
資 料

日本における食品のビタミン分析法

(財)日本食品分析センター*

森 光昭, 菱山 隆, 小高 要, 氏家 隆

Vitamins (Japan), 86 (1), 13-20 (2012)

Methods of Vitamin Assay of Food in Japan

Mitsuaki Mori, Takashi Hishiyama, Kaname Kodaka, Takashi Ujiie

Japan Food Research Laboratories

The current situations and problems of vitamin assay for mainly clinical samples were projected and issued in this journal (Vitamins), Vol.85, (3),(5),(6),(7) and (9), and the difference of methods, standardization, standards, certified reference materials and reference values were discussed in the issues.

We summarized main four original methods used for analysis of food and mentioned validation of their methods reported so far to confirm whether their methods are established properly.

In order to verify whether these methods being used presently are proper, we examined reproducibility within laboratory tests, spike tests and proficiency tests and showed their results.

The repeatability was less than 7.7 %, the recovery of spike tests was 94 to 121 % and the Z-score of proficiency tests was -0.9 to 1.2. Therefore, these results allow us to conclude that these methods are proper for analyses of vitamins in food.

Key words: food, vitamin, microbiological assay, HPLC, proficiency tests

(Received September 5, 2011)

1. はじめに

本誌、第85巻、第3、5、6、7および9号で「ビタミン測定法の現状と課題」が特集された。特集の内容は、臨床検査試料を主たる対象として、分析法間の相違、標準化、標準品、標準試料、正常値範囲などに関するものであった。

著者らは食品の分析法について、国内で使われている主要な4つの書物に取り上げられている分析法の概略をまとめ、それらの方法の成立を追認できる根拠論文を述べる。また、現在も使用されている試験法の妥当性の検証として、再現性試験、添加回収試験、技能試験の結果を併せて述べる。

ビタミンの分析法は、ビタミンの種類によって高速液体クロマトグラフ (HPLC) の普及で大きく変わったものと、古典的な微生物学的定量法によるものがある。微生物学的定量法¹⁾は、試料抽出液を精製する必要がなく、有効成分を同時定量できること、多数の処理ができるなどの点で優れた方法であり、現在でも有用性を持って使用されている。

食品のビタミン分析法は、対象食品の種類、対象食品を規定する法律などによっていくつかが存在している。本稿では、歴史的に古く、また継続性をもって取り組まれている日本食品標準成分表の方法を中心に据えて記述した。

2. 食品のビタミン分析に用いられる主要な方法

日本食品標準成分表は度重なる改訂を経て、現行版は日本食品標準成分表 2010 である。成分表は一部の調理食品を対象として含むが、大部分は生鮮の一次産品が対象である。これらの食品を分析するために、五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアルが作成された。製本・編集は文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会食品成分委員会である。

健康増進法によって健康の増進のために設けられた加工食品(鶏卵を含む)の栄養成分表示は、栄養表示基準(平成 15 年 4 月 24 日付け厚生省告示第 176 号)によって規定されている。規定された成分の分析法として「栄養表示基準における栄養成分等の分析方法等について(平成 11 年 4 月 26 日付け衛新第 13 号)」がある。この方法は国によって方法が規定されているので、公定法としての位置付けである。

食品衛生検査指針(理化学編の他に微生物編、残留農薬編、食品添加物編の分冊がある。)は、厚生労働省の監修、社団法人日本食品衛生協会の発行で、食品中の各種成分の存在量を評価するために作成された。準公定法として位置付けられるものである。理化学編にビタミンの分析法が記載されている。

衛生試験法・注解は、公益社団法人日本薬学会が編集している。食品成分試験法の部分にビタミンの分析法が記載されている。

これらに記載されている方法の概略を表 1 にまとめた。4 つの書物に取り上げられている分析法は、方法間で若干違いがみられる部分もあるが、原理や操作面で概ね相似している。

3. 各ビタミンの分析・試験法

分析・試験法の各論は、成分表マニュアル作成当時の時制で記述し、特定の部分で現在も課題となっている事項を追記した。

3-1 レチノール, カロテン

レチノールは、けん化し、不けん化物を液-液分配抽出し、アルミナカラムクロマトグラフィで精製後、三塩化アンチモンで発色させ測定していた。液々分配に用いたエチルエーテル、石油エーテルなどは、再現性が低く、溶媒層中に混在するアルカリの水洗除去が必要であった。水洗を必要としない酢酸エチル-n-ヘキサン(1:9)は、再現性、回収率とも優れていた²⁾。HPLC での検出は、主成分の all-trans 体と 13-cis 体の UV 吸光係数がほとんど変わらないため、2 成分のピー

クの分離をあえて図ることなく定量する方法とした²⁾。

カロテンは、 α -カロテンと β -カロテンを対象にして、柑橘類などでは β -クリプトキサンチンも測定対象とした。エタノールを用いた磨砕抽出時に十分量のピロガロールの存在が必要であった³⁾。エタノール抽出液の一部を用いて、けん化し、不けん化物を液-液分配抽出するために酢酸エチル-n-ヘキサン(1:9)を用いた。油脂類は直接けん化した。けん化は精製の手段であるほか、 β -クリプトキサンチンでは脂肪酸エステル体を遊離体とする操作である。

3-2 カルシフェロール

カルシフェロールにおいても、不けん化物の液々分配抽出に酢酸エチル-n-ヘキサン(1:9)は有効であった⁴⁾。食品のビタミン D の定量法は、不けん化物を逆相 HPLC で分取精製し、順相 HPLC で定量する Takeuchi らの方法⁵⁾によった。その後、不けん化物が多量にある場合は、逆相用の移動相溶媒に溶けにくいいため、順相型で分取し、逆相型で定量することをした。

3-3 トコフェロール

トコフェロールを成分表に新規に収載するために、Emmerie・Engel 法に替えて、HPLC による分析の適用が試みられた。この際に不けん化物の液-液分配抽出に酢酸エチル-n-ヘキサン(1:9)を用いる方法が Ueda ら⁶⁾によって報告されていた。Ueda らの方法は生体試料が対象で、内標法であったため、食品用に一部改変した。改変は回収率を向上させるため分配抽出の回数を 3 回とし、内標を用いない絶対検量線法とした⁷⁾。試料調製時に分解防止剤としてピロガロールを加えることにした⁸⁾。藻類は試料を採取してけん化液を直接加えると低値となったため、加水膨潤させてからけん化する方法とした⁹⁾。油脂類は溶媒に直接溶解したものを、順相条件の HPLC に注入して定量した。

3-4 フィロキノンおよびメナキノン類

HPLC で分離させた後、白金黒カラムで還元して蛍光検出する坂野ら¹⁰⁾の方法が基本である。食品区分ごとに n-ヘキサンで直接抽出、または各種ホモジナイズ用溶媒で抽出後、n-ヘキサンに分配する方法である。精製はミニカラム、TLC、これらの組み合わせで行った。油は分配法ではなく、直接溶解する方法がより適切であった。

3-5 チアミン

酸抽出後、ホスファターゼ活性の高いタカヂアス

表1 食品のビタミン分析に用いられる主要な方法

	五訂増補日本食品標準成分表	栄養表示基準	食品衛生検査指針	衛生試験法・注解 2010
A	けん化後、ヘキサン酢酸エチル混液で抽出し、逆相 HPLC-UV で測定.	同左	同左	けん化後、石油エーテルで抽出し、逆相 HPLC-蛍光検出で測定.
α , β -カロテン	けん化後、ヘキサン酢酸エチル混液で抽出し、逆相 HPLC-可視で測定.	同左 他に吸光度法	同左 他に吸光度法	同左
D	けん化後、ヘキサン酢酸エチル混液で抽出し、逆相 HPLC で D 画分を精製分取後、順相 HPLC-UV で測定.	同左	同左	同左
E	けん化後、ヘキサン酢酸エチル混液で抽出し、順相 HPLC-蛍光検出で測定.	同左	同左	けん化後、石油エーテルで抽出し、順相 HPLC-蛍光検出で測定.
K	食品に応じて溶媒を選定し、ホモジナイズ抽出、ヘキサンに転溶後、シリカゲルカラムクロマトグラフィー及び/又はシリカゲル TLC で夾雑成分を除去し、逆相 HPLC-白金黒カラムによるポストカラム蛍光誘導体化法で測定.	アセトン磨砕抽出、ジエチルエーテルに転溶後、シリカゲルカラムクロマトグラフィーで夾雑成分を除去し、逆相 HPLC-白金黒カラムによるポストカラム蛍光誘導体化法で測定.	同左	同左
B ₁	塩酸抽出後、酵素(タカジアスターゼ)処理して遊離の B ₁ とする. パームチットカラムで精製した後、逆相 HPLC-ポストカラム蛍光検出で測定.	同左 他にチオクローム法	同左 他にチオクローム法	トリクロロ酢酸抽出後、酵素(タカジアスターゼ)処理して遊離の B ₁ とする. パームチットカラムで精製した後、逆相 HPLC-ポストカラム蛍光検出で測定.
B ₂	塩酸抽出後、酵素(タカジアスターゼ)処理して遊離の B ₂ とする. 逆相 HPLC-蛍光で測定.	同左 他にルミフラビン法	同左 他にルミフラビン法	温水で抽出後、逆相 HPLC-蛍光検出で、リボフラビン、FMN、FAD をそれぞれ分別測定.
ナイアシン	0.5 mol/L 硫酸でオートクレーブ処理を行い遊離とした後、 <i>Lactobacillus plantarum</i> ATCC 8014 を用いた微生物定量法で測定.	同左 他に HPLC 法	同左 他に HPLC 法	同左
B ₆	0.055mol/L 塩酸または 0.88 mol/L 塩酸あるいは 0.44 mol/L 塩酸でオートクレーブ処理を行い遊離とした後、 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ATCC 9080 を用いた微生物定量法で測定.	0.055 mol/L 塩酸または 0.5 mol/L 硫酸でオートクレーブ処理を行い遊離とした後、 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ATCC 9080 を用いた微生物定量法で測定.	同左	同左

B ₁₂	KCN 溶液を加え加熱抽出した後, <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i> ATCC 7830 を用いた微生物定量法で測定. アルカリ耐性因子量を差し引く.	同左 アルカリ耐性因子量を考慮しない.	同左 アルカリ耐性因子量を考慮しない.	同左 アルカリ耐性因子量を差し引く.
葉酸	プロテアーゼ及びコンジュガーゼ(ブタ腎臓)を用いて酵素処理を行い, <i>Lactobacillus rhamnosus</i> ATCC 7469 を用いた微生物定量法で測定.	チキンパンクレアスを用いて酵素処理を行い, <i>Lactobacillus rhamnosus</i> ATCC 7469 を用いた微生物定量法で測定.	同左	同左
パントテン酸	ハト肝臓アミダーゼ及びアルカリホスファターゼを用いて酵素処理を行った後, <i>Lactobacillus plantarum</i> ATCC 8014 を用いた微生物定量法で測定.	同左	同左	酢酸緩衝液でオートクレーブ処理を行った後, 遊離型のみ <i>Lactobacillus plantarum</i> ATCC 8014 を用いた微生物定量法で測定.
ビオチン	2mol/L あるいは 3mol/L 硫酸でオートクレーブ処理を行い遊離とした後, <i>Lactobacillus plantarum</i> ATCC 8014 を用いた微生物定量法で測定.	同左	同左	3mol/L 硫酸でオートクレーブ処理を行い遊離とした後, <i>Lactobacillus plantarum</i> ATCC 8014 を用いた微生物定量法で測定.
C	メタリン酸溶液で抽出後, インドフェノールで酸化させ, ジニトロフェニルヒドラジンと反応後, 生成したオサゾンを経相 HPLC-可視で測定.	同左 他に 2, 4-ジニトロフェニルヒドラジン法, インドフェノール・キシレン法, ヨウ素滴定法, 逆相 HPLC 法 (VC グルコシド)	同左 他に 2, 4-ジニトロフェニルヒドラジン法, インドフェノール・キシレン法, ヨウ素滴定法	メタリン酸溶液で抽出後, インドフェノールで酸化させ, ジニトロフェニルヒドラジンと反応後, 生成したオサゾンを経相 HPLC-可視で測定. あるいはメタリン酸抽出液を直接, 陰イオン交換 HPLC (NH ₂)-UV で測定.

ターゼにより脱リン酸をし, 陽イオン交換樹脂のパームチットを用いた精製の後, アルカリ-ヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウム(赤血塩)でチオクロームを生成させ, 蛍光検出する. アルカリ-赤血塩によるチオクロームのポストカラム HPLC は, Kimura ら¹¹⁾が開発したものである. 豚肉でピーク形状が大きくなるがあった. このため, 混在するアルカリ-赤血塩でチアミンと同様にチオクロームを生成するヒドロキシエチルチアミンを分離して, チアミン由来のチオクロームを定量する方法とした¹²⁾. この方法によって, ヒドロキシエチルチアミンの試料調製時の分解防止法と食品の存在量¹³⁾を明らかにした.

2011 年現在, ビタミン B₁ 定量用として市販されていた酵素製剤「タカジアスターゼ B」, 「タカジアスターゼ U」は製造・販売が終了した. 同等の活性を有する

酵素(製剤)の入手が喫緊のこととなっている.

3-6 リボフラビン

酸抽出後, フラビンモノヌクレオチド, フラビンアデニンジヌクレオチドをタカジアスターゼで分解し, チアミンと共通の抽出液にする. アルカリ下で光照射して黄緑色蛍光のルミフラビンにする方法は, 共存成分の影響で生成率が異なるため, 標準を添加して補正する標準添加法が使われていた. 再現性が低く煩雑であったため, 抽出液を HPLC に注入してリボフラビンを定量した.

3-7 ナイアシン

微生物学的定量法である. 微生物学的定量法は岩井¹⁾の書籍を全面的に参考にした. ニコチンアミドアデニ

表2 室内再現性試験の結果

	試料	試料中含有量	相対標準偏差(測定回数)
レチノール	粉乳	1230 $\mu\text{g}/100\text{g}$	3.1 % (n=10)
	経腸栄養剤	3290 $\mu\text{g}/100\text{g}$	1.8 % (n=10)
α -カロテン	粉末食品 1	140 $\mu\text{g}/100\text{g}$	7.3 % (n=10)
	粉末食品 2	117 $\mu\text{g}/100\text{g}$	2.2 % (n=10)
β -カロテン	粉末食品 1	348 $\mu\text{g}/100\text{g}$	3.5 % (n=10)
	粉末食品 2	268 $\mu\text{g}/100\text{g}$	1.9 % (n=10)
ビタミン D ₃	粉乳	19.7 $\mu\text{g}/100\text{g}$	1.8 % (n=10)
	経腸栄養剤	0.4 $\mu\text{g}/100\text{g}$	6.0 % (n=10)
α -トコフェロール	粉乳	13.3 mg/100g	1.9 % (n=10)
	経腸栄養剤	0.5 mg/100g	1.7 % (n=10)
フィロキノン	飲料	11 $\mu\text{g}/100\text{g}$	5.5 % (n=10)
メナキノン-4	クッキー	100 $\mu\text{g}/100\text{g}$	3.5 % (n=10)
ビタミン B ₁	粉乳	2.66 mg/100g	2.2 % (n=10)
	経腸栄養剤	0.23 mg/100g	2.4 % (n=10)
ビタミン B ₂	粉乳	2.32 mg/100g	1.4 % (n=10)
	経腸栄養剤	0.12 mg/100g	1.1 % (n=10)
ナイアシン	粉乳	7.61 mg/100g	5.7 % (n=40)
ビタミン B ₆	粉乳	364 $\mu\text{g}/100\text{g}$	7.1 % (n=40)
ビタミン B ₁₂	粉乳	3.0 $\mu\text{g}/100\text{g}$	6.7 % (n=40)
葉酸	粉乳	0.13 mg/100g	7.7 % (n=40)
パントテン酸	粉乳	4.09 mg/100g	4.2 % (n=40)
ビオチン	粉乳	2.87 $\mu\text{g}/100\text{g}$	7.3 % (n=40)
ビタミン C	粉乳	137 mg/100g	1.8 % (n=10)
	経腸栄養剤	17 mg/100g	0.7 % (n=10)

ンジヌクレオチドなどを酸加水分解し、遊離型としてから定量した。微生物学的定量法ではニコチン酸、ニコチン酸アミドを区別なく同等に測定するため、両者の総称であるナイアシン含量として求めた。

3-8 ビタミン B₆

微生物学的定量法である。HPLCによる方法も非常に多数報告されているが、対象6成分の感度が異なること、複数ピークを積算すること、妨害成分を効果的に除くことが十分にできない方法であるため、微生物学的定量法で実施した。食品が植物性、動物性の違いにより濃度と時間を変えた酸加熱加水分解をしてリン

酸結合を分解・遊離させた。食品ごとの最適条件設定は一部未整理であり、食品の区分ごとに条件を固定させて定量した。

3-9 ビタミン B₁₂

微生物学的定量法である。熱水加熱下シアン化カリ共存でシアノ体とする。ヌクレオチドなどの核酸物質を多く含む食品は活性のない B₁₂ 類似体を測り込むため、これをアルカリ耐性因子として並行試験し、差し引いて補正した。藍藻類にはシュード体を含むものが多く、補正しきれてないことが分かってきた¹⁴⁾。

表3 添加回収試験の結果

	試料	試料中含有量	添加量	平均添加回収率 (測定回数)
レチノール	粉乳	1230 $\mu\text{g}/100\text{g}$	1240 $\mu\text{g}/100\text{g}$	101% (n= 9)
α -カロテン	粉末食品 1	140 $\mu\text{g}/100\text{g}$	127 $\mu\text{g}/100\text{g}$	94% (n= 9)
β -カロテン	粉末食品 1	348 $\mu\text{g}/100\text{g}$	399 $\mu\text{g}/100\text{g}$	95% (n= 9)
ビタミン D ₃	粉乳	20.0 $\mu\text{g}/100\text{g}$	50.0 $\mu\text{g}/100\text{g}$	102% (n= 9)
α -トコフェロール	粉乳	13.3 mg/100g	12.7 mg/100g	105% (n= 9)
フィロキノン	マルチビタミン錠	< 10 $\mu\text{g}/100\text{g}$	3270 $\mu\text{g}/100\text{g}$	99% (n=10)
メナキノン -4	マルチビタミン錠	2980 $\mu\text{g}/100\text{g}$	2910 $\mu\text{g}/100\text{g}$	99% (n=10)
ビタミン B ₁	粉乳	2.70 mg/100g	2.50 mg/100g	100% (n= 9)
ビタミン B ₂	粉乳	2.36 mg/100g	2.50 mg/100g	95% (n= 9)
ナイアシン	粉乳	7.87 mg/100g	7.50 mg/100g	99% (n=10)
ビタミン B ₆	粉乳	356 $\mu\text{g}/100\text{g}$	375 $\mu\text{g}/100\text{g}$	108% (n=10)
ビタミン B ₁₂	粉乳	3.0 $\mu\text{g}/100\text{g}$	3.0 $\mu\text{g}/100\text{g}$	121% (n=10)
葉酸	粉乳	0.13 mg/100g	0.12 mg/100g	98% (n=10)
パントテン酸	粉乳	4.03 mg/100g	4.00 mg/100g	94% (n=10)
ビオチン	粉乳	2.89 $\mu\text{g}/100\text{g}$	3.00 $\mu\text{g}/100\text{g}$	96% (n=10)
ビタミン C	粉乳	135 mg/100g	100 mg/100g	102% (n= 9)

3-10 葉酸

微生物学的定量法である。葉酸化合物の大部分はポリグルタミン酸誘導体として存在するため、 γ -グルタミルヒドラーゼ(コンジュガーゼ)によってプテロイルグルタミン酸に分解した。近年、食品によってはプロテアーゼ、アミラーゼを併用して遊離型とするトリエンザイム処理を必要とする報告がある¹⁵⁾。

3-11 パントテン酸

微生物学的定量法である。熱抽出後にハト肝臓アミダーゼ及びアルカリホスファターゼで遊離型としてから定量した。CoA 関連化合物などの結合型パントテン酸があまり多くない場合はタカチアスターゼ及びパパインによる酵素処理を行う方法もある。

3-12 ビオチン

微生物学的定量法である。天然においてビオチンの大部分はタンパク質に結合しているため、酸加水分解して遊離型としてから定量した。

3-13 ビタミン C

還元型のみを対象としたインドフェノール滴定法はあるが、日本ビタミン学会から酸化型も生体内効果は同等と示されたため、両者の含量を求める定量法とした。HPLC に注入する前処理として、ジチオスレイトールなどで紫外吸収に感度のある還元型に導く方法、インドフェノールで酸化し、ヒドラジンと反応させて生成するオサゾン体を定量する方法がある。後者が選択された。ヒドラジン法は C 活性のない 2,3-ジケトグルロン酸を測り込む。ただし、加工工程の少ない食品中の含量は多くない。オサゾンに混在する妨害成分は、TLC で精製して定量していたが、HPLC を適用してオサゾン体を分離定量した¹⁶⁾。

3-14 ビタミン分析法の推移

本稿で取り上げた4つの書物以外に、試験対象を食品に特定してビタミン分析法をまとめた進歩的な総説¹⁷⁾が参考となる。

4. 再現性試験, 添加回収試験, 技能試験

確定した試験法が適切に運用できるかの確認法とし

表4 技能試験の結果 (FAPAS)

	試料	試験結果	割り当て値	Z-score
レチノール	粉末ベビーフード	596 μ g/100g	694 μ g/100g	- 0.9
	粉乳	484 μ g/100g	485 μ g/100g	0.0
ビタミン D ₃	粉乳	10.7 μ g/100g	9.46 μ g/100g	1.0
α -トコフェロール	粉末ベビーフード	18.3 mg/100g	17.3 mg/100g	0.6
ビタミン B ₁	ビタミン剤(液状)	8.55 mg/100g	8.89 mg/100g	- 0.5
ビタミン B ₂	ビタミン剤(液状)	10.4 mg/100g	9.98 mg/100g	0.2
ナイアシン	朝食シリアル	20.9 mg/100g	19.3 mg/100g	1.2
ビタミン B ₆	ビタミン剤(液状)	10.2 mg/100g	9.95 mg/100g	0.3
葉酸	朝食シリアル	158 μ g/100g	173 μ g/100g	- 0.6
ビタミン C	粉末ベビーフード	36.4 mg/100g	38.4 mg/100g	- 0.4

て、再現性試験、添加回収試験、技能試験などがある。再現性試験は試験のパラメーターの精度を、添加回収試験、技能試験は真度を評価することである。

技能試験は、多くの主催機関が独自のプログラムを実施している。これらの中で、英国のFAPAS (Food Analysis Performance Assessment Scheme) は食品数、項目数とも飛び抜けて多く、また参加機関数も多い。

加工食品を検体として、栄養表示基準の方法で得られた室内併行試験結果を表2に、添加回収試験結果を表3に示した。また、FAPASによる技能試験プログラムの参加結果を表4に示した。Zスコア $[(X_i - X) / \text{標準偏差}]$ は、全て-2~+2内であり、「満足」と評価されるものであった。ビタミンK、ビタミンB₁₂、パントテン酸、ビオチンは、定量試験を実施している機関が少ないためか、技能試験プログラムはまだない。このため、添加回収試験で真度を得ている。

(平成 23.9.5 受付)

文 献

- 岩井 和夫(1965) マイクロバイオアッセイ, 基礎分析化学講座 29, 共立出版
- 氏家 隆, 飯田 栄子, 小高 要, 新藤 寛美, 上野 順士(1990) 酢酸エチル・ヘキサン抽出-HPLCによる食品中レチノールの定量. ビタミン **64**, 187-191
- 上野 順士, 前川昭男, 鈴木隆雄(1982) 野菜中のカロテンの定量に及ぼすリポキシゲナーゼの影響. ビタミン **58**, 83-89
- 森田 公平, 福澤 有紀子, 小高 要, 氏家 隆(1994) 酢酸エチル・ヘキサン抽出-HPLCによる食品中のビタミンDの定量法. ビタミン **68**, 303-307
- Takeuchi A, Okano T, Teraoka S, Murakami Y, Kobayashi T (1984) High-performance liquid chromatographic determination of vitamin D in foods, feeds and pharmaceuticals by successive use of reversed-phase and straight-phase columns. *J Nutr Sci Vitaminol* **30**, 11-25
- Ueda T, Igarashi O (1987) New solvent system for extraction of tocopherols from biological specimens for HPLC determination and the evaluation of 2,2,5,7,8-pentamethyl-6-chromanol as an internal standard. *J Micronutr Anal* **3**, 185-198
- 氏家 隆, 武山 哲茂, 近藤 あゆみ, 廣江 玲子, 森光昭(1991) 酢酸エチル・ヘキサン抽出-HPLCによる食品中トコフェロールの定量. ビタミン **65**, 393-397
- 氏家 隆, 田中 愛子, 近藤 あゆみ, 廣江 玲子, 武山 哲茂(1992) 食品中トコフェロール分析における試料調整時のピロガロール添加効果. ビタミン **66**, 101-107
- 氏家 隆, 田中愛子, 近藤あゆみ, 廣江玲子, 武山哲茂(1992) 藻類中トコフェロール定量時の抽出率に対する加熱膨潤効果. ビタミン **66**, 447-450
- 坂野 俊行, 野津本 茂, 長岡 忠義, 森本 厚, 藤本 恭子, 増田 佐智子, 鈴木 由紀子, 平内 三政(1988) 蛍光検出液体クロマトグラフィーによる食品中のビタミンK類の測定. ビタミン **62**, 393-398
- Kimura M, Fujita T, Nishida S, Itokawa Y(1980) Differential fluorometric determination of picogram levels of thiamine, thiamine monophosphate, diphosphate and triphosphate using high-performance liquid chromatography. *J Chromatogr* **188**, 417-419
- 氏家 隆, 都竹 由起子, 森田 公平, 田村 マリ, 小高 要(1990) ヒドロキシエチルチアミンとチアミンのポストカラム高速液体クロマトグラフィーによる同時定量. ビタミン **64**, 379-385

- 13) 氏家 隆, 都竹 由起子, 森田 公平, 松野 将子, 小高 要 (1991) 食品におけるヒドロキシエチルチアミン及びチアミンの分布と安定性. *ビタミン* **65**, 249-256
- 14) 宮本 恵美 (2010) 食品藻類に含まれるビタミン B₁₂ の特性と生理機能. *ビタミン* **84**, 103-110
- 15) Hyun T H, Tamura T (2005) Trienzyme extraction in combination with microbiologic assay in food folate analysis, An updated review. *Exp Biol Med* **230**, 444-454
- 16) 小高 要, 稲垣 節子, 氏家 隆, 上野 順士, 須田 浩行 (1985) 高速液体クロマトグラフィーによる食品中の総ビタミン C の定量. *ビタミン* **59**, 451-455
- 17) 氏家 隆 (1993) 進歩総説, 食品分析, *ビタミン*. *ぶんせき* **1993** (4), 269-276