

緑黄色野菜中の機能性成分含有量に及ぼす食塩の添加効果

竹井 瑤子・井奥 加奈

(大阪教育大学教育学部)

1. 緒 言

一般に、ホウレンソウやブロッコリーのなどの緑黄色野菜類をゆでる場合に少量の食塩を添加するよう指導している例は少なくない。これは、「緑色を鮮やかに保つ」のが主たる目的であるといわれている。食塩の添加によって有意に野菜類の緑色が鮮明になるのかどうかに関しては議論が分かれるところであるが、ホウレンソウを用いた報告は多い。例えば2%の食塩添加により、ホウレンソウのクロロフィル A 結合タンパク質の熱変性を促進して安定化させ、フェオフィチン A になるのを防ぐ¹⁾、ホウレンソウから溶出したシュウ酸によりゆで水が弱酸性になるのを食塩の添加により pH を中性付近に維持する²⁾ などの報告がある。一方で、食塩の添加は色合いよりも野菜の味(甘味や旨味)の改善に良い影響を与えるという報告³⁾ もある。しかしながら、いずれも特に決め手となる理由ではなく、眼視によっていくらか緑色が鮮やかに見えることや、味・テクスチャなどの点を総合した上で、緑黄色野菜をゆでる場合には少量の食塩を添加するのが好ましいとされているのが現状である。また、ホウレンソウ以外の野菜に関して、調理過程における食塩の添加効果を検討した報告はほとんどみられない。

近年脚光を浴びている食品機能性成分のうち、フラボノイドは最も代表的な機能性成分の一つである。野菜類や果物類を中心とした植物性食品に含まれる色素で、ケルセチンやケンフェロールは

がんに効く、あるいは動脈硬化予防に有効であるといわれている。非栄養素であることから、サプリメントなどではなく、食品からの摂取が望ましい。野菜類に含まれるフラボノイドはほとんどが水溶性の配糖体であり、水を用いた調理などによって溶出することが明らかになっている^{4,5)}。ゆで水に食塩を添加する調理操作を効率よくフラボノイドを摂取するための一手段として再検討することで、単に「おいしく」食べるための調理ばかりでなく「健康に配慮した」調理としての価値を付与することが可能となると考えられる。

本研究室では、タマネギを用いて、食塩を含めた調味料の添加が調理タマネギ中のフラボノイド含有量に大きな影響を及ぼさないことを明らかにした⁶⁾。調理過程における食塩添加の影響は野菜の種類によっても異なると考えられるが、これまでに数種の野菜についてゆで調理における食塩の添加効果を同時に比較した例はほとんどない。そこで、下調理を含めてゆでて食することの多いアブラナ科野菜4種(カリフラワー、ブロッコリー、コマツナ、メキャベツ)、アカザ科野菜1種(ホウレンソウ)、マメ科野菜2種(サヤインゲン、サヤエンドウ)に着目し、ゆで調理による野菜中のケルセチンとケンフェロール含有量の変動を検討した。さらに食塩の添加によってフラボノイド含有量が最も増加したブロッコリーについて、ポリフェノール酸化関連酵素と食塩やブロッコリーに含まれる他の成分(ケルセチン、アスコルビン酸、クロロゲン酸)との関連について考察した。

2. 実験方法

2.1 試料の概要

実験に用いた野菜類は、大阪府柏原市内のスーパー（カリフラワー＜鳥取産＞、メキャベツ＜静岡産＞：購入時期 2002 年 3 月）、及び大阪市中央卸売市場東部市場（ブロッコリー＜徳島産＞、コマツナ＜福岡産＞、ホウレンソウ＜徳島産＞、サヤインゲン＜高知産＞、サヤエンドウ＜福岡産＞：購入時期 2003 年 10 月～11 月、サヤエンドウのみ 6 月購入）にて購入した。今回実験に用いた野菜類は、本研究室におけるケルセチン含有量に関するスクリーニング、及び文献調査^{7,8)}にもとづいて選出した。

