

## β-カロチンの利用について

佐藤 雅子

(1992年10月15日 受理)

Utilization of β-Carotene

Masako SATO

ビタミンAは成長の促進、粘膜上皮組織の正常維持、視覚機能など広範囲にわたる生理作用をもっていることが知られている。最近、ビタミンAやプロビタミンAであるβ-カロチンに制ガン作用やガン予防効果があることが示されている(1-7)。ガンによる死亡率は増加を続けており、死因の一位を占めているだけでなく、最近における高齢化ともなって、二重ガンや三重ガンなどの頻度も高くなっている(8)。食生活を含めて人間が生存する環境の中には、数多くの発ガン物質や変異原性物質が存在することが明らかにされている(9-11)が、これらの事実に対して、積極的にライフスタイルを見直すことが推奨されている。制ガン剤としてレチノイドの効果は大きい(1, 2, 5, 6)が、過剰摂取は副作用を示すことも知られており、特にレチノイン酸は毒性が強く(12)、臨床的に長期間の投与は生体にとって必ずしも安全であるといえないと考えられている(6)。それに対し、同じように制ガン効果をもつβ-カロチンは安全性が極めて高いと考えられている。β-カロチンを多く含む緑黄色野菜の摂取は、食品群別摂取量の調査結果から必ずしも減少していない(8)が、淡色野菜や果物に比べて不足しやすい傾向である。β-カロチンは脂溶性ビタミンに属するので、脂肪が存在しないと吸収率は低下する。β-カロチンの吸収率については食事の内容や量によって変化すると考えられているが、詳細な報告は少ない。そこで、この実験では、β-カロチンがカロチノイド系の色素であり、油に溶けて黄橙色を呈することから、β-カロチンの利用についてβ-カロチンの油に対する溶解性の問題として捕え、視覚を通して身近な問題として把握できるよう検討した。

### 実 験 方 法

#### 1. β-カロチンの溶解性

市販のβ-カロチン(ナカライテスク社)の粉末にサラダ油または水を加えて溶解しβ-カロ

チンの溶解性を比較した。

## 2. にんじんの $\beta$ -カロチンの抽出

$\beta$ -カロチンが最も高いにんじんを10分間加熱して軟らかくしたものに、それぞれ、サラダ油、または水を加えて乳鉢で磨砕してろ過し、ろ液の色を $\beta$ -カロチンの粉末を油で溶かしたものを標準試料として、これと比較した。

## 3. 加熱によるにんじんの $\beta$ -カロチンの抽出

にんじんを $5 \times 1 \times 0.2$ cm程度の大きさの拍子木切りにし、水で表面の微粒子を洗った後、水分をきり、更にろ紙またはふきんで表面の水分を拭き取る。これを50gずつ耐熱性のガラス容器に入れ、2倍量のサラダ油または水を加えて金網に載せ、写真1のように中火の弱火で5～10分加熱し、加熱中の油または水の色の変化を観察した。にんじんを取り出し、加熱した後の油または水をビーカーに取り、加熱前の油または水の色と比較した。

## 4. 振とうによるにんじんの $\beta$ -カロチンの抽出

にんじんをみじん切りにしたものを、それぞれ50gずつ300mlの三角フラスコに入れ、2倍量の水または油を加えたもの、水を加えた後同じ量の油を加えたもの3種について、これらを30℃振とう式インキュベーターで3時間振とうした。振とう中や振とう後の水の層、油の層の色調の変化を比較した。

# 実 験 結 果

## 1. 市販の $\beta$ -カロチン粉末の溶解性

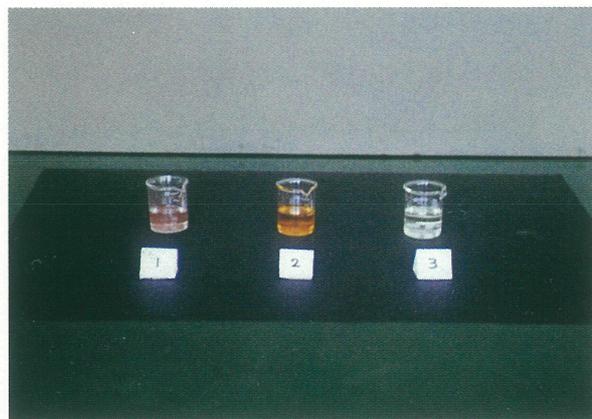
市販の $\beta$ -カロチンを油と水に溶かしたものを写真2に示している。写真2の(1)は $\beta$ -カロチンを水に溶かしたものであるが、水には全然溶解せずそのまま濃い赤紫色の粒子として分散しており、この粒子は時間の経過に伴って沈殿した。写真2の(2)は $\beta$ -カロチンを油に溶かしたものであるが、(3)の $\beta$ -カロチンを添加していない油のみの対象のものと比較して明らかに濃い黄橙色を呈しており、 $\beta$ -カロチンが油に溶けて黄橙色を呈することがよくわかる。

