

県産野菜の抗酸化性の評価と加熱調理による変化

池羽 智子・鹿島 恭子

Evaluation of Antioxidant Activity of Raw and Cooked Vegetable Extracts Produced in Ibaraki Prefecture

Tomoko IKEBA and Kyoko KASHIMA

Summary

The antioxidant activity of seventy-six kinds of raw vegetable extracts were examined by measuring the rate of discoloration of beta-carotene coupled with the oxidation of linoleic acid. The results showed that perilla, mitsuba, sweetpepper, lotus root, mizuna had high antioxidant activity among the vegetables that are produced in Ibaraki prefecture. In particular, the vegetables in the parsley family and sprouts showed very high activity.

The antioxidant activity of many boiled vegetable extracts were low compared with the raw extracts, but some such as water dropwort and garland chrysanthemum were higher. But the result of boil time examined in lotus root was that as the boil time increased, the antioxidant activity of boiled lotus root decreased whereas that of soup increased. Fried lotus root in oil retained high antioxidant activity compared with boiled and steamed.

キーワード：抗酸化性, β カロテン退色法, 野菜, 調理

I. 緒言

近年、食生活の欧米化に伴い、がん、心疾患、糖尿病、アレルギー性疾患等の生活習慣病が増加している。そのため、日常の食生活を改善・健全化し、疾病を予防することに対して関心が高まっている。特に野菜をはじめとする農産物は、抗酸化性、抗変異原性や発ガン予防機能をもつ成分を数多く含むことが明らかにされており（東, 1999; 大澤, 1995）、注目を集めている。

多くの生活習慣病や身体の老化は、ストレスや喫煙などにより体内で過剰に発生した活性酸素が、脂質、タンパク質、核酸などの生体成分を酸化することにより生じるとされている。この活性酸素による酸化を抑制する働きが抗酸化性であり、抗酸化成分を多く摂取することが生体内の酸化傷害を防ぎ、疾病予防に役立つと考えられる。

すでに、抗酸化性に関する数多くの報告がある（松崎・原, 1985; 浜渦・飯島, 1999）。しかし、大部分

は一般的な野菜を扱っているものであり、マイナー作物については事例が少ない。茨城県では主要野菜の他にも地域特産品とされる野菜を多く生産しており、それらについて抗酸化性はどの程度なのか、また、調理加工によりどう変化するのか等の興味が持たれるようになってきている。抗酸化性に関するデータの明示は、消費者が野菜を購入する際の指標になり得ると考えられる。

これらのことから、県内で生産される特産野菜について、主な機能性と考えられる抗酸化性を評価し、機能性の高い野菜を検索すると同時に、調理後の抗酸化性の変化を調査した。

II. 材料および方法

試験1 抗酸化性の高い野菜の検索

1. 材料

県内で生産している野菜 76 品目・733 検体を試料

とした。材料は研究所内の圃場での採取、現地圃場からの採取、直売所やスーパー等で購入のいずれかにより入手した。1 サンプルにつき可食部 100g を試料としたが、1 個体重の大きい野菜については 1 サンプルにつき 4 個用意し、1 個体から 4 分の 1 ずつ採取した後、細断・混合し、100 g を取って試料とした。

2. 試料溶液の調整と抗酸化性の測定

野菜の可食部を 2 倍量の 80% エタノールとともにミキサーで磨砕し、濾紙でろ過した。ろ液 5mL をメスフラスコにとり、80% エタノールで 50mL に定溶して試料溶液とした。

抗酸化性の測定は、リノール酸の酸化物が β -カロテンを退色させる作用を利用した津志田らの方法(津志田, 1994)を用いた。まず、 β -カロテン溶液(100mg/100mL クロロホルム)、リノール酸溶液(10g/100mL クロロホルム)、ツイーン 40 溶液(20g/100mL クロロホルム)を作成した。それぞれ 0.5mL, 0.2mL, 1.0mL をフラスコに採取してクロロホルムを飛ばした後、90mL の蒸留水を加えて溶解し、pH6.8 に調整した 0.2M のリン酸緩衝液 10mL を添加して、リノール酸・ β -カロテン溶液を調整した。あらかじめ 200 μ L の被検液を入れた試験管に、この溶液を 9.8mL 添加し、50°C の恒温槽に素早く入れた。その後、15 分後と 45 分後の吸光度 A (波長 470nm) を測定して、 $\Delta A = A_{15分} - A_{45分}$ を求めた。 ΔA の値とブチルヒドロキシアニソール (以後 BHA と略記) 濃度の log 対数値が直線の関係にあることを利用し、BHA100mL 当たり 1mg, 2mg, 3mg, 4mg の標準液で ΔA を求めて作成した検量線から、被検液の抗酸化性を BHA 濃度に換算した。