2.2 調理方法

カリフラワーとブロッコリーは、小房に切り分け、一房が 50g 前後になるように調製した。サヤインゲン、サヤエンドウは筋を取らずに中央でよこに二つ切り、コマツナとホウレンソウは根元を 2cm 切り落とした後、約 5cm に切断した。メキャベツは外皮を 1 枚はがした後、そのまま調理した。ゆで水の分量は実験材料重量 (200 g) の 5 倍量 (1000ml) とし、調理は 1500ml 用のガラスなべを用いて行った。塩化ナトリウム (和光純薬、試薬特級) の添加濃度は 1% とした。なお、加熱には 1050W のシーズヒーターを用いた。調理時間はあらかじめ予備実験を行い、官能的に判断して適切と考えられる調理時間を基準に、文献や実習書等も考慮して設定した。

2.3 高速液体クロマトグラフィー (HPLC)

を用いた野菜中のフラボノイド含有量の定量と総ポリフェノール量の定量

調理済み野菜は凍結乾燥粉末を調製し、70%メタノールを用いて、30℃、24 時間暗所にて抽出した。ろ紙 (No.2) にてろ過後、濃縮・定容した試料溶液の一定量を採取し、5 倍量の 2 N 塩酸を

添加した後 60 分間煮沸し、加水分解した。加水分解後は固相抽出処理 (Waters, Sep Pak ODS-Light) を行い、アグリコンとしてのケルセチン・ケンフェロールを HPLC にて定量した。分析条件は既報⁹⁾に準じた。

ブロッコリーの調理時におけるゆで汁と調理済みブロッコリー中の総ポリフェノール量は没食子酸 (和光純薬、試薬特級) を標準物質とし、Folin-Denis 法⁹⁾を用いた。

2.4 ブロッコリーに含まれるポリフェノールオキシダーゼ (PPO) の定量

ブロッコリーに含まれるポリフェノールオキシダーゼ (PPO) は、凍結乾燥粉末 0.1g に対して 0.2M Tris-HCl (pH8.0) を 10ml 加えてホモジナイズした後、0℃、15000rpm にて遠心分離して得られた上清を粗酵素溶液として用いた。粗酵素溶液中のタンパク質量は CBB 溶液 (ナカライテスク) を用いたマイクロブラッドフォード法により、 γ -グロブリン (SIGMA, 牛血製) を標準物質として定量した。

PPO 活性は風見らの方法¹⁰⁾に準じ、ピロガロールを基質としてブロッコリーから抽出した PPO 粗酵素溶液を反応させ、単位時間内に生成するブルプロガリン量を比色により定量した。

3. 実験結果および考察

3.1 調理過程における野菜類のフラボノイド含有量に及ぼす食塩の添加効果

Table1 に、7 種類の野菜のゆで調理におけるケルセチン含有量 (アグリコン相当量) の変動を示した。野菜によって生鮮野菜におけるケルセチン含有量にばらつきがあるため、調理時間 0 分 (生の状態) を 100 とした時の変化率 (%) をあわせて示した。ゆで時間は主に 3 分または 5 分とし、メキャベツのみ 8 分に設定した。

Table1 より、他の野菜に比べてカリフラワー

にはケルセチン含有量が少なく、食塩添加の効果を検討するのが困難であったが、いずれの野菜においても食塩を1%添加の方が調理済み野菜中のケルセチン含有量が多い傾向にあることが判明した。野菜類を植物分類学における「科」ごとに分類して示したが、科による特徴は特にみられず、葉野菜の方が食塩の添加効果が高い傾向にあった。また、マメ科の野菜に関してはほとんど食塩添加の効果はみられなかった。食塩を1%添加してフラボノイド含有量が多くなる原因としては、食品内の酵素や他の成分の影響とともに、食塩水の方が食塩無添加のゆで水よりも細胞内液と等張な状態にあり、結果として成分の溶出が起りにくい可能性も考えられた。また、ブロッコリーやホウレンソウの食塩添加効果は他の野菜に比べて高い傾向にあったことを考慮すると、緑黄色野菜をゆでる時の食塩の添加を推奨している野菜に関しては、食塩の添加がその野菜に含まれているケルセチンの含有量維持にも貢献していると考