次に、 $\beta$ -カロチンの油に対する溶解度を検討した。一日のビタミンAの必要量を2,000IUとして、これを $\beta$ -カロチンのみで摂取すると1.2mg必要である。 $\beta$ -カロチンの利用率は一般には30%と考えられているので、利用率を30%として考えると $\beta$ -カロチン3.6mgに相当する。そこで、 $\beta$ -カロチン3.6, 1.8, 0.9mgにそれぞれ5mlの油を加え溶解性を比較した。 $\beta$ -カロチン0.9mgを5mlの油で溶解したものは完全に溶け黄橙色を呈した。1.8mgの $\beta$ -カロチン、3.6mgの $\beta$ -カロチンを溶かしたものは、0.9mgのものに比べ黄橙色の濃度が濃くなったが、いずれも5mlの油では完全に溶解せず、一部は不溶性の粒子として沈殿し、3.6mgでは沈殿する粒子が増加した。また、 $\beta$ -カロチンの利用率を100%と仮定すると、1日の $\beta$ -カロチンの必要量は1.2mgとなりこれを油で溶かしたが、完全に溶解するのにほぼ3mlの油が必要であった。

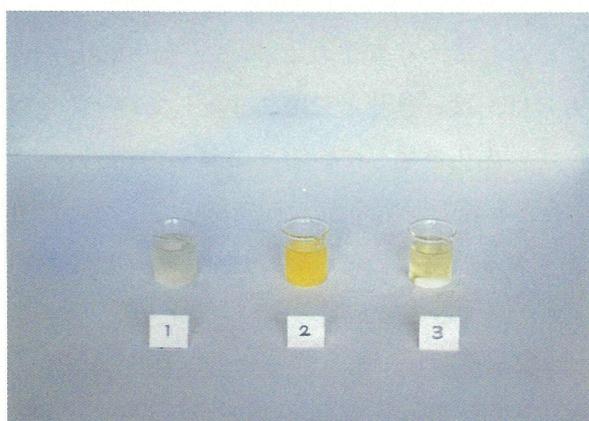
佐藤： $\beta$ -カロチンの利用について



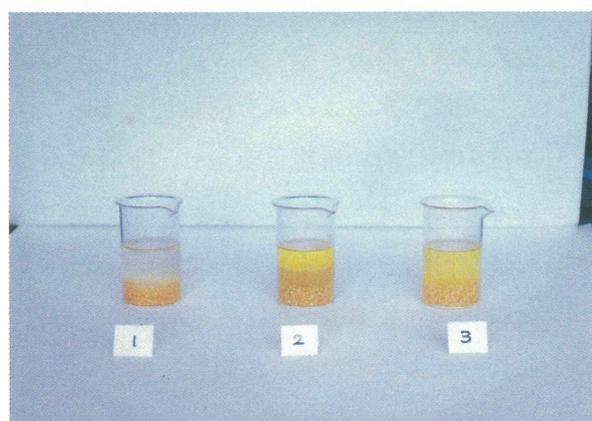
(1)



(2)



(3)



(4)

写真1 加熱によるにんじんの $\beta$ -カロチンの抽出

写真2  $\beta$ -カロチンの溶解性

(1) 水 (2) 油 (3) 対象

写真3 加熱によるにんじんの $\beta$ -カロチンの溶解性

写真4 振とうによるにんじんの $\beta$ -カロチンの溶解性

(1) 水 (2) 油 (3) 対象

(1) 水 (2) 水と油 (3) 油

$\beta$ -カロチンは油に溶けるが、溶解率は低いことが予想された。

## 2. にんじんの $\beta$ -カロチンの抽出

生のにんじんは固くて磨碎しにくかったので、10分間加熱して軟らかくし、それぞれ、サラダ油または水を加えて乳鉢で磨碎しろ過した。油を加えて抽出したものは、写真2の(2)  $\beta$ -カロチンの粉末を油でとかしたのと同じような透明な黄橙色を呈していたが、水を加えて抽出したものは、うすいやや赤みを帯びた黄橙色を呈していた。一見  $\beta$ -カロチンのように見えたが、濁りがみられ色調も  $\beta$ -カロチンの黄橙色とは異なっていた。

