

# 胚芽精米のビタミンE含量

—— 調理操作および保存による変化 ——

田原モト子\* 足立恭子\*\*

## I 緒言

ビタミンEの生理作用については、その抗酸化作用に基づく生体膜リン脂質の保護や、生体内での過酸化脂質の生成に対する保護作用が一般に認められている。また老化学説におけるフリーラジカル説の提唱に伴い、ビタミンEと老化の密接な関係が注目されている。一方臨床面では、他のビタミン類のような明らかな欠乏症は認められないものの、ビタミンE欠乏に起因する種々の疾病が明らかにされ、特に脳、血管系、肝臓、心臓、赤血球、筋肉、生殖器等を健全にするためにビタミンEが必要であることも知られてきた<sup>1)</sup>。

我が国では従来ビタミンEの所要量は定められていなかったが、日本人は魚油などの多価不飽和脂肪酸の摂取量が多いこと、高齢化社会において高齢者の健康と過酸化脂質とが重大な関係があるといわれていることなどの理由から、第四次改定日本人の栄養所要量では、新しく付帯事項としてビタミンEの目標摂取量が定められた<sup>2)</sup>。また分析値もある程度出揃い、近年四訂成分表のフォローアップの一環として、一部の食品については成分表にまとめられた<sup>3)</sup>。しかし胚芽精米についての系統的な実験報告は現在のところ見当たらない。植物の胚芽にビタミンEが高濃度に蓄積することはよく知られている事実であり、その局在性はB<sub>1</sub>以上である。米の場合も胚芽に最も多く次に種皮、胚乳となり、70%以上が胚芽に集中して存在することを加藤らが報告している<sup>4)</sup>。我々は前報でビタミンB<sub>1</sub>を取り上げ、その面から胚芽精米の栄養学的意義を検討したが<sup>5)</sup>、ビタミンE含量についても白米との差が大きいことは、上の事実より明らかである。胚芽精米

のビタミンEに関しては、保存時の脂質の変化との関連で既に一部報告済みであるが<sup>6)</sup>、今回は高速液体クロマトグラフィー (HPLC) にてトコフェロールの分別定量を行い、洗米、炊飯、米飯保存による損失を調べ、主として栄養面からの考察を試みた。また、購入米保存時の変化についても再度この方法で測定し直し、さらに季節による変動も調べたので、併せて報告する。

## II 実験方法

### 1. 実験材料

搗精日平成5年4月20日付冬眠密着包装の胚芽精米「水晶米E」(山城食糧 K.K.) を購入し、実験直前まで4℃で保存した。原料玄米は、平成4年度産岡山あけぼの(50%)と秋田キヨニシキ(50%)の混合米である。

### 2. 調理操作の条件

1回水洗試料および水洗試料については前報<sup>5)</sup>と同様の条件で調製した。とき洗い試料として、胚芽精米100gに水道水100mlを加えて10秒間とき洗いし、これを10回繰り返した後水きりして風乾したものを用いた。炊飯米の場合は、無洗胚芽精米100gに水道水155mlを加え、1時間浸漬した後電気炊飯ジャーにて炊飯し、R.B.TOMA らの方法<sup>7)</sup>により凍結乾燥して用いた。また、無洗胚芽精米200gに水道水310mlを加え同様に炊飯し、そのまま1日間保存した後凍結乾燥したものをジャー保存試料とした。

### 3. 保存条件

既報<sup>8)</sup>と同様、20℃光照射(開封状態)および30℃暗所(開封および冬眠密着包装)の条件で、2カ月間保存した。

\* 本学家政科食生活専攻教授(栄養化学)

\*\* 実習助手(食品・栄養実験)

#### 4. ビタミンE定量法

HPLC 法によるビタミンE同族体の分別定量は、衛生試験法注解<sup>9)</sup>に準じた。

##### 1) 試料溶液の調製法

上記の各試料米をそれぞれ粉碎後42メッシュのステンレス製ふるいを通し、よく混合した後この5.0gをケン化フラスコに取り、10%ピロガロール・エタノール溶液2ml、エタノール30mlおよびKOH溶液(9→10)2mlを加え、還流冷却器を付け、80℃温浴中で30分間加熱ケン化した。室温にもどした後水20mlを加えて遠心分離し、上清を褐色分液漏斗に移した。水20mlついで石油エーテル(BHT 100ppm含有<sup>10)</sup>)30mlでフラスコおよび遠心沈殿管を洗い、洗液を分液漏斗に加え、振とう後石油エーテル層を分取した。さらに石油エーテルで2回抽出し、フェノールフタレイン溶液で呈色しなくなるまで抽出液を水洗後、無水Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>を加えて脱水し、ロータリーエボレーター用フラスコ(褐色)に移した。40~45℃で石油エーテルを減圧留去し、残留物をn-ヘキサンに溶かし、内部標準品を加えて10mlとし、試料溶液とした。