えられる。

Fig.1-4には、Table1の中で食塩の添加によりケルセチン含有量の増加傾向がみられたブロッコリー、サヤエンドウとホウレンソウ、コマツナに着目し、調理時間を横軸に、フラボノイド含有量を縦軸にとってフラボノイド含有量の変動を検討した結果を示した。フラボノイドとしてケンフェロールとケルセチンの含有量をあわせて示した。調理はいずれも3回行い、平均値とともに標準偏差を示した。

グラフより、野菜によってフラボノイド含有量の減少傾向はまちまちであり、特に一定の傾向はみられなかった。サヤエンドウやコマツナのように単純にフラボノイド含有量が減少している場合は特に酵素などの影響がなく、浸透圧などの関係からゆで水に溶出しにくいのではないかと考えられた。ホウレンソウでは、ケルセチンのほか、ケンフェロール含有量にも食塩の添加効果がみられる傾向にあった。しかしながら、ホウレンソウの

Table 1 各種野菜類のゆで調理におけるケルセチン含有量の変動 $n = 3$

調理方法	科名	野菜名	ゆで時間(分)	ケルセチン含有量*	変化率(%)
食塩無添加	アブラナ科	カリフラワー	0	0.01±0.01	100.0
			5	0.01±0.01	
		ブロッコリー	0	1.72±0.70	39.7
			3	0.68±0.58	
		メキャベツ	0	0.48±0.00	69.8
	8	0.34±0.08			
	コマツナ	0	0.22±0.02	43.3	
	3	0.10±0.02			
	マメ科	サヤインゲン	0	2.74±0.13	109.5
			5	3.00±0.18	
		サヤエンドウ	0	24.36±0.31	66.6
	5	16.22±0.41			
アカザ科	ホウレンソウ	0	16.80±4.38	32.6	
3	5.49±0.38				
食塩1%添加	アブラナ科	カリフラワー	0	0.01±0.01	100.0
			5	0.01±0.00	
		ブロッコリー	0	1.16±0.31	140.6
			3	1.63±0.81	
		メキャベツ	0	0.48±0.00	100.6
	8	0.48±0.01			
	コマツナ	0	0.22±0.02	78.8	
	3	0.17±0.04			
	マメ科	サヤインゲン	0	2.74±0.13	100.4
			5	2.75±0.23	
		サヤエンドウ	0	24.36±0.307	76.5
	5	18.63±3.13			
アカザ科	ホウレンソウ	0	16.80±4.383	64.0	
3	10.75±1.069				

*ケルセチン含有量：mg/生鮮野菜100gあたり
変化率：ゆで時間0分を100とした時の相対値

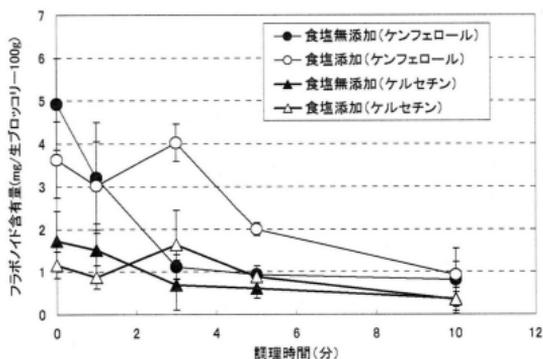


Fig. 1 ブロッコリーのゆで調理におけるフラボノイド含有量の変動

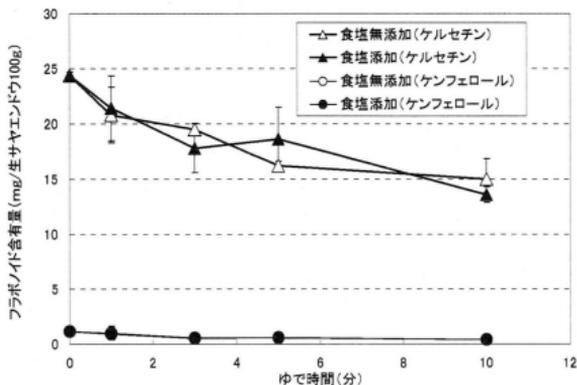


Fig. 2 サヤエンドウのゆで調理におけるフラボノイド含有量の変動

ケンフェロール含有量に関しては、減少傾向がコマツナなどと同じであることから物理的にゆで水中に溶出している可能性が高い。一方、ケルセチン含有量の傾向は、何らかの酵素、もしくは化合物の影響を示唆していると考えられた。したがって、同じフラボノイドでもフラボノイドアグリコンの構造によって減少傾向が異なる場合があると考えられた。