3. にんじんを拍子木切りにし、写真1のように油または水を加えて加熱した時の  $\beta$ -カロチンの溶解を比較した。油と水の比熱の違いのため、にんじんの加熱状態は異なったが、油で加熱したものは水で加熱したもののおよそ半分の時間で組織は軟らかくなった。加熱時間の経過に伴って油を加えて加熱したものは、油の色は徐々に黄橙色に変化した。一方、水を加えて加熱し

たものはほとんど変化が見られなかった。写真3は加熱10分後の油または水の層の色調をビーカーに移して比較したものである。写真3の(3)の対照の油のみのものと比較して、写真3の(2)のニンジンを加えて加熱した後の油の層は明らかに濃い黄橙色を呈しており、ニンジンのカロチンが油に溶出していることがわかる。一方、写真3の(1)のように、ニンジンに水を加えて加熱した後の水の層はうすい赤みを帯びた橙色を呈しており、カロチンの色調に似ているが、注意深く観察するとカロチンの黄橙色の色調とは異なっている。

4. 写真4はニンジンのみじん切りにしたものを、それぞれ50gずつ三角フラスコに入れ、水または油を加えたもの、水およびサラダ油を同量加えて、3時間振とうした後の、水の層と油の層の色調をビーカーに移して比較したものである。写真4の(1)のみじん切りにしたニンジンに水を加えて振とうしたものはうすい赤色を帯びており、写真4の(3)の油を加えて振とうしたものは濁りのある濃い黄橙色を呈している。それに対して、写真4の(2)のみじん切りにしたニンジンに、水および油を同量加えて振とうしたものは、はっきりと二層に分離しており、上層の油の層は濃い黄橙色を呈し、下層の水の層はうすい赤色を呈している。これらの結果から、ニンジンの $\beta$ -カロチンは水には溶けず油に良く溶けることが明らかである。

ニンジンと拍子木に切ったもの、おろし金ですりおろしたものについて比較した。いずれの試料についても $\beta$ -カロチンが水には溶けず油に良く溶けることが明らかにされたが、拍子木に切ったものでは $\beta$ -カロチンが油に溶けるのに時間がかかり、おろし金ですりおろしたものについては水の層と油の層との分離が不明確であった。これらの結果から視覚的に色調から $\beta$ -カロチンの油に対する溶解性をみるには、みじん切りにしたニンジンを使用し、水と油を同時に加えて比較するのが最も判別しやすいと考えられた。

## 考 察

$\beta$ -カロチンに制ガン効果があることは、疫学的にも生化学的にも明らかにされている(1-7)。 $\beta$ -カロチンは栄養学の観点から、プロビタミンAとしての機能が強く評価されてきたが、最近の研究ではプロビタミンAの転換経路には、何らかの制御機構があることが明らかにされており、制ガン効果はプロビタミンAすなわち $\beta$ -カロチンの形で大きいことが明らかにされている(11)。一方、一般の食生活の傾向は、生のまま手軽に摂取できるキャベツやキュウリなどの淡色野菜や果物の摂取に片寄りがちであり、 $\beta$ -カロチンを多量に含むニンジンやほうれん草などの緑黄色野菜の摂取は、全体として少ない傾向にある(8)。また、幼少期に嫌いな食品の上位を占めるのは、ニンジン、ほうれん草などの緑黄色野菜である。

医学や薬学の進歩によりガンにかかっても治癒する比率が年々高まっている。しかし、最近の死亡率の一位を占めるのはガンによるものである。平山らは20年間にわたっておよそ20万人を対照にした食生活とガンの関係を調査した結果から、緑黄色野菜を毎日摂取するとガンにかかる危険率が

佐藤： $\beta$ -カロチンの利用について

緑黄色野菜を摂取しない場合に比べ、はるかに低いことを報告しており、幼少期遅くとも小学校5、6年生ごろから緑黄色野菜を充分摂取するとガンの撲滅は可能であると述べている(11)。武藤らは医学の立場から、ガン患者では、血液や臓器のビタミンA含量が健康な人に比べて低いこと、 $\beta$ -カロチンを投与すると重症のガン患者に効果がみられること、アイソトープを使用した実験から $\beta$ -カロチンがガン細胞に取り込まれることなどを明らかにしている(1, 7)。 $\beta$ -カロチンはプロビタミンAとして生体内でビタミンAに変換されると考えられたが、最近の報告では一部はビタミンAに変わることなく $\beta$ -カロチンのまま利用されると考えられている(11)。