試験 2 調理による抗酸化性の変化

下記の方法により試料を調整し、試験 1 に準じて抗酸化性を測定した。

1. 短時間調理した際の抗酸化性の変化

加熱調理が一般的なチンゲンサイ、ホウレンソウ等 13 品目を対象とし、2L の沸騰水中で、可食部 100g を 40 秒ゆでて試験に供試した。ゆでる際、レンコンなど、1 個体が大きいものは一口大に切断して調理した。調理後の重量は変化するため、抗酸化性は 100g 新鮮重に換算して表示した。

2. レンコンの調理時間と抗酸化性の変化

厚さ 5mm に切断したレンコン 100g を、500mL の沸騰水中で 15 分、30 分、45 分、60 分間煮込み、レンコンと煮汁に分けて、それぞれの抗酸化性を測定した。煮汁は蒸発分を補充しながら、最終的には 200mL に調整し、抗酸化性の値は煮汁総量の値で表示した。

3. レンコンの調理方法による抗酸化性の変化

厚さ 5mm にスライスしたレンコンを「煮る」、「炒める」、「炒めてから煮る」、「蒸す」、「油で揚げる」の 5 通りの方法で調理し、調理後の抗酸化性を測定して、生で抽出・測定した値と比較した。調理時間は 15 分とし、「炒めてから煮る」方法では、2 分間油で炒めてから 13 分煮た。

Ⅲ. 結果

試験 1 抗酸化性の高い野菜の検索

野菜抽出液の抗酸化性を BHA 量に換算し、大きく 4 グループに分類した(表 1)。BHA100mg/100g 以上の高活性に相当するのはハマボウフウ、食用菊、イタリアンパセリ等 11 種であった。県の特産品であるオオバ、根ミツバ、ピーマンもこのグループに属した。100g 当たり BHA50mg 以上 100mg 未満のやや活性の高いグループには、レンコン、花豆「常陸大黒」(煮豆)、ミズナ、セリ、欧州系ブドウ「マリオ」、赤ネギなど 29 種が含まれた。同様に、やや活性の低い 25mg 以上 50mg 未満のグループにはホウレンソウ、ハクサイ、サツマイモ、チンゲンサイ、結球レタスなど 24 種、活性の低い 25mg 未満のグループにはエシャレット、カブ、タマネギなど 12 種が含まれた。科目別にみるとセリ科が非常に高く、ブロッコリースプラウトやごみなど、幼苗や若芽で抗酸化性が高い傾向がみられた。また、レタスでは品種により抗酸化性の強さに違いがみられ、サニーレタスやリーフレタスでは比較的抗酸化性が高かったが、結球レタスやフリルレタスでは低かった。キャベツ、ネギ、タマネギは概して活性が低かったが、紫キャベツ、赤ネギ、紫タマネギなど赤色素を持つ品種では色素を持たないものに比べて抗酸化性が高かった。

試験 2 調理による抗酸化性の変化

1. 短時間調理した際の抗酸化性の変化

加熱調理による抗酸化性の変化を調べるため、いくつかの品目について、生の状態と沸騰水中で40秒ゆでた時の抗酸化性を比較した。その結果、ほとんどの品目ではゆでることにより抗酸化性は低下したが、セリ、シュンギク、アシタバなど一部の品目では、短時間ゆでることにより抗酸化性が大きく増加する傾向がみられた(図1)。

2. レンコンの調理時間と抗酸化性の変化

レンコンはゆでる時間が長くなるにつれて抗酸化性が低下した。特に加熱直後から15分間の変化が著しく、この間にレンコンの抗酸化性は5割程度まで低

下し、その後は緩やかに減少した。これとは逆に、ゆで汁の抗酸化性は最初の15分間で著しく高まり、その後は60分後まで緩やかに増加した(図2)。

3. レンコンの調理方法による抗酸化性の変化

いずれの調理方法においても、抗酸化性は著しく低下した。「煮る」、「炒めてから煮る」の抗酸化性は最も低く、「生」の半分以下に低下した。「炒める」、「油で揚げる」など油を使った調理法では、比較的高い抗酸化性が保持されたが、それでも「生」の59～66%程度であった(図3)。

表1 生野菜抽出液の抗酸化活性の強さ

非常に強い活性 (> 100mgBHA/100g)	やや高い活性 (50 ~ 100mgBHA/100g)	やや低い活性 (25 ~ 50mgBHA/100g)	低い活性 (< 25mgBHA/100g)
ハマボウフウ	レンコン	トマト	ラッキョウ
食用キク	花豆「常陸大黒」(煮豆)	わけぎ	つる菜
イタリアンパセリ	シシトウ	ホウレンソウ	ミョウガ
オオバ	ゴボウ	エンサイ	まいたけ
こごみ	摘果メロン	ジャガイモ	タマネギ
ブロッコリースプラウト	キャベツ(紫)	キャベツ	エシャレット
アシタバ	パセリ	ハクサイ	巨峰(実)
ミツバ(根ミツバ)	オクラ	サトイモ	カブ
モロヘイヤ	ターサイ	サツマイモ	ヤマトイモ
ピーマン	ルッコラ	ニンジン	フキ
ベビーリーフ	ミツバ(糸ミツバ)	チンゲンサイ	カボチャ
	ミズナ	レタス(結球レタス)	花ニラ
	豆苗	パプリカ	
	セリ	菜花	
	レタス(リーフレタス)	トウガン	
	レタス(サニーレタス)	トウモロコシ	
	カイワレ	シュンギク	
	コマツナ	レタス(フリルレタス)	
	欧州系ブドウ(マリオ)	バジル	
	ヤーコン	タマネギ(紫)	
	ナス	イチジク	
	ブロッコリー	クリ	
	アスパラガス	ダイコン	
	ネギ(赤ねぎ)	ニガウリ	
	ニンニク	ネギ(白)	
	かき菜		
	ニラ		
	セロリ		
	葉ショウガ		

：茨城県の特産野菜

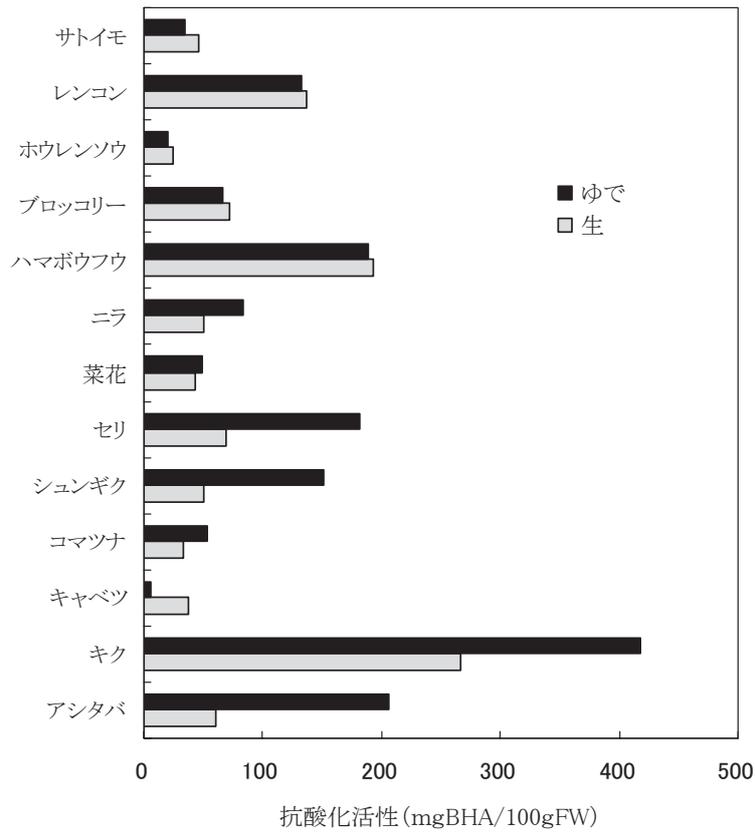


図1 加熱調理による抗酸化活性の変化
* 加熱調理：沸騰水中で40秒加熱

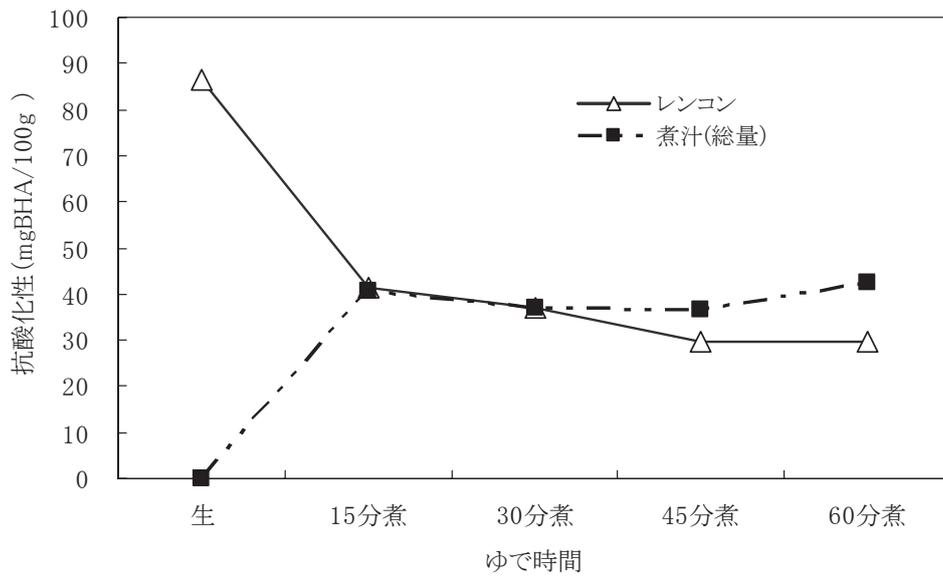


図2 レンコンの加熱時間と抗酸化性

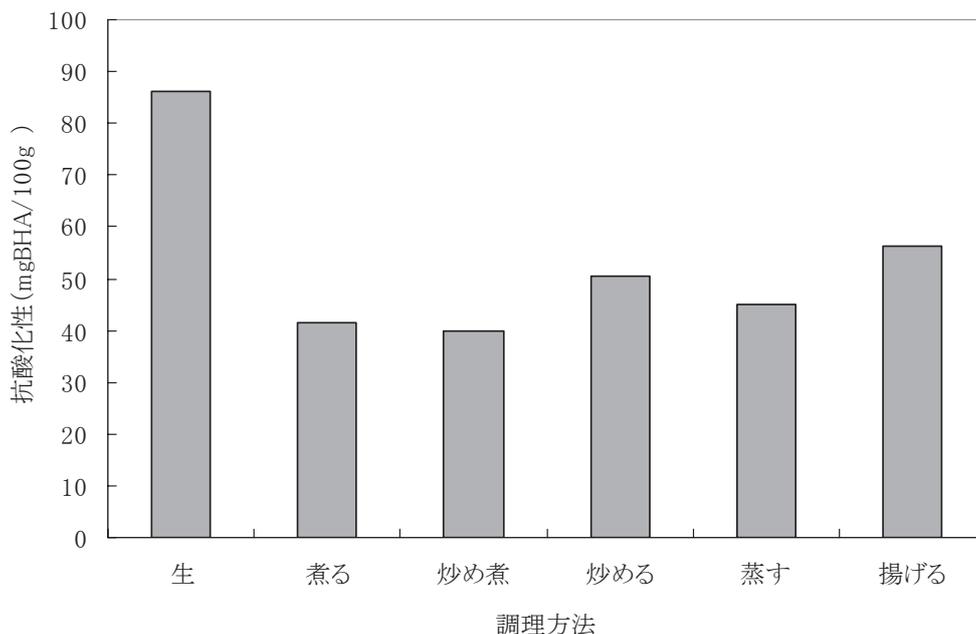


図3 レンコンの調理方法と抗酸化性
注：調理時間はすべて15分

IV. 考察

近年、野菜の生体調節機能に関する報告は数多く出されており、主に抗酸化性、抗変異原活性、抗アレルギー性の観点から評価されている。中でも抗酸化性は、多くの生活習慣病や老化の原因となる活性酸素を抑制する機能と定義され、多種類の 방법으로測定が試みられている。抗酸化性に関与する成分は、アスコルビン酸（ビタミンC）、カロテノイド類（BURTON & INGOLD, 1984）、トコフェロール（ビタミンE）（YOSHIDA ら, 2003）、ポリフェノール類とされ、特にポリフェノールと抗酸化性の相関が高いと報告されている（津志田ら, 1994）。これらについては個々の成分分析も盛んに行なわれているが、非常に多くの成分がこの分類に含まれており、成分によって抗酸化力の差が大きく、不明な点も多い。ここでは β -カロテン退色法を用い、野菜の持つ抗酸化性を全体的に評価した。

その結果、セリ科のハマボウフウやミツバ、食用菊、オオバ、モロヘイヤで抗酸化性が高いことが明らかとなった。オオバとモロヘイヤに関しては、東らがリノール酸エマルジョンおよびフォスファチジルコリンのリポソームを用いた方法でも同様の結果を得ている（東, 2001）。いずれも香りが強い野菜であることから、香

り成分の多い野菜では抗酸化性が高い可能性が示唆される。

その他では、こごみ、ブロッコリースプラウト、ベビーリーフ、カイワレなどの若い芽や摘果メロンなどの若い果実に高い抗酸化性がみられた。筆者がミズナの播種後日数と抗酸化性の関係を調べた試験でも、播種後日数の少ない幼苗で抗酸化性が高く、生長するにつれて低くなる結果が得られている（池羽, 未発表）。そのため、幼苗では抗酸化力を持つ成分の含有率が高いと推測される。近年のサラダ野菜のブームにのり、若芽や幼苗を商品化することは、抗酸化性の高い野菜を提供する1つの手法になると考えられる。

一方、キャベツ、ネギ、タマネギは概して抗酸化性が低かった。しかし、赤色色素を含む紫キャベツ、赤ネギ、紫タマネギは、色素を含まないものよりも抗酸化性が高い。赤色色素はポリフェノールの1種であるアントシアニンであるが、アントシアニンには活性酸素消去能があると報告されており（TAMURA & YAMAGAMI, 1994）、この色素により抗酸化性が増加したと考えられる。茨城県で育成した花豆「常陸大黒」もアントシアニン含量が他の花豆より多く、抗酸化性が高いことが判明した。

最近では、生で食べるサラダ用途野菜の利用が増加しているが、葉菜類や根菜類ではゆでる、煮る、炒め

る等の調理をして食べることが多い。そこで、こうした加熱調理による抗酸化性の変化を調べるため、いくつかの品目について、生の状態と沸騰水中で短時間ゆでた時の抗酸化性を比較した。その結果、ほとんどの品目ではゆでることにより抗酸化性は低下したが、セリ、シュンギク、アシタバなど一部の品目では、短時間ゆでることにより抗酸化性が高くなる傾向がみられた。原因としては、ゆでることにより、成分がより抗酸化性の高い構造に変化するか、または細胞壁が壊れ、細胞内の抗酸化成分が溶け出しやすくなったためと推測される。また、トマト・ニンジンなどのカロテノイド系野菜やタマネギ・モヤシ等のフラボノイド系野菜は加熱すると活性酸素除去能が低下するが、クロロフィル系野菜は温野菜にしても活性酸素除去活性が持続するとの報告があることから（西堀・並木、1998）、クロロフィル系色素の働きによる可能性も示唆される。

しかし図2に示したように、レンコンを長時間煮るようなケースでは、煮る時間が長くなるにつれてレンコン自体の抗酸化性は低くなり、煮汁中の抗酸化性が増加した。したがって、抗酸化成分は熱には比較的強いものが多いが、水溶性であり、ゆで時間が長いほど細胞壁等が破壊され、ゆで汁中に流亡する量が多くなると考えられる。

そこで、抗酸化成分の流出を最小限にとどめる調理方法を検討した。その結果、抗酸化性は調理により4割～6割程度減少した。「炒める」、「揚げる」など油を使う方法では、抗酸化成分の流出が少なく、比較的高い活性が維持された。これは水溶性成分が外に流出せず、レンコン内にとどまるためと考えられる。「炒めてから煮る」方法はレンコンでは一般的な調理方法であり、油でレンコンの周りに油膜を作るため、成分の流出は少ないと予想したが、効果は低く、ただ煮たものとはほぼ同等であった。したがって、抗酸化性を高く保持する調理方法としては、生のままサラダとして食べたり、てんぷらなどの揚げ物が効果的と考えられる。また、煮ると煮汁中に抗酸化成分が流出することから、スープや味噌汁などで汁ごと食べるのも効果的と推測される。

以上、県内で生産された野菜について、抗酸化性の高い野菜を検索し、調理方法による抗酸化性の変化を検討した。しかし、現在のところ、1日にどの程度抗酸化性の高いものを食べれば健康維持に効果があるのか、摂取許容となる上限値はどのくらいの量なのかと

いった目安は出されていない。野菜の摂取量としては1日350g程度が望ましいとされている。また、食材の種類は1日30種類程度必要といわれているので、この中に何種類かの抗酸化性の高い野菜を組み込むと、よりバランスの取れた食生活になると考えられる。

現在の機能性に関する研究事例をみると、試験管レベルでの報告は増えているものの、大規模な臨床試験はまだ少く、野菜の機能性成分と体内への吸収・代謝、健康に対する効果については明確でない点も多い。今後は医療関係と連携し、臨床試験での実証が期待される。

IV. 摘要

県内で生産される野菜について、抗酸化性の高い野菜を検索し、加熱調理による抗酸化性の変化を検討した。

1. 県内の特産野菜としては、オオバ、ミツバ、ピーマン、レンコン、ミズナで抗酸化性が高かった。
2. 短時間ゆでることにより、多くの品目では抗酸化性が低下したが、セリ、シュンギク等では抗酸化性が高くなった。
3. レンコンでは、煮る時間が長くなるにつれて抗酸化性は低下し、煮汁では高くなった。また、「油で揚げる」、「炒める」といった調理方法は抗酸化性を高く保持した。

謝辞 本研究の遂行にご協力いただいた、尾崎豊子氏、濱ますい氏、大竹とき子氏に深謝します。

引用文献

- 東敬子. 1999. 野菜の生理機能と機能性成分. 農業技術. 54: 325 - 329.
- 東敬子. 2001. 健康増進に有効な抗酸化性の高い野菜とその成分. 農業および園芸. 第76巻. 第10号: 1049 - 1056.
- BURTON, G. W. and INGOLD, K. U. 1984. Science. 24: 569.
- 浜渦康範・飯島悦子. 1999: リンゴの果肉抽出物のポリフェノール組成と抗酸化活性. 日食科工誌. 46: 645 - 651.
- 松崎妙子・原征彦. 1985. 茶葉カテキン類の抗酸化作用について. 日農化誌. 59: 129 - 134.

西堀すき江・並木和子. 1998. 野菜ジュースのスーパーオキシドアニオンラジカル消去能と加熱処理による変化. 日食工誌. 45 : 144 - 148.

大澤俊彦. 1995. 食品機能化学. p. 177. 三共出版. 東京.

TAMURA,H and YAMAGAMI,A.1994.J.Agric.Food Chem.42:1612.

津志田藤二郎・鈴木雅博・黒木柁吉. 1994. 各種野菜類の抗酸化性の評価および数種の抗酸化成分の同定. 日食工誌. 41 : 611 - 618.

YOSHIDA,Y.et al.2003.Comparative study on the action of tocopherols and tocotrienols as antioxidant:chemical and physical effects.Chem. Phys.Lipids.123:63-75.