また、ブロッコリーのゆで調理において食塩を添加すると、調理時間3分でケルセチンやケンフェロール含有量が増加する傾向にあった。食塩添

加の有無で明らかに減少傾向が異なり、非常に興味深い。そこで、総ポリフェノール量の動向を検討する目的でゆで汁と調理済みのブロッコリーに関して総ポリフェノール量を定量し、その結果をFig.5に示した。調理条件等はFig.1と同じである。調理ブロッコリーは凍結乾燥粉末を70%メタノールで30℃、24時間、暗所にて抽出した溶液について総ポリフェノール量を定量した。ゆで水は不溶物を除去してそのまま分析に用いた。

総ポリフェノール量の定量では溶液に含まれる還元性物質をすべて検出するためフラボノイド以

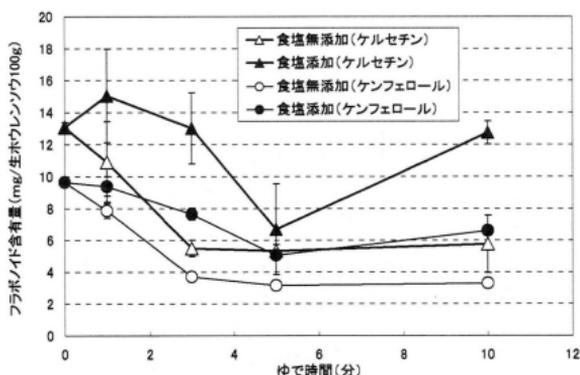


Fig. 3 ホウレンソウのゆで調理におけるフラボノイド含有量の変動

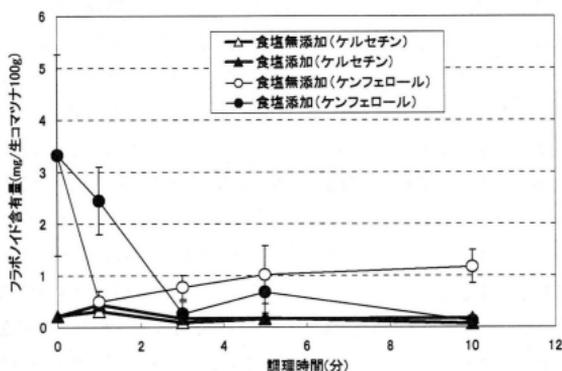


Fig. 4 コマツナのゆで調理におけるフラボノイド含有量の変動

外にも数種類の抗酸化物質が含まれている。Fig.5より、食塩を添加するとゆで汁中の総ポリフェノール量の溶出は抑制されることが明らかになった。これは、1%の食塩水が植物細胞内液とほぼ等張であり、結果としてポリフェノールが溶出しにくくなることを裏付けている。調理ブロッコリー中の総ポリフェノール量は傾向がほとんど変わらなかったことから、調理ブロッコリー中においてもゆで汁と同様に食塩添加の効果は成分の溶出を抑制する点にあるが、Fig.1のように調理時間によっては一時的に増加するという傾向は

ケルセチンやケンフェロールに特有であると推察された。

3.2 ブロッコリーに含まれるリポキシゲナーゼ (LPO) とフラボノイドの関連

ブロッコリーに含まれる酵素のうち、主としてフラボノイド含有量の減少に関連があると考えられるのはリポキシゲナーゼ (LPO) とポリフェノールオキシダーゼ (PPO) などの酸化酵素である。LPOの場合は、ブロッコリー中の脂質が酵素によって酸化され、活性酸素が発生すると、フラボノイドが活性酸素消去物質として作用するため含