##### 2) HPLCによる定量

HPLC用装置はいずれも島津製作所製のものを使用した。HPLC用ポンプ、インジェクタ、カラムオープン、データ処理は前報<sup>5)</sup>通りで、検出器は蛍光光度計検出器RF-535、カラムは順相型カラムZorbax SIL 4.6mm×250mmを用いた。

移動相は藤田らの組成<sup>10)</sup>、n-ヘキサン：テトラヒドロフラン：エタノール(97.68：2.2：0.12)を採用し、脱気した後使用した。流速は1.0ml、カラムオープンの温度は40℃、検出器の波長は励起波長298nm、蛍光波長325nmにて測定した。

ビタミンE標準溶液は、生化学・分析用試薬ビタミンE同族体セット( $\alpha$ -、 $\beta$ -、 $\gamma$ -、 $\delta$ -トコフェロール、エーザイ製)を2~10 $\mu$ g/mlになるようにn-ヘキサンに溶解して調製した。内部標準物質としては2, 2, 5, 7, 8-ペンタメチル-6-ヒドロキシクロマン(エーザイ製)を6 $\mu$ g/mlの濃度で使用した。

試料溶液、標準溶液は、ループ容量(20 $\mu$ l)の2倍以上の容量をHPLC装置に注入し、カラムから分離溶出して得られたピークの高さから、内部標準法により試料100g中の各トコフェロール(Toc)の量( $\mu$ g/100g)を算出した。またToc同族体の生物活性値については成分表<sup>3)</sup>通り $\alpha$ -Toc 100,  $\beta$ -Toc 25,  $\gamma$ -Toc 5,  $\delta$ -Toc 0.1を採用し、合算値を求めてE効力

として表した。

各試料米の水分含量が異なるため、常法通り135℃、3時間の常圧加熱乾燥法によって水分を定量し、乾物値により各試料間の比較を行った。

なお、試薬類はすべて和光純薬製のHPLC用または特級品を用いた。

### III 結果及び考察

#### 1. 無洗胚芽精米のビタミンE含量

上記の条件での標準溶液のクロマトグラムは図1の通りで、分離状態は非常に良く、再現性も極めて良好であることが確認された。試料溶液のクロマトグラムの代表例を図2に示す。不純物のピークは少なくベースラインも安定で、分離状態も再現性も満足のいくも

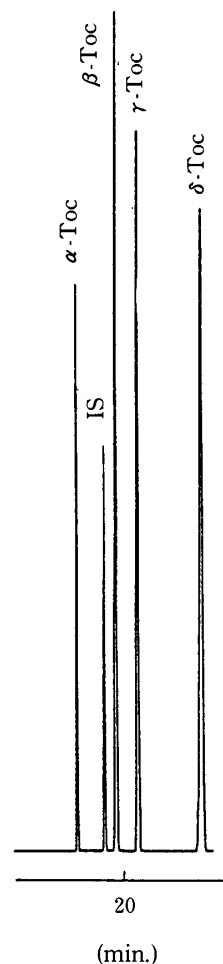


図1 ビタミンE標準溶液のクロマトグラム

$\alpha$ -Toc,  $\alpha$ -トコフェロール;  $\beta$ -Toc,  $\beta$ -トコフェロール;  $\gamma$ -Toc,  $\gamma$ -トコフェロール;  $\delta$ -Toc,  $\delta$ -トコフェロール; IS, 内部標準