$\beta$ -カロチンは脂溶性ビタミンとして脂肪に溶けて吸収されるが、市販の $\beta$ -カロチンの粉末は油に溶けて黄橙色を呈するけれども溶解率は低いことが予想された。にんじんの $\beta$ -カロチンは水に溶けず油に溶け、 $\beta$ -カロチンを油に溶かした結果と同じような黄橙色を呈することがいくつかの実験で明らかにされたが、溶解率は必ずしも高くないと予想された。生の食品と加熱した食品の利用率の違いや、油の比率との関係によって溶解率は異なることも考えられた。生体系ではもっと複雑な系が存在しており、 $\beta$ -カロチンの吸収や利用は単純な系でないことは明らかであるが、水には溶けないので油の存在は最低条件として必要であることは間違いない。栄養素の中で脂肪の摂取は増加しており、人によっては摂りすぎが問題であり、若年層でその傾向が顕著である。この傾向は全体的には $\beta$ -カロチンの利用を高めていると考えられる。しかし、 $\beta$ -カロチンの利用を高めるには、 $\beta$ -カロチンと脂肪を同時に摂取する必要があるが、脂肪の摂取の増加は必ずしも $\beta$ -カロチンの利用を高めていることにはなっていない場合も考えられる。 $\beta$ -カロチンを補充するため $\beta$ -カロチン添加の清涼飲料水がメーカーから市販されている。ガンの予防のため $\beta$ -カロチンの摂取を推奨した平山は、 $\beta$ -カロチンを清涼飲料水として摂取することを認めながら、油を同時に摂取するよう付け加えている。

食品の $\beta$ -カロチンはカラムクロマトで分離した後、分光光度計で定量する方法がよく使用されている(13, 14)。これらの方法と比べると、本実験のように視覚により黄橙色の色調から $\beta$ -カロチンの油に対する溶解性を比較する定性実験は様々な問題点がある。特に、にんじんを水に溶かしたものの色調は詳細にみると $\beta$ -カロチンの黄橙色とは異なるが、判別しにくい危険性もある。しかし、モデルケースとしてin vitroにおける $\beta$ -カロチンの溶解性を比較することによって、具体的に身近な問題として、簡単に $\beta$ -カロチンの利用率を高める方法を把握することが出来るので、その点では意義があると思われる。

## ま と め

$\beta$ -カロチンの制ガン効果が科学的にも明確にされているので、 $\beta$ -カロチン含量が高いにんじんの $\beta$ -カロチンの利用率を高めるためのモデル実験を行った。にんじんの $\beta$ -カロチンは水に溶けず油に良く溶けることが、標準の $\beta$ -カロチンを比較に使用した結果から明らかにされた。しか

し、 $\beta$ -カロチンの油への溶解率は高くはなかった。 $\beta$ -カロチンが油に溶けて黄橙色を呈することを利用したこの実験は、いくつかの問題点を含んでいるが、具体的に日常の食生活の中で、 $\beta$ -カロチンの利用を高めることを科学的に把握するためには効果があると考えられた。

### 参 考 文 献

- 1) 武藤泰敏：ビタミン, 56, 555-561 (1982)
- 2) 和田政裕, 栄養学雑誌, 46, 107-115 (1988)
- 3) Saito, M., Ikegami, S., Ito, Y. Innami, S.: J. Nutr, Sci, Vitaminol., 28, 455-460 (1982)
- 4) Evans, R.M., Giguere, V., Ong, E.S. Prudimar, S.: Nature, 330, 624-648 (1987)
- 5) 伊藤 好：ビタミン, 66, 137-146 (1992)
- 6) 柳井 稔, 大森俊弘, 中村 強, 光山正雄：ビタミン, 66, 437-446 (1992)
- 7) 武藤泰敏：ビタミン, 56, 501-507 (1990)
- 8) 食糧. 栄養. 健康, 医歯薬出版, (1992)
- 9) 増尾 清：食品添加物とつきあう法, 農文協 (1987)
- 10) 西岡 一：あなたの食卓の危険度, 農文協 (1985)
- 11) 平山 雄：ガンにならない体をつくる, 青春出版社 (1991)
- 12) Smith, F. R., Goodmann, D.S.: New Engl J. Med., 294, 805-808 (1976)
- 13) 梅田圭司, 川嶋浩二：日食工誌, 18, 147 (1971)
- 14) 角谷嘉子, 小川しらべ, 浜名清美：神戸女子大紀要, 16, 17-23 (1983)