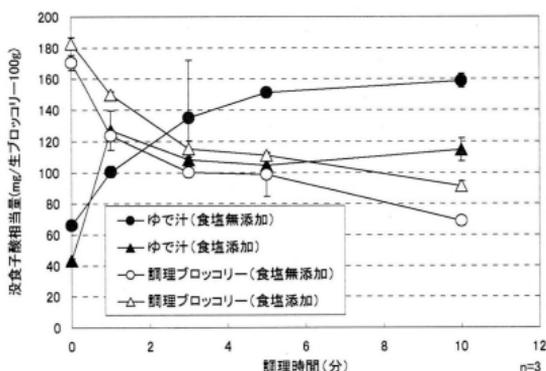


Fig. 5 ブロッコリーのゆで調理における総ポリフェノール量の変動

有量が変動する。ブロッコリーにはLPO活性があり、ブランシングなどで失活することがわかっている¹⁰⁾。

そこで、どの酵素が関与しているのかを明らかにする目的で活性酸素消去物質であり、リポキシゲナーゼ阻害剤でもある没食子酸を食塩添加濃度と同じ、ゆで水重量の1%添加してブロッコリーを3分間ゆでた場合のケルセチン、ケンフェロール含有量の比較をFig.6に示した。

HPLCを用いて、調理ブロッコリーに含まれるアグリコンとしてのケルセチン・ケンフェロール含有量を定量した結果、没食子酸を添加した場合は、生や食塩添加の場合に比べてケンフェロール含有量が有意に少なく、何も添加せずにゆでた

場合よりは高い傾向にあった。また、ケルセチン含有量に関してはケンフェロールほど変動せず、いずれの場合もフラボノイド含有量の傾向に違いはみられなかった。没食子酸を添加して調理することによりLPO活性が阻害され、添加物無添加(対照)のフラボノイド含有量よりも有意に多くなったことから、食塩の添加効果に関してはLPOの関与もあるのではないかと考えられた。しかし、フラボノイドの酸化関連酵素には、PPOのように、LPO以外にも酵素反応系があると考えられることから、ブロッコリーに含まれるフラボノイド含有量の変動には他の酵素系も考慮しなければならない。そこで、次にPPOに着目して検討した。

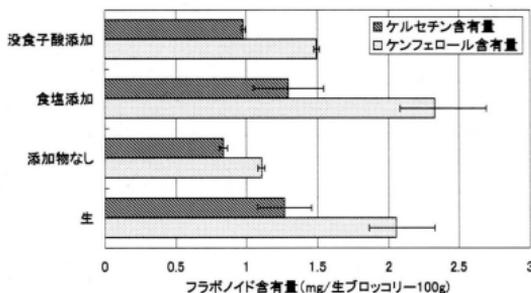


Fig. 6 阻害剤を添加して調理したブロッコリーのフラボノイド含有量
ゆで時間：3分、食塩・没食子酸の添加濃度：1%、n=3

3.3 ブロッコリーに含まれるポリフェノール オキシダーゼとフラボノイドの関連

リンゴやジャガイモ、ゴボウなどに多く存在するPPOは食塩によって阻害されることが知られている¹¹⁾。一般には野菜に含まれるクロロゲン酸が基質になり、酸化されることで褐変を生じるので食品加工上は好ましくない酵素のひとつである。PPOの基質としてはクロロゲン酸ばかりでなく、ケルセチンを基質とするものもある¹²⁾。また、*Allium* 属（タマネギ、ニンニクなど）に含まれるPPOも存在する¹³⁾ ことから、PPOとフラボノイドが関連している可能性があると考えられた。

モデル実験に用いるケルセチン配糖体として、既報¹⁴⁾ より酵素活性が高いと考えられた Quercetin-4'-monoglucoside (Q4'G) と Quercetin-3,4'-diglucosides (Q3,4'G) を中心に、ブロッコリーから抽出されたPPO粗酵素溶液との関連を検討した。

Fig.7.8は、ブロッコリーから抽出したPPO粗酵素溶液に対して、ケルセチン配糖体であるQ4'GとQ3,4'Gを基質として反応させた時に、クロロゲン酸やアスコルビン酸、遊離型ケルセチンを更に共存させた場合のケルセチン配糖体残存量をHPLCにて定量した結果である。基質濃度はタマネギ中のQ3,4'G、Q4'G含有量を参考にした。ま

た、遊離型ケルセチンはそれがPPOの基質になる可能性を確認する目的で添加した。ケルセチン配糖体含有量の減少はPPO反応系に関与していることを示す。クロロゲン酸やアスコルビン酸、ケルセチンの終濃度は $50\mu\text{M}$ 、クロロゲン酸とアスコルビン酸を添加する場合も同じ濃度で添加した。Fig.7より、クロロゲン酸やクロロゲン酸+アスコルビン酸の共存下でQ4'GとPPOを反応させるとQ4'Gの残存量は明らかに減少しているが、アスコルビン酸のみや遊離型のケルセチンが共存していてもQ4'Gは減少していないことがわかった。また、Fig.8のように、グルコースが2個置換した配糖体(Q3,4'G)の場合は、非常に化合物が安定であり、PPOの基質になりやすいクロロゲン酸が共存しても影響を受けていないことも明らかになった。これらの事実から、ブロッコリーに含まれるPPOの基質として、Q4'GやQ3,4'Gのようなケルセチン配糖体は細胞の基質になりうるが、より基質になりやすい化合物があれば、それらが基質になる可能性も高いと推察された。さらに、同じケルセチン配糖体の中でもQ4'Gのように反応性の高い配糖体が存在することが明らかになった。ブロッコリーにはQuercetin-3-glucoside (Q3G) のようなグルコース配糖体やルチンのような配糖体も含まれている

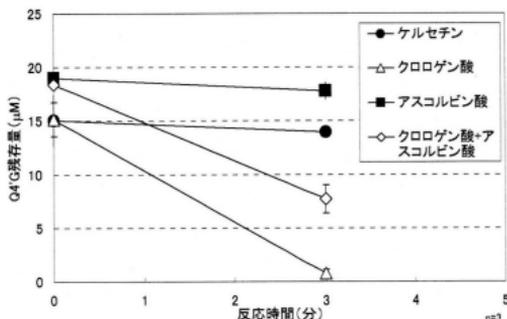


Fig. 7 ブロッコリー由来PPO活性における共存物質の影響
共存物質濃度: $50\mu\text{M}$ 、基質濃度: Q4'G $17\mu\text{M}$ 、Q3,4'G $31\mu\text{M}$ 、反応時間 3分

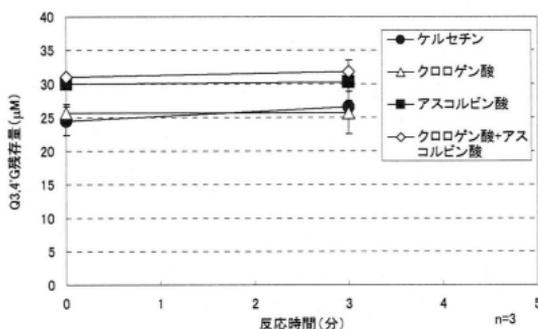


Fig. 8 ブロccoli由来 PPO 活性における共存物質の影響
共存物質濃度: 50 μM, 基質濃度: Q4'G 17 μM, Q3,4'G 31 μM, 反応時間 3 分

ことから、今後ブロッコリーに含まれているケルセチン配糖体やケンフェロール配糖体に関して PPO との関連を検討していく必要がある。

ケルセチン配糖体そのものは水溶性で安定であり、ラジカル捕捉活性も遊離型ケルセチンに比べると低い¹⁵⁾、クロロゲン酸のように基質になりやすい化合物が最初に PPO の基質になり、それらの酸化生成物が二次的にケルセチン配糖体を酸化している可能性が示唆された。また、アスコルビン酸には強い還元性があることから、アスコルビン酸が共存することで、酸化生成物の一部が還元されているのではないかと考えられた。シアニン配糖体でも同様のメカニズムが報告されている¹⁶⁾。なお、HPLC のクロマトグラムからは遊離型ケルセチンの生成が確認されなかったことから、Q4'G は PPO によって間接的に酸化されるとまったく別の構造を持つ酸化生成物、もしくは重合体になるのではないかと予測された。PPO が関与する反応は褐変反応が多いので、褐変物質になっている可能性が高い。

次に食塩の添加がブロッコリー由来の PPO 反応系に及ぼす影響について検討した。基質として Q4'G, Q3,4'G を用いた。

Fig.9 は、Fig.7.8 の反応系に食塩を 1 % 添加

した結果を食塩無添加の場合と比較したものである。アスコルビン酸の添加において、残存量が添加量を上回っているが、この反応溶液には Q3,4'G も添加されていたこと、酵素溶液が粗酵素抽出液であることから、Q3,4'G が β-グルコシダーゼにより加水分解されて Q4'G が生成した可能性が示唆された。また、グラフより、食塩の影響は PPO 反応系に影響を与えないことが明らかになった。しかし、アスコルビン酸添加やアスコルビン酸とクロロゲン酸の添加で Q4'G 残存量はわずかながら多い傾向がみられたことを考えると、食塩がアスコルビン酸酸化酵素反応系に関与している可能性、それに関連して Q4'G 含有量が変動している可能性は否定できない。アスコルビン酸酸化酵素は食塩によって活性が阻害されることから¹⁷⁾、食塩を添加して調理することで、食塩無添加に比べてブロッコリー中のアスコルビン酸含有量が增大し、その結果、クロロゲン酸の酸化生成物量が減少してフラボノイド配糖体が減少しにくくなるのではないかと考えられた。ブロッコリー中には $3.3 \pm 0.2 \mu\text{mol}/100\text{g}$ あたりのクロロゲン酸と $19.7 \pm 1.8\text{mg}/100\text{g}$ のアスコルビン酸が含まれており¹⁷⁾、Fig.7.9 で示したように双方の化合物が等量存在している状態とは少し異なってい

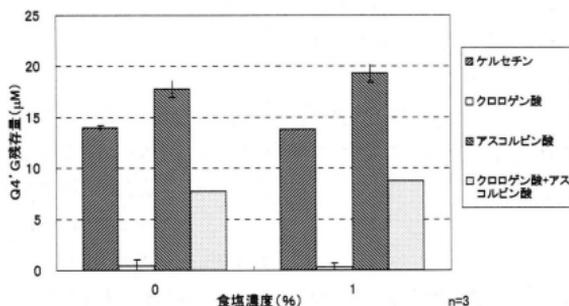


Fig. 9 PPO 反応 (基質: Q4'G) に対する食塩及び共存物質の影響
基質濃度: Q4'G 17 μ M, Q3,4'G 31 μ M, 共存物質濃度: 50 μ M, 反応時間 3 分

る。今後、クロロゲン酸とアスコルビン酸のバランスを変えて実験を行い、アスコルビン酸の PPO 反応への関与とケルセチン配糖体・ケンフェロール配糖体の酸化への関与について更に検討を進める必要がある。また、Q3,4'G のように従来 PPO 活性に対して反応しにくい化学構造を有するフラボノイド配糖体が、食塩を添加して調理すると、Q4'G のように酸加水分解されやすい化学構造を有する配糖体に変化し、ケルセチン含有量が増加したように見えるという可能性も否定できない。この場合、関与しているのは PPO や LPO などではなく、グリコシダーゼ、 β -グルコシダーゼ関連酵素であろう。今後これらの可能性があるかどうかについても検討していかなければならない。

今回の実験において明らかになったことをまとめると Fig.10 のようになる。

本実験におけるケルセチン配糖体のモデルは酵素による加水分解を受けやすい Q4'G であり、そ

れにグルコースが 1 つ多く置換した Q3,4'G であった。Q3,4'G から Q4'G への反応はその反応が起こりえるかどうかに関して推測の域をでなかったため、疑問符をつけた。ブロッコリーには、フラボノイドのほかにもアブラナ科特有の機能性成分であるアリル化合物やインドール化合物が含まれている。今後、フラボノイド以外の化合物についても食塩の添加が調理過程において機能性成分含有量にどのような影響を与えるのかについて検討していきたい。

食塩を野菜のゆで調理に添加することは、単に鮮やかな緑色を保持するだけでなく、フラボノイド含有量に対しても複雑に影響を及ぼしていることが本研究より明らかになった。野菜類などの植物性食品からしか摂取できないフラボノイドはサプリメントからでは摂取しにくい上に、血液中には食事摂取量の数%以下しか吸収されず、血中に存在する時間も長くはない¹⁸⁾。ゆえに毎食ごとの野菜摂取が推奨されている。今後更にフラボノイ

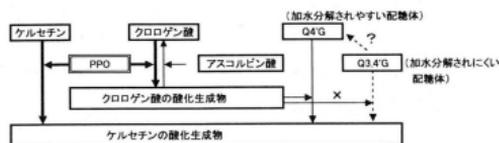


Fig. 10 ブロッコリーにおけるフラボノイドと PPO の関係

ドに関する調理科学的な知見をまとめ、野菜類をもっと多く摂取してもらうための一手段として「効率よく機能性成分（フラボノイド）を摂取する調理操作」を検討し、提唱していくことは調理操作に「健康維持機能」を付与する上において重要であると考えられる。

4. 要 約

野菜類の調理過程における食塩の添加効果について、フラボノイド含有量の変動という視点からそのメカニズムを検討した。アブラナ科野菜4種（カリフラワー、ブロッコリー、コマツナ、メキヤベツ）、アカザ科野菜1種（ホウレンソウ）、マメ科野菜2種（サヤインゲン、サヤエンドウ）を取り上げ、ゆで調理におけるケルセチン、ケンフェロール含有量の変動に及ぼす食塩の影響を検討した結果、全ての野菜について食塩をゆで水の1%添加した方がフラボノイド含有量は多くなる傾向がみられた。また、ホウレンソウやコマツナでは短時間のうちにフラボノイド含有量が減少した。さらにブロッコリーでは調理時間3分でフラボノイド含有量が生の時より増加する傾向がみられたことから、ブロッコリーのポリフェノール酸化関連酵素の影響を考察した。ブロッコリーにおけるフラボノイド含有量の増大はポリキシゲナーゼの影響も関与していると思われるが、クロロゲン酸とアスコルビン酸におけるケルセチン配糖体の酸化反応に食塩が関与しているのではないかと推察された。ポリフェノールオキシダーゼの関与する反応そのものには食塩が影響しなかったが、アスコルビン酸酸化酵素系に作用することでアスコルビン酸含有量が変化し、それがクロロゲン酸の酸化に関与して結果としてケルセチン配糖体含有量が維持される可能性があると考えられた。以上のことから、食品の機能性維持という点でも野菜に食塩を添加して調理することは有用であるこ

とが確認できた。

謝 辞

最後になりましたが、本研究を遂行するにあたりまして、多大な研究助成を賜りました財団法人浦上食品・食文化振興財団及び関係各位に深謝いたしますとともに貴財団のますますのご発展をお祈り申し上げます。また、実験に協力していただきました大阪教育大学教育学部 中東万弓、北條晶子、青山紗弓、中西泰恵各氏に感謝いたします。ありがとうございました。

参考文献

- 1) Shibukawa S, Okamoto N. Effect of Salt on the Stabilization of Chlorophyll in Green Vegetables. *Sci. Rep. Yokohama Natl. Univ. Sect. I*, **32**, pp33-43, 1985.
- 2) 梶田武俊, 高橋里香, 藤田かおる, 中西洋子, 丸山悦子, ほうれん草クロロフィルの熱分解に対する食塩の影響, *家政学研究*, **31**(2), pp286-289, 1985.
- 3) 児玉ひろみ, 小川久恵, ホウレンソウのゆで湯に用いる食塩の効果, *日本食生活学会誌*, **14**(2) pp134-138, 2003.
- 4) Price KR, Bacon JR, Rhodes MJC. Effect of storage and domestic processing on the content and composition of flavonol glucosides in onion (*Allium cepa* L.). *J Agric Food Chem*, **45**, pp938-942, 1997.
- 5) Crozier A, Lean MEJ, McDonald MS, Black C. Quantitative analysis of the flavonoid content of commercial tomatoes, onions, lettuce, and celery. *J Agric Food Chem*, **45**, pp590-595, 1997.
- 6) Kana Ioku, Yuka Aoyama, Ayaka Tokuno, Junji Terao, