から, 分娩後16~30日の $0.38\text{mg}/100\text{ml}$ まで減少し, その後ほぼ一定値を維持した。 β -, γ -トコフェロールは, 各々, $0.03, 0.17\text{mg}/100\text{ml}$ (初乳) から, 分娩後6~15日まで減少し, その後ほぼ一定値を維持した。 δ -トコフェロールは, 泌乳期を通じて $0.02\sim 0.03\text{mg}/100\text{ml}$ の範囲にあった。ビタミンA, β -カロチン含量は母親の食事に影響されると考えられた。

緒 言

健康な母親が分泌する母乳は乳児にとって最適の栄養組成物である。この人乳成分を科学的に分析することは, 乳児栄養学上きわめて重要であるばかりではなく, 乳児用調製粉乳 (育児用粉乳) を開発するうえでも指標として欠かすことができない。我々は, 最近の日本人乳組成を明らかにする目的で, 1989年から全国規模の母乳調査を実施し, 現在までに, 一般成分およびミネラル成分含量¹⁾, 脂肪酸組成およびコレステロール, リン脂質含量²⁾, 総アミノ酸組成および遊離アミノ酸組成³⁾, 比重および浸透圧⁴⁾, 純蛋白質, カゼイン,

乳清蛋白質, 非蛋白態窒素含量および組成⁵⁾, α -ラクトアルブミンおよびラクトフェリン含量⁶⁾, ガングリオシド含量とその脂肪酸組成⁷⁾, シアル酸含量⁸⁾, シアリルラクトース含量⁹⁾の泌乳期, 地域および季節による変化を報告してきた。

今回は, この調査の一環として, 人乳中の脂溶性ビタミンであるビタミンA, プロビタミンAである β -カロチンおよびビタミンEについて分析を実施し, これらの泌乳期, 季節による変化を明らかにしたので報告する。

ビタミンAは, 全-trans-レチノールの示す生理作用と同等の作用を示す化合物の総称である。一方, β -カロチンは, 自然界に見いだされるほぼ600種のカロチノイドのうち, プロビタミンAとしてみなされるものの代表的存在である。ビタミンAは多くの生理作用を示し, 最もよく明らかにされ

別刷請求先: 〒350-11 川越市南台1-1-2
雪印乳業株式会社 技術研究所
矢賀部隆史

ているのは視覚作用における働きである。これに加えて、精子形成、胎児発育、免疫応答、味覚、聴覚、食欲ならびに成長などに関わる多くの生理作用を示し、これらの作用は、細胞分化における作用に依存している。また、 β -カロチンはプロビタミンAとしての作用ばかりではなく、近年、制癌作用、心疾患との関連やその抗酸化作用において注目を集めている^{10)~14)}。

ビタミンEは、ラットの抗不妊物質として発見され、トコフェロールと名付けられた。ビタミンEの同族体は現在のところ8種類が天然に存在することが知られており、トコフェロール類とトコトリエノール類の2つに大別される。ビタミンEの生理作用としては、抗酸化作用があげられる。生体内では常にフリーラジカル連鎖反応が生じる危険性があり、ビタミンEはラジカル連鎖反応を停止することにより生体を酸化損傷から保護している。最近では、免疫機能や癌との関係についての研究が盛んに行われている^{14)~17)}。

人乳中のビタミンA、 β -カロチンおよびビタミンEの含量に関する報告は多数ある^{18)~36)}が、その値は報告によって異なっている。これは、ビタミンA、 β -カロチン、ビタミンEの人乳中濃度が、同一人での日内変動のみならず、母親の年齢、出産回数、栄養状態、泌乳期、在胎週数などの母子の諸属性の他、搾乳時刻、搾乳方法などによっても影響を受け、特に、母親の食事によって大きく影響を受けるためと考えられる。すなわち、人乳成分の把握には特にこれらの要因を考慮する必要がある。

また、国民栄養調査(平成元年)³⁷⁾によると、昭和50年代以降、緑黄色野菜の摂取量の増加にともない、国民1人1日当たりのビタミンA摂取量も増加がみられたとされている。このような食習慣の変化は日本人乳中のビタミン含量にも影響を与えていると考えられる。

こうした背景を踏まえ、我々は最近のわが国の人乳中のビタミンA、 β -カロチン、ビタミンE含量を明らかとし、育児用粉乳開発の指標とするため、全国各地より得た母乳2,279検体を対象として泌乳期、季節別に分析を行った。

方 法

1. 人乳試料の採取と調製

全国各地に在住する授乳婦(年齢17~41歳)2,434名から2,727検体の母乳を採取し、このうち、母子の健康状態、乳児の体重、搾乳時刻、搾乳方法などあらかじめ設定した種々の条件¹⁾をすべて満たす2,279検体を分析の対象とした。試料は、1989年1~3月に採取したものを冬季乳、同年7~9月に採取したものを夏季乳とし、分娩後日数3~5日、6~10日、11~15日、16~30日、31~60日、61~120日、121~240日および241~482日の8泌乳期に分け、各泌乳期に当てはまる試料を等量混合して調製した。

2. ビタミンA(総レチノール)の分析

ビタミンA(総レチノール)の分析は、高速液体クロマトグラフィー(HPLC)にて行った。人乳5mlを採取し、水を加え総量を約10mlとし、これに、8mlの50%水酸化カリウム(w/v)および約0.5gのピロガロールを加える。さらに、エタノール50mlを加え静かに混和した後、沸騰水溶液中で60分間アルカリけん化した。けん化後、流水で速やかに室温まで冷却し、ベンゼン100mlを加え、10分間振盪抽出した。静置後、水層部(下層)を除去し、さらに、3~4回、水50mlを加えて振盪し水層部を除去する操作を繰り返しベンゼン層を洗浄した。ベンゼン層を無水硫酸ナトリウムを用いて脱水した後、ベンゼンを40°C以下にて減圧留去し、残留物を、メタノール/水/2-プロパノール(90:9:1)に溶解し5mlとし、HPLC用の試料とした。HPLC分析条件は、カラムにTSK-gel ODS-80_{TM}(250×4.6mmI.D.)(東ソー)を用い、カラム温度;45°C,移動相;メタノール/水/2-プロパノール(90:9:1),流速;1.0ml/min,検出:紫外検出器波長325nmにて行った。標準品としてパルミチン酸レチノール標準溶液(和光純薬工業)を用いた。

3. β -カロチンの分析

β -カロチンの分析は、HPLCにて行った。人乳2mlにエタノール(99.5%)2mlと塩化ナトリウム0.3gを加えて混和後、n-ヘキサン4mlを正確

表1 ビタミンA (総レチノール) 含量の泌乳期変化

| (μg/100ml) | | | |
|------------|-------|-------|-------|
| 泌乳期(日) | 冬季乳 | 夏季乳 | 平均値 |
| 3~5 | 197.1 | 187.1 | 192.1 |
| 6~10 | 189.2 | 151.5 | 145.4 |
| 11~15 | 108.9 | 108.9 | 108.9 |
| 16~30 | 77.0 | 77.4 | 77.2 |
| 31~60 | 77.2 | 74.4 | 75.8 |
| 61~120 | 60.8 | 63.6 | 62.2 |
| 121~240 | 68.1 | 59.4 | 63.8 |
| 241~482 | 57.3 | 59.1 | 58.2 |

に添加し、10分間振盪抽出した。これを2,000×gで10分間遠心分離して上清のn-ヘキサン層を2ml分取し、n-ヘキサンを減圧留去した。これに、メタノール/n-ヘキサン/ベンゼン(2:1:1)を加え溶解して2mlとし、HPLC用の試料とした。HPLC分析条件は、カラムにShodex RSPak DS-613(150×6.0mm I.D.) (昭和電工)を用い、カラム温度; 60°C, 移動相; メタノール/n-ヘキサン/ベンゼン(2:1:1), 流速; 0.8ml/min, 検出; 可視検出器 波長453nmにて行った。標準品としてβ-カロチン(和光純薬工業)を用いた。

4. ビタミンEの分析

ビタミンEの分析はHPLCにて行った。人乳2mlにエタノール2mlと塩化ナトリウム0.3gを加えて混和後、n-ヘキサン4mlを正確に添加し、10分間振盪抽出した。これを2,000×gで10分間遠心分離して上清のn-ヘキサン層を分取し、HPLC用の試料とした。HPLC分析条件は、カラムにZorbax NH₂(250×4.6mm I.D.) (デュボン)を用い、移動相; n-ヘキサン/2-プロパノール(49:1), 流速; 1.3ml/min, 検出; 蛍光検出器 励起波長295nm, 検出波長330nmにて行った。標準品としてビタミンE同族体セット(エーザイ)を用いた。

結 果

1. ビタミンAの泌乳期変化

各泌乳期の試料100ml当たりのビタミンA含量

表2 β-カロチン含量の泌乳期変化

| (μg/100ml) | | | |
|------------|------|------|------|
| 泌乳期(日) | 冬季乳 | 夏季乳 | 平均値 |
| 3~5 | 11.4 | 34.2 | 22.8 |
| 6~10 | 10.2 | 22.8 | 16.5 |
| 11~15 | 4.2 | 7.2 | 5.7 |
| 16~30 | 3.2 | 4.8 | 4.0 |
| 31~60 | 2.8 | 3.0 | 2.9 |
| 61~120 | 2.8 | 4.8 | 3.8 |
| 121~240 | 3.6 | 5.4 | 4.5 |
| 241~482 | 3.0 | 4.2 | 3.6 |

を表1に示した。

ビタミンA含量は、分娩後3~5日で192.1μg/100mlと最高値を示した後、分娩後16~30日の77.2μg/100mlまで急激に減少し、その後、泌乳期が進むとともに徐々に減少し、分娩後241~482日で58.2μg/100mlと最低値を示した。また、季節間に明らかな差はみられなかった。

2. β-カロチンの泌乳期変化

各泌乳期の試料100ml当たりのβ-カロチン含量を表2に示した。

β-カロチン含量は、分娩後3~5日の冬季乳で11.4μg/100ml, 夏季乳で34.2μg/100mlと最高値を示し、その後急激に減少して、分娩後31~60日の冬季乳で2.8μg/100ml, 夏季乳で3.0μg/100mlと最低値を示した。その後、分娩後121~240日でやや増加した後、再び減少した。また、泌乳期に関わらず夏季乳で高値を示した。

3. ビタミンEの泌乳期変化

1) α-トコフェロールの泌乳期変化

各泌乳期の試料100ml当たりのビタミンE含量を表3に示した。

表3に示したように、α-トコフェロールは、人乳中に最も多く存在するビタミンE同族体であり、分娩後3~5日の冬季乳で1.05mg/100ml, 夏季乳で1.38mg/100mlと最高値を示した後、分娩後16~30日の冬季乳の0.36mg/100ml, 夏季乳の0.41mg/100mlまで急激に減少した。その後、ほぼ一定値を維持した。また、泌乳期に関わらず夏季乳で

表3 ビタミンE含量の泌乳期変化

(ng/100ml)

| 成分 | α-トコフェロール | | | β-トコフェロール | | | γ-トコフェロール | | | δ-トコフェロール | | |
|---------|-----------|------|------|-----------|------|------|-----------|------|------|-----------|------|------|
| | 冬季乳 | 夏季乳 | 平均値 | 冬季乳 | 夏季乳 | 平均値 | 冬季乳 | 夏季乳 | 平均値 | 冬季乳 | 夏季乳 | 平均値 |
| 3~5 | 1.05 | 1.38 | 1.22 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.17 | 0.16 | 0.17 | 0.03 | 0.02 | 0.03 |
| 6~10 | 0.72 | 1.05 | 0.89 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.12 | 0.16 | 0.14 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| 11~15 | 0.47 | 0.57 | 0.52 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.11 | 0.12 | 0.12 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| 16~30 | 0.36 | 0.41 | 0.38 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| 31~60 | 0.34 | 0.39 | 0.37 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.10 | 0.11 | 0.11 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| 61~120 | 0.33 | 0.42 | 0.37 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.10 | 0.13 | 0.12 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| 121~240 | 0.35 | 0.40 | 0.38 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.11 | 0.12 | 0.12 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| 241~482 | 0.34 | 0.42 | 0.38 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.11 | 0.12 | 0.12 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |

高値を示した。

2) β-トコフェロールの泌乳期変化

表3に示したように、β-トコフェロールは、分娩後3~5日で0.03mg/100mlと最高値を示した後、分娩後11~15日の0.01mg/100mlまで減少した。その後、ほぼ一定値を維持した。また、季節間に明らかな差はみられなかった。

3) γ-トコフェロールの泌乳期変化

表3に示したように、γ-トコフェロールは、分娩後3~5日で0.17mg/100mlと最高値を示した後、分娩後11~15日の0.12mg/100mlまで減少した。その後、ほぼ一定値を維持した。また、季節間に明らかな差はみられなかった。

4) δ-トコフェロールの泌乳期変化

表3に示したように、δ-トコフェロールは、各泌乳期を通じ0.02~0.03mg/100mlの範囲にあり、泌乳期および季節間に明らかな差はみられなかった。

考 察

母乳は乳児、特に新生児にとって理想的な栄養源であり、その栄養学的、生理学的な意義は高く評価されている。

人乳中のビタミンA、β-カロチンおよびビタミンEの意義は大きく、これらの持つ生理学的な活性は、乳児の正常な発育にはなくてはならないも

のである。

人乳中のビタミンA含量に関しては、1976年に Gebre-Medhin ら¹⁸⁾がスウェーデン人の人乳中ビタミンA含量を、泌乳期0.5~1.5カ月で47.8μg/100ml、1.5~3.5カ月で53.1μg/100ml、3.5~6.5カ月で40.0μg/100mlと報告している。また、彼らはエチオピア人の人乳についても分析を行い、所得の違いによってビタミンA含量が異なること、スウェーデン人とエチオピア人では前者が高値を示すことを報告し、母親の食事によって人乳中のビタミンA含量や大きく影響を受けると述べている。この他、イギリス人の人乳中ビタミンA含量については60μg/100ml¹⁹⁾、北米インディアンナバホ族では32.9μg/100ml²⁰⁾、カナダ人では34.1μg/100ml (著者換算)²¹⁾などとする報告がある。

わが国の人乳中ビタミンA含量については、斉藤ら²²⁾が泌乳期、季節、地区別に検討を行い、泌乳期前期(1~2.5カ月)で48.9μg/100ml、中期(2.5~4カ月)で45.9μg/100ml、後期(4カ月以上)で43.5μg/100mlと報告している。また、人乳中のビタミンA含量は季節、地区によって異なり、これは、人乳中のビタミンA含量と脂肪含量との間に正の相関があることから、ビタミンAの吸収と母乳への移行には脂肪摂取量に関与し、母親の食事による影響が大きいと考察している。彼らは、ビタミンA剤を経口摂取したときの母乳への移行

率についても検討を加え、投与量の4～5%が母乳へ移行したと報告している。また、宇都宮²³⁾は、初乳(分娩後5日)で228.7 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 、成熟乳(分娩後1カ月)で78.4 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ と報告し、いずれの泌乳期においても夏季乳で高値を示す傾向がみられたと述べている。

我々の結果は、これらの報告のうち、宇都宮の結果とほぼ同様であったが、他の報告に比較してやや異なる傾向が認められた。特に、1963年に日本人の母乳を調査した齊藤ら²²⁾の結果に比べ高値を示した。これは分析手法の改良によって現在ではビタミンAが高い精度で定量できるようになったことも一因として考えられるが、母親の食生活の影響が大きく現れているものと考えられる。国民栄養調査(平成元年)³⁷⁾によると、昭和50年代以降、緑黄色野菜の摂取量の増加にともない、国民1人1日当たりのビタミンA摂取量は増加がみられたとされており、これによって日本人の人乳中のビタミンA含量も増加してきたと考えられる。

人乳中の β -カロチン含量に関しては、Gebre-Medhin ら¹⁸⁾がスウェーデン人およびエチオピア人の人乳について分析を行い、スウェーデン人では泌乳期0.5～1.5カ月で16.3 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 、1.5～3.5カ月で17.1 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 、3.5～6.5カ月で20.8 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ と報告し、ビタミンAと同様に、所得の違いによって含量が異なること、スウェーデン人とエチオピア人では後者が若干高値を示すことを報告し、人乳中の β -カロチン含量も母親の食事因子によって影響を受けると述べている。一方、イギリス人の人乳中には β -カロチンが検出されなかったという報告もある¹⁹⁾。また、北米インディアンナバホ族では19.7 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ (カロチンとして)²⁰⁾、カナダ人では23 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ (カロチンとして)²¹⁾、アメリカ人の初乳(分娩後1～5日)で70 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ (ただし、母親はビタミン剤を服用)²⁴⁾、4～209 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ (分娩後7～126時間)²⁵⁾、成熟乳で1.01 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ ²⁶⁾などの報告がある。

わが国の人乳中 β -カロチン含量については、齊藤ら²²⁾が総カロチノイドとして泌乳期前期(1～2.5カ月)で21.8 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 、中期(2.5～4カ月)で19.8 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 、後期(4カ月以上)で22.1 $\mu\text{g}/$

100 ml であり、いずれの泌乳期においても冬季乳で高値を示したと報告している。野口²⁷⁾は、初乳で22.8 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 、成熟乳で5.0 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ (著者換算)と、いずれの泌乳期においても夏季乳で若干高値を示す傾向を報告している。また、宇都宮²³⁾は、初乳(分娩後5日)で9.2 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 、成熟乳(分娩後1カ月)で1.6 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ と報告し、季節間に有意の差はなかったと述べている。小西²⁸⁾は、2.5 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ (分娩後1～6カ月)(著者換算)と報告している。

我々の結果は、わが国の人乳中 β -カロチン含量に関する近年の報告²³⁾²⁷⁾²⁸⁾に比較して大きな差は認められない。しかしながら、諸外国からの報告および齊藤らの報告とはやや異なるようである。これは、分析法の違いも一因であるが、人乳中の β -カロチン含量が母親の食事による影響を多く受けることに起因すると考えられる。食事性柑皮症は、カロチノイド含有食品の長期にわたる過剰摂取の結果、皮膚にカロチノイド色素が沈着して黄色を呈する状態をいう²⁹⁾。以前、蜜柑を原因とする母乳由来の柑皮症が報告され、冬季乳における総カロチノイド高値の原因が蜜柑の摂取によるものであると考えられたが、蜜柑果肉の主要カロチノイドがクリプトキササンチンであることから、人乳中の β -カロチンには大きく影響しないと考えられている²⁷⁾。我々の測定結果においても、 β -カロチン含量は冬季乳に比べ夏季乳で高値を示す傾向が認められた。これは、先にも述べたように、国民栄養調査(平成元年)³⁷⁾によると、昭和50年代以降、緑黄色野菜の摂取量が増加し、一方、柑橘類の摂取量は減少したことに起因するものと考えられる。

人乳中のビタミンE含量については、Kobayashi ら³⁰⁾が詳細に検討を行っている。 α -、 β -、 γ -、 δ -トコフェロール含量は、各々、初乳(分娩後2～7日)で0.70、0.02、0.05、0.01 $\text{mg}/100\text{ml}$ 、移行乳(分娩後10～15日)で0.11、0.004、0.02、0.01 $\text{mg}/100\text{ml}$ 、成熟乳(分娩後30～39日)で0.14、0.004、0.02、0.002 $\text{mg}/100\text{ml}$ であったと報告している。米沢³¹⁾は、 α -、 β -、 γ -、 δ -トコフェロールが各々、初乳(分娩後3日)で1.05、0.02、0.12、0.02 $\text{mg}/$

100ml, 移行乳(分娩後7日)で0.39, 0.01, 0.06, 0.01mg/100ml, 成熟乳(分娩後1カ月)で0.32, 0.01, 0.07, 0.01mg/100ml含まれると報告している。他に, Jansson ら³²⁾, Chappell ら^{21),33)}, Ali ら³⁴⁾, Ostrea ら²⁴⁾, Boersma ら³⁵⁾, Zheng ら³⁶⁾などの報告があるが, いずれもほぼ同様の値が報告されている。我々の測定結果においても, これらの報告とほぼ同様の値が得られた。

ビタミンEは, 新生児における溶血性貧血に深く関与していることが指摘されている。特に, 未熟児においては, 高度不飽和脂肪酸(PUFA)の摂取量の増加が溶血性貧血を引き起こす原因になると考えられることから, ビタミンEとPUFA比を適正に保持することが重要であるとされている³⁸⁾。我々の測定結果を, 泌乳期毎に α -トコフェロール当量に換算し(換算係数: α -, β -, γ -, δ -トコフェロール=100:25:5:0.1³⁹⁾), 総PUFA量^{1),2)}との比(α -トコフェロール当量(mg)/PUFA(g))を算出すると, 分娩後3~5日, 6~10日, 11~15日, 16~30日, 31~60日, 61~120日, 121~240日および241~482日で各々, 2.19, 1.55, 0.78, 0.59, 0.54, 0.56, 0.58, 0.67となり, すべての泌乳期においてビタミンE/PUFAの最低値とされている0.4³⁹⁾を上回った。すなわち, 人乳中には乳児の正常な発育に必要なビタミンEが充分量含まれていると考えられる。

結 論

母乳は乳児, 特に新生児にとって理想的な栄養源であり, 人乳成分の把握は乳児栄養学上きわめて重要である。

わが国の育児用粉乳は, 人乳組成を基本として, これに近づけるべく種々の改良が行われてきている。しかしながら, 基本となる最近の人乳組成の全国規模での調査はほとんどない。また, 人乳組成は泌乳期の他, 母親や乳児の諸属性によって変化することから, 我々は特にこの点を考慮して最近の日本人の人乳組成について検討した。

ビタミンA, β -カロチンについては, 母親の食事内容によって大きく影響を受け, 日本人の食生活の変化に従って変化してきたと考えられた。ビ

タミンEに関しては, 人乳中には乳児の正常な発育に充分な量が含まれていると考えられた。

過度の偏食のない通常の食生活を送っている母親の分泌する乳には, 乳児にとって必要なビタミンA, β -カロチン, ビタミンEが含まれていると考えられる。

稿を終えるに当たり, 母乳の提供に種々ご援助, ご協力を頂きました全国各地の病産院の先生, 看護婦, 栄養士の皆様およびお母様方に感謝いたします。

文 献

- 1) 井戸田正, 桜井稔夫, 石山由美子, 村上雄二, 窪田潤一, 伊井直記, 坂本隆男, 土岐良一, 下田幸三, 浅居良輝: 最近の日本人乳組成に関する全国調査(第一報)一般成分およびミネラル成分について。日本小児栄養消化器病学会誌 1991; 5: 145-158.
- 2) 井戸田正, 桜井稔夫, 菅原牧裕, 松岡康浩, 石山由美子, 村上雄二, 森口宏康, 竹内政弘, 下田幸三, 浅居良輝: 最近の日本人乳組成に関する全国調査(第二報)脂肪酸組成およびコレステロール, リン脂質含量について。日本小児栄養消化器病学会誌 1991; 5: 159-173.
- 3) 井戸田正, 桜井稔夫, 菅原牧裕, 石山由美子, 村上雄二, 前田忠男, 矢野正幸, 下田幸三, 浅居良輝: 最近の日本人乳組成に関する全国調査(第三報)総アミノ酸組成および遊離アミノ酸組成について。日本小児栄養消化器病学会誌 1991; 5: 209-219.
- 4) 井戸田正, 桜井稔夫, 石山由美子, 村上雄二: 最近のわが国における人乳の浸透圧と比重。雪印乳業研究所報告 1992; 98: 13-19.
- 5) 井戸田正, 桜井稔夫, 菅原牧裕, 高橋伸彰, 石山由美子, 村上雄二, 中埜 拓, 矢野正幸, 浅居良輝, 中島一郎: 最近の日本人乳組成に関する全国調査(第四報)純蛋白質, カゼイン, 乳清蛋白質, 非蛋白態窒素含量およびその含有比について。日本小児栄養消化器病学会誌 1994; 8: 18-27.
- 6) 井戸田正, 菅原牧裕, 桜井稔夫, 村上雄二, 高橋伸彰, 中埜 拓, 中島一郎: 最近の日本人乳組成に関する全国調査(第五報) α -ラクトアルブミンおよびラクトフェリン含量について。日本小児栄養消化器病学会誌 1994; 8: 28-35.
- 7) 川上 浩, 出家栄記, 村上雄二, 井戸田正: 最近の日本人乳組成に関する全国調査(第六報)人乳ガングリオリシドの泌乳期別濃度変化と脂肪酸組成に関する研究。日本小児栄養消化器病学会誌 1994; 8: 36-43.
- 8) 井戸田正, 松岡康浩, 菅原牧裕, 村上雄二, 伊井直記, 土岐良一, 浅居良輝, 中島一郎: 人乳シアル酸含量の泌乳期変化。日本栄養・食糧学会誌 1994; 47: 357-362.
- 9) 井戸田正, 松岡康浩, 中埜 拓, 川上 浩, 中島一郎: 人乳のシアリルラクトース含量の泌乳期変化。日本栄

- 養・食糧学会誌 1994; 47: 363-367.
- 10) 舩重正一: ビタミンAの代謝と生理作用. 油化学 1988; 37: 934-941.
 - 11) Olson JA: Vitamin A. In: Brown ML editor. Present Knowledge in Nutrition. Washington, D. C.: International Life Sciences Institute, 1900: 96-107.
 - 12) 末木一夫: β -カロチンの有用性研究の現状. 食品と開発 1991; 27: 12-13.
 - 13) Chew BP: Role of Carotenoides in the Immune Response. J Dairy Sci 1993; 76: 2804-2811.
 - 14) 二木鋭雄: 抗酸化ビタミンによる脂質酸化反応の抑制. 栄養学雑誌 1993; 51: 115-121.
 - 15) 五十嵐脩: ビタミンEの生理作用と応用. フードケミカル 1985; 5: 62-68.
 - 16) 美濃 真: ビタミンEの生命科学. 油化学 1988; 37: 948-953.
 - 17) Bieri JG: Vitamin E. In: Brown ML editor. Present Knowledge in Nutrition. Washington, D. C.: International Life Sciences Institute, 1990: 117-121.
 - 18) Gebre-Medhin M, Vahlquist A, Hofvander Y, Upp-säll L, Vahlquist B: Breast milk composition in Ethiopian and Swedish mothers. I. Vitamin A and β -carotene. Am J Clin Nutr 1976; 29: 441-451.
 - 19) Department of Health and Social Security: The composition of mature human milk. In: Report on Health and Social Security. 12. London: Her Majesty's Stationery Office, 1977.
 - 20) Butte NF, Calloway DH: Evaluation of lactational performance of Navajo women. Am J Clin Nutr 1981; 34: 2210-2215.
 - 21) Chappell JE, Francis T, Clandinin MT: Vitamin A and E content of human milk at early stage of lactation. Early Hum Dev 1985; 11: 157-167.
 - 22) 斉藤健輔, 古市栄一, 野口洋介, 竹崎暁子, 今村正男: 日本人の人乳に関する研究 (第4報). 栄養と食糧 1963; 15: 408-415.
 - 23) 宇都宮正司: 新生児おける血清カロテノイド, レチノールならびに関連蛋白に関する研究. 東医大誌 1987; 45: 595-608.
 - 24) Ostrea EM, Balun JE, Winkler R, Porter T: Influence of breast-feeding on the restoration of the low serum concentration of vitamin E and β -carotene in the newborn infant. Am J Obstet Gynecol 1986; 154: 1014-1017.
 - 25) Pattan S, Confield LM, Huston GE, Ferris AM, Jensen RG: Carotenoids of human colostrum. Lipids 1990; 25: 159-165.
 - 26) Giuliano AR, Neilson EM, Kelly BE, Canfield LM: Simultaneous quantitation and separation of carotenoides and retinol in human milk by high-performance liquid chromatography. Methods Enzymol 1992; 213: 391-399.
 - 27) 野口文憲: 母乳ならびに血清のカロテノイド含量に関する研究. 東医大誌 1984; 42: 331-341.
 - 28) 小西佐知子: 小児の血清カロテノイド, ビタミンA (レチノール) に関する研究—特に乳児期の推移を中心に—. 東医大誌 1988; 46: 321-329.
 - 29) 本多輝男, 宇都宮正司: ビタミンA (レチノール) とカロテノイド. 小児科MOOK 1986; 46: 68-78.
 - 30) Kobayashi H, Kanno C, Yamauchi K, Tsugo T: Identification of α -, β -, γ -, and δ -tocopherols and their contents in human milk. Biochim Biophys Acta 1975; 380: 282-290.
 - 31) 米沢俊一: 人乳中のトコフェロール同族体の高速液体クロマトグラフィーによる定量. ビタミン 1979; 53: 69-75.
 - 32) Jansson L, Akesson B, Holmberg L: Vitamin E and fatty acid composition of human milk. Am J Clin Nutr 1981; 34: 8-13.
 - 33) Chappell JE, Francis T, Clandinin MT: Simultaneous high performance liquid chromatography analysis of retinol ester and tocopherol isomers in human milk. Nutr Res 1986; 6: 849-852.
 - 34) Ali J, Kader HA, Hassan K, Arshat H: Changes in human milk vitamin E and total lipids during the first twelve days of lactation. Am J Clin Nutr 1986; 43: 925-930.
 - 35) Boersma ER, Offringa PJ, Muskiet FAJ, Chase WM, Simmons IJ: Vitamin E, lipid fraction, and fatty acid composition of colostrum, transitional milk, and mature milk: an international comparative study. Am J Clin Nutr 1991; 53: 1197-1204.
 - 36) Zheng M-C, Zhou LS, Zhang GF: Alpha-tocopherol content of breast milk in China. J Nutr Sci Vitaminol 1993; 39: 512-517.
 - 37) 平成3年版国民栄養の現状 (平成元年国民栄養調査成績), 厚生省公衆衛生局栄養課編, 東京: 第一出版, 1991.
 - 38) Fomon SJ, Bell EF: Vitamin E. In: Nutrition of Normal Infants. St. Louis: Mosby-Year Book, 1993; Chapter 21: 339-347.
 - 39) 第五次改訂 日本人の栄養所要量, 厚生省保健医療局健康増進栄養課監修, 東京: 第一出版, 1994.

The latest survey for the composition of human milk obtained from Japanese mothers.

—Part VII. The contents of vitamin A, β -carotene and vitamin E—
Technical Research Institute, *Food Research Laboratory,
Snow Brand Milk Products Co., Ltd.

Takafumi YAKABE, Yuzi MURAKAMI, Tadashi IDOTA,
*Tadao MAEDA, Ichiro NAKAJIMA

The latest survey for the contents of vitamin A, β -carotene and vitamin E in Japanese mother's milk was performed. Over 2,700 specimens of human milk were collected from 2,434 mothers at 3-482 days postpartum living at various districts of Japan in the winter and the summer of 1989. Out of them 2,279 specimens were used for the analysis. Concentrations of vitamin A, β -carotene and vitamin E (α -, β -, γ - and δ -tocopherol) were determined by high performance liquid chromatography.

The concentration of vitamin A exponentially decreased from 192.1 μ g/100ml (colostrum) to 77.2 μ g/100ml (16-30 days postpartum) during lactation and gradually decreased after 31 days postpartum. The concentration of β -carotene decreased from 22.8 μ g/100ml (colostrum) to 2.9 μ g/100ml (31-60 days postpartum) during lactation. The concentration of β -carotene in milk collected in the summer was higher than that in milk collected in the winter throughout lactation. α -Tocopherol was predominant tocopherol isomer in human milk. The concentration of α -tocopherol decreased 1.22mg/100ml (colostrum) to 0.38mg/100ml (16-30 days postpartum) during lactation and remained constant after 31 days postpartum. Concentrations of β - and γ -tocopherol were the highest in colostrum and 0.03, 0.17mg/100ml, respectively. Their concentrations decreased during lactation until 15 days postpartum and remained constant after 16 days postpartum. The concentration of δ -tocopherol remained constant throughout lactation.

Concentrations of vitamin A and β -carotene in milk would be responsible to mother's diet.