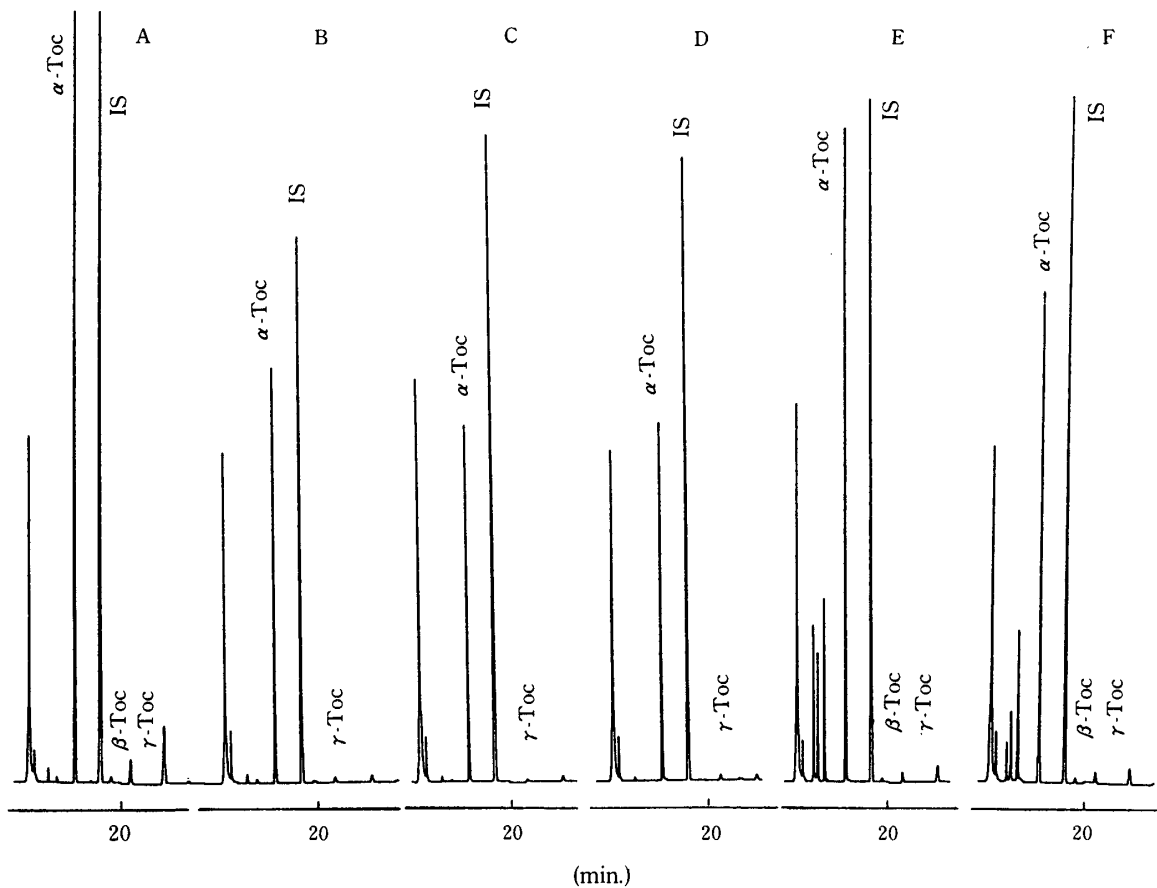


図2 試料溶液のクロマトグラム例

A: 無洗 B: 1回水洗 C: 10回水洗 D: とぎ洗い E: 無洗炊飯 F: ジャー保存

表1 胚芽精米のビタミンE含量( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )

試料	$\alpha$ -Toc	$\beta$ -Toc	$\gamma$ -Toc	$\delta$ -Toc	Toc総量
胚芽精米1	1231.6	28.3	248.8	—	1508.7
胚芽精米2	1228.4	28.7	238.9	—	1496.0
平均	1230.0	28.5	243.9	—	1502.4
(%)	(81.9)	(1.9)	(16.2)	—	(100)
白米	—	—	—	—	—

のであった。この方法により測定したビタミンE同族体の算出値についても、表1の通り2回の測定のバラツキがほとんどなく、再現性は極めて良かった。

今回用いた胚芽精米のビタミンE量は、表1に示した様に $\alpha$ -Tocが1.23mg、 $\beta$ -Tocが0.03mg、 $\gamma$ -Tocが0.24mgで $\delta$ -Tocの存在は認められなかった。成分表の値はそれぞれ1.0、0、0.1、0mgで<sup>3)</sup>我々の方がやや高い値を示したが、組成比は類似しており、我々の測定では $\alpha$ -Tocが82%を占めた。これは及川による玄米の測定値<sup>11)</sup>と類似の傾向であり、玄米と胚芽精米の両方にかかなりの量の $\delta$ -Tocの存在を認めた

福場の報告<sup>12)</sup>とは異なった。しかし、米<sup>4)10)13)14)</sup>、稲<sup>4)</sup>、米ぬか<sup>4)</sup>、米ぬか油<sup>15)</sup>などについての他の報告では、いずれも $\alpha$ -Tocが80~90%、 $\delta$ -Tocが0または微量であることからこの結果は妥当と考える。またやや高値を示すのは、品種間<sup>12)15)</sup>および栽培年度による差<sup>11)</sup>に起因すると思われる。

比較のために白米(平成4年度福井県産コシヒカリ)のビタミンE含量を測定したが、表1に示す通りいずれのTocも検出されなかった。成分表では $\alpha$ -Tocのみ0.4mgとなっているが、未検出との報告もあり<sup>4)16)</sup>、品種、栽培年度、精白度<sup>11)</sup>による差もさることながら、後述の購入時期による影響も大きいと考えられる。

## 2. 調理操作によるビタミンEの損失

胚芽精米のTocへの洗米による影響について調べた結果は表2に示す。さっと1回水洗するのみで $\alpha$ -Tocの20%、 $\gamma$ -Tocの38%が失われ、元々微量の $\beta$ -Tocは完全に無くなった。また10回水洗、10回と

表2 洗米操作の影響(μg/乾物100g)

試料	α-Toc	β-Toc	γ-Toc	δ-Toc	E効力*
無洗	1428.6 (100)	33.1 (100)	283.3 (100)	-	1.45 (100)
1回水洗	1149.4 (80.5)	-	175.7 (62.0)	-	1.16 (80.0)
10回水洗	949.2 (66.4)	-	141.0 (49.8)	-	0.96 (66.2)
とぎ洗い	990.4 (69.3)	-	143.7 (50.7)	-	1.00 (69.0)

\* E効力はα-Toc mg+β-Toc mg×0.25+γ-Toc mg×0.05+δ-Toc mg×0.01で表した。  
( )内の数値は無洗に対する%である。

とぎ洗い試料ではα-Toc 約30~34%, γ-Toc 約50%の損失率であった。ビタミンEは脂溶性であるにもかかわらず、洗米過程における損失は、水溶性のビタミンB<sub>1</sub>に匹敵する程大きいと言える。その性質上水中に流出するとは考えにくく、事実野菜や魚類では、ゆで汁中への流出がほとんどみられないことを市川らが報告している<sup>16)</sup>。従ってこの大きい損失率の原因は、水洗操作の過程で胚芽がはがれ落ちることによると思われる。前報では、ビタミンB<sub>1</sub>の損失を防ぐため「とぎ洗い」を戒めたが<sup>5)</sup>、今回の結果より、比較的緩やかな水洗操作でも、一度水分を含むと胚芽は脱落しやすいと推測される。

次に炊飯操作の影響について実験を行った。方法で述べたように無洗胚芽精米に水道水を加えて炊飯した米飯についての結果である。表3に示したように、むらし直後ではβ-Toc およびγ-Toc は減少したが、α-Toc には変化がなかった。既述のごとく胚芽精米の場合80%以上がα-Toc で占められ、しかも生理活性はα-Toc が最高であるため、β-, γ-Toc の減少が生理活性合算値に及ぼす影響は小さく、従って炊飯によるE効力の低下もなかった。市川らは種々の調理

表3 炊飯操作の影響(μg/乾物100g)

試料	α-Toc	β-Toc	γ-Toc	δ-Toc	E効力*
無洗	1428.6 (100)	33.1 (100)	283.3 (100)	-	1.45 (100)
無洗炊飯	1436.3 (100.5)	21.6 (65.2)	116.9 (41.3)	-	1.45 (100.0)
ジャー 1日保存	1052.5 (73.7)	20.2 (61.0)	115.3 (40.7)	-	1.06 (73.1)

\* E効力はα-Toc mg+β-Toc mg×0.25+γ-Toc mg×0.05+δ-Toc mg×0.01で表した。  
( )内の数値は無洗に対する%である。

食品のToc含量を生と比較して、調理によりやや減少する傾向を認めているが<sup>16)</sup>、炊飯の影響については不明である。一方毛利らは玄米のパフ加工処理によりα-Toc含量が2/3に減少することを報告しており<sup>14)</sup>、たとえ数秒間といえども高温高圧処理は玄米中のTocを容易に分解することが分かる。しかし我々の実験結果から考えると、普通の炊飯操作ではToc、特にα-Tocの加熱による分解はほとんど無いとみてよいであろう。ビタミンB<sub>1</sub>の炊飯過程での損失率約10%<sup>5)</sup>と比較すると、非常に酸化されやすい性質をもつα-Tocのこの安定性は予想を越えるものであった。

近年炊飯器と保温ジャーを兼ね備えた電器炊飯ジャーが、その便利さ故に各家庭に急速に普及した。そこで今回ジャー保存試料についてもビタミンEの定量を行った。表3に結果を示す。β-, γ-Tocの減少は炊飯むらし直後と同程度であるが、α-Tocは26%も減少し、炊飯後そのまま1日ジャー保存するだけで、相当量のビタミンEの損失があることが判明した。炊飯操作のように短時間100℃近くの温度に保持されるより、ジャー保存のように70℃程度の温度でも長時間さらされる方が、Tocの酸化分解は進み易いと考えられる。

以上の結果を生理活性合算値、E効力として比較したものが図3である。これより胚芽精米中のビタミンEの調理損耗は、B<sub>1</sub>の場合<sup>5)</sup>と同じく炊飯過程より洗米過程で大きく、無洗炊飯により損失を防止することが可能と言える。しかし前報<sup>5)</sup>でも述べたように、現状では嗜好面からの制約があるため洗米操作を省くことは困難であり、従って胚芽精米中のビタミンEの調理損耗としては約35%を見込む必要があると考える。ぬか除去及び研磨技術が進み、嗜好面でも満足のいく無洗米が1日も早く製造されることを望みたい。

### 3. 保存によるビタミンEの変化

次いで、胚芽精米購入後保存中にビタミンEがどの程度減少するのを知るために、保存試験を行った。結果を図4に示す。20℃、光照射の条件では、2カ月間でβ-Tocは1/2弱残存するものの、α-Tocとγ-Tocはほとんどなくなるため、E効力もわずかに3%の残存率であった。これに対して30℃、暗所では、2カ月後でもα-TocもE効力も約80%残存し、光照射によりTocの消費が促進されることは明白である。既報<sup>6)</sup>でも、20℃、光照射の条件で保存開始後2カ月と言え、脂質の過酸化価が急激に上昇し始

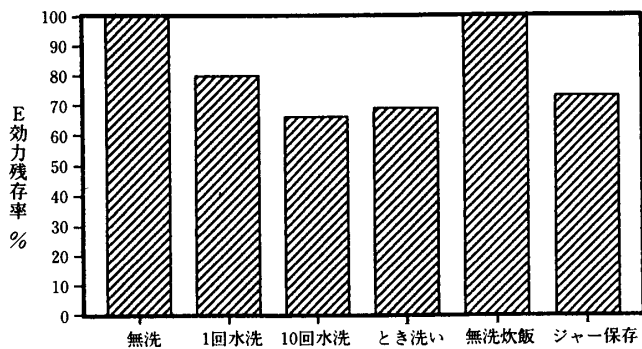


図3 調理操作の影響

める直前の時期であり、ビタミンE急減期の最終段階であった。但し当時のカプロイン法による測定では、ビタミンEが4カ月後でさえ消費しつくされないまま残ることを、疑問点として指摘した。今回の結果でその点は解消され、過酸化価の急上昇の前に Toc がほとんど消費されることが明らかとなった。以前から指摘があるように、比色法ではビタミンE量が高く出過ぎる傾向にあることはカプロイン法においても事実であり、ビタミンE以外の還元性物質が測定にかかってくることを示唆された。

一方前報<sup>5)</sup>で、冬眠密着包装でさえ30℃ではビタミンB<sub>1</sub>が30%近く減少することを認めたので、この条件でも保存試験を行った。図4の通り、γ-Toc はなくなるもののα-Toc は全く減少せず、従ってE効力も100%保持され、冬眠密着包装の効果は発揮された。しかしビタミンB<sub>1</sub><sup>5)</sup>や嗜好面<sup>8)</sup>を考慮すると、この包装形態で30℃以上になることは避けるべきであり、従って光の当たらない通常の保存では、2カ月間で15%程度のビタミンEの損失は見込まねばならない。

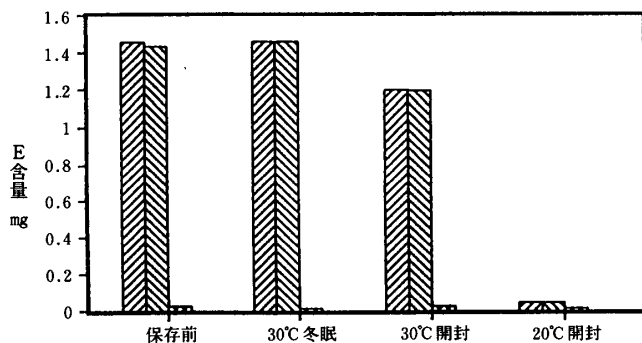


図4 2カ月間保存によるE含量の変化

■ E 効力   ■ α-Toc   ■ β-Toc   ■ γ-Toc

#### 4. 購入時期によるビタミンE含量の変動

収穫後の米の貯蔵方法には粳貯蔵と玄米貯蔵がある。粳穀にはα-Toc やオリザノールによる抗酸化系以外に、より強力な抗酸化系が見つかっており、長期の貯蔵において重要な役割を果たし得ることが示唆されている<sup>17)18)19)</sup>。しかし多量の米の粳貯蔵には困難な点も多く、玄米貯蔵がよく用いられる。従って新米が出回る秋期から冬期はまだしも、高温多湿の梅雨期から夏期にかけては問題が多い。嗜好面においても栄養面においてもしかりである。胚芽精米の場合は白米より脂質含量が高いため、脂質の酸化を抑制する意味からも、梅雨期以降は低温貯蔵(16℃付近)されているようであるが、新米が出回る時期から翌年の新米が出るまで、購入時期によって栄養素の含量が異なることは大いに有り得ることである。

そこで平成4年度産の原料米品種の同銘柄のものを、変動が大きいと考えられる4月から9月にかけて購入して、ビタミンE含量を測定し、購入時期による変動を調べた。購入した胚芽精米は、直前まで玄米で貯蔵され、搗精後冬眠密着包装にして販売されたものである。結果は図5に示す。4月20日購入米で1.43mg含まれたα-Toc は、梅雨期を越すと1/2以下に減少し、その後9月初めまであまり変動しなかった。β-, γ-Toc は7月から9月にかけてもさらに減少したが、元々の含量が少ないため、E効力としてはα-Toc と同じ動きを見せた。現状では6月頃から一応低温貯蔵されているらしいが、ビタミンE栄養の面からだけでもさらに改善が望まれる。

#### 5. ビタミンE給源としての胚芽精米の意義

我国の成人1人1日当たりのビタミンE目標摂取量は、男子8mg、女子7mgと現在定められている。これは、日常食でビタミンE(mg)/多価不飽和脂肪酸(PUFA, g)比を0.4以上にするために必要な摂取量として算出された<sup>2)3)</sup>。ビタミンEの少ない食事やEを消費するPUFAの多い食事をした場合、もともと体内にE貯蔵が少ないとEが不足し、これが長期間続けばヒトでも欠乏症が生じることが明らかとなったためである<sup>3)</sup>。

日常食からのビタミンE摂取量については、マーケットバスケット方式又はトータルダイエット方式による推定値として5.71mg<sup>20)</sup>、

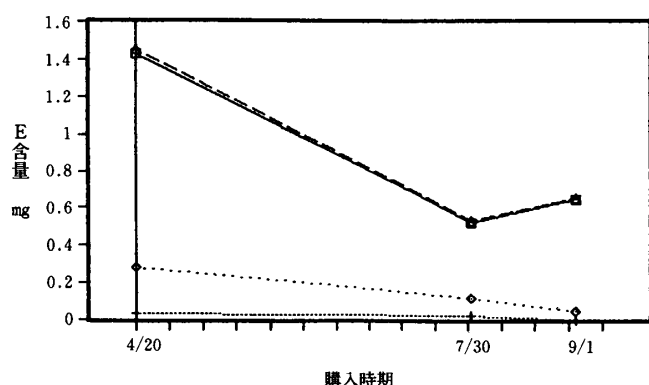


図5 購入時期によるE含量の変動

□  $\alpha$ -Toc +  $\beta$ -Toc ◇  $\gamma$ -Toc △ E効力

6.5mg<sup>21)</sup>, 6.52mg<sup>22)</sup>, 6.71mg<sup>23)</sup> / 日 (いずれも生理活性合算値) などの報告がある。また実際の食事献立の分析値から求めたビタミンE摂取量として、女子大寮生の7.28mg<sup>24)</sup>, 小中学生対象の学校病院の給食3.0~9.7mg<sup>25)</sup> / 日 (いずれも  $\alpha$ -Toc) が報告されている。後者の例のように厳密に栄養管理されている場合は別として、前者のような日常の食事では目標摂取量にやや達していない感は免れない。一方平原らは、ビタミンE摂取量測定のための試みに対して、試料の前処理時にEの酸化分解を考慮した方法が取られていないことに疑義をはさみ、ピロガロールを抗酸化剤として用いてモデル献立法によりE摂取量を算出し、男女とも無理なく目標摂取量を摂ることが可能であることを示した<sup>26)</sup>。さらに国民栄養調査成績をもとにして算出した結果でも、1日のE摂取量は9mg以上と報告している<sup>27)</sup>。しかし、30歳未満の1人世帯では他の階層と比較してE摂取量が低く、これは油脂類の摂取量や調味・嗜好飲料の摂取量が著しく多いなど、食事内容が偏っていることによると指摘している<sup>27)</sup>。本学の調査結果でも著しく偏った食事内容の者が多く、ビタミンEについてもB<sub>1</sub>と同様楽観はできないと推定される。

日高らによれば、食品群別の寄与率は油脂類(27%)が最も高く次いで魚介類(19%)、緑黄色野菜(15%)、

穀類いも類(10%)となっているが、穀類いも類のうち米からの摂取はわずか0.011mg(0.2%)にすぎない<sup>21)</sup>。白米のビタミンE含量が成分表通りであればもっと高値を示すはずであるが、いずれの測定でも米からの摂取量は0または0.1mg以下となっており<sup>21)22)23)26)</sup>、これが計算値と実測値の差<sup>26)</sup>の原因と考えられる。Ⅲの1で述べたように品種や栽培年度や精白度によるのか、Ⅲの4で述べたように購入時期によるのか、それとも洗米・炊飯過程で損失するのかが不明であるが、いずれにしろ成分表の0.4mgをそのまま計算に用いるのは問題がありそうである。そこで実測値の最高値0.1mgを採用し、米摂取量は平成3年国民栄養調査結果<sup>28)</sup>から199gを採用して、ビタミンE摂取量を試算した。結果は表4の通りである。

1人1日当たり199gの白米から摂取できるEは、上記の通り0.1mgであり、目標摂取量の1.3%にすぎない。これに対して胚芽精米の場合は、今回の実験で求めた35%の調理損耗を考慮しても1.29mgの摂取が望め、目標摂取量の16%を補うことができる。今回の実測値で試算すれば1.62mgを摂取でき、目標摂取量の20%をカバーできることになり、油脂類に次いで高い寄与率となる。さらに成分表値を用いて算出したE/PUFA比は1.45で、ひまわり油0.59、綿実油0.55、サフラワー油0.38、トウモロコシ油0.43、なたね油0.55、調合サラダ油0.42、大豆油0.26などに比しかなり高く、その意味でも胚芽精米は良いE給源と言える。また、近年摂取量が上昇傾向にある油脂類をこれ以上増やすことは健康上好ましいとは言えず、白米から胚芽精米への切り替えはE摂取量を容易に増加させる最良の方法であろう。

#### IV 要 約

胚芽精米のビタミンE給源としての意義を探る目的で、種々の条件下における胚芽精米中のEの定量をHPLC法により行った。

1. 無洗胚芽精米のE含量は  $\alpha$ -Toc 1.23mg,  $\beta$ -Toc 0.03mg,  $\gamma$ -Toc 0.24mg であり、E効力(生理活性合算値)は1.25mgであった。白米ではいずれのTocも検出されなかった。

2. 洗米操作の影響を調べた結

表4 ビタミンE摂取量試算

	米摂取量 (g/日)	E効力 (mg/100g)	E摂取量(mg/日)		E/PUFA (mg/g)
			計算値	調理後の値	
白米	199		0.10	1.3	0.89
胚芽精米1	199	1.00	1.99	1.29	1.45
胚芽精米2	199	1.25	2.49	1.62	20.3

胚芽精米1のE効力は成分表値、2は今回の実測値である。

果, 1 回水洗で20%, 10回水洗, 10回とぎ洗いで30~34%の損失が認められ, 胚芽の脱落によるものか洗米過程の損失は予想以上に大きかった。

3. 無洗胚芽精米に水道水を加えて炊飯した場合 E 効力は変化なく, 加熱による損失は認められなかったのに対して, 1 日ジャー保存した場合は30%近くの減少があった。

4. 2 カ月間の保存試験の結果, 20°C, 光照射では E 効力がほとんど消失し, 光により酸化が促進されることが明らかとなった。30°C, 暗所では約 20%の減少にとどまり, 冬眠密着包装では完全に酸化が抑制された。

5. 購入時期による変動を調べた結果, 梅雨時期を越すと E 効力は1/2 以下となり, 7 月末から9 月初めにかけてはあまり変化しないことが明らかとなった。

6. 以上の実験結果をふまえて, 主食が白米の場合と胚芽精米の場合の1 人1 日当たり E 摂取量を試算した。E 給源としての役割をほとんど果たし得ない白米に対して, 胚芽精米では目標摂取量の約20%をカバーできることを示し, 白米から胚芽精米への切り替えは E 摂取量を容易に増加させ得ることを示した。

#### 引用文献

- 1) 福場博保, 美濃真 監修; 五十嵐脩編: ビタミン E—基礎と臨床—, 東京, 医歯薬出版, 1985年
- 2) 厚生省保健医療局健康増進栄養課 監修: 第四次改定日本人の栄養所要量, 東京, 第一出版, 1989年, p. 101~103
- 3) 日本食品脂肪酸・コレステロール・ビタミン E 成分表/科学技術庁資源調査会編「日本食品脂溶性成分表(脂肪酸・コレステロール・ビタミン E)」(1989)による, 東京, 医歯薬出版, 1990年
- 4) 加藤秋男, 田中章夫, 山岡正和, 田辺恵三: 油化学, 33(12), 871~873 (1984)
- 5) 田原モト子, 足立恭子: 平安女学院短期大学紀要, 第23号, 69~75 (1992)
- 6) 田原モト子, 足立恭子: 平安女学院短期大学紀要, 第17号, 89~92 (1986)
- 7) R. B. TOMA and M. M. TABEKHIA: *J. Food Sci.*, 44(1), 263~268 (1979)
- 8) 田原モト子: 日本家政学会誌, 39(4), 279~287 (1988)
- 9) 日本薬学会編: 衛生試験法・注解, 東京, 金原出版, 1990年, p. 353~356
- 10) 藤田忠雄, 亀井正治, 神戸保, 大柴恵一, 佐々木清司: 大阪市立環境科学研究所報告 調査・研究年報, 第46集, 127~133 (1983)
- 11) 及川桂子: 家政学雑誌, 33(12), 628~632 (1982)
- 12) 福場博保: 調理科学, 11(1), 51~54 (1978)
- 13) V. PIIRONEN, E. L. SYVÄOJA, P. VARO, K. SALMINEN, and P. KOIVISTOINEN: *CEREAL CHEMISTRY*, 63(2), 78~81 (1986)
- 14) 毛利佳世, 五十嵐脩: 家政学雑誌, 36(5), 289~292 (1985)
- 15) 山崎恵, 長尾昭彦: 日本食品工業学会誌, 31(11), 691~696 (1984)
- 16) 市川富夫, 富岡和久: 日本栄養・食糧学会誌, 37(4), 291~299 (1984)
- 17) Toshihiko OSAWA, Ramarathnam NARASIMHAN, Shunro KAWAKISHI, Mitsuo NAMIKI, and Toru TASHIRO: *Agric. Biol. Chem.*, 49(10), 3085~3087 (1985)
- 18) Narasimhan Ramarathnam, Toshihiko Osawa, Mitsuo Namiki, and Toru Tashiro: *J. Sci. Food Agric.*, 37, 719~726 (1986)
- 19) Narasimhan Ramarathnam, Toshihiko Osawa, Mitsuo Namiki, and Shunro Kawakishi: *J. Agric. Food Chem.*, 36(4), 732~737 (1988)
- 20) 森嘉博, 横山剛: 和衛公研年報, 31号, 50~54 (1985)
- 21) 日高公雄, 吉田宏三, 井崎やえ子, 戸田和子: 日本栄養・食糧学会誌, 39(4), 308~320 (1986)
- 22) 井崎やえ子, 日高公雄, 吉田宏三, 戸田和子: 日本栄養・食糧学会誌, 38(5), 351~357 (1985)
- 23) 林弘道 他: 日本栄養・食糧学会誌, 40(6), 457~462 (1987)
- 24) 古賀民穂, 南部庸子: 日本栄養・食糧学会誌, 37(4), 355~361 (1984)
- 25) 吉川俊一, 蒲原一隆, 大江武, 奥田正三, 前田理, 野々内敦子, 駒井利衣子: 日本栄養・食糧学会誌, 39(4), 303~307 (1986)
- 26) ビタミン E 研究会編: ビタミン E 研究の進歩 II, 東京, 共立出版, 1992年, p. 127~134
- 27) 同上, p. 5~10
- 28) 厚生省保健医療局健康増進栄養課: 栄養学雑誌, 51(3), 171~183 (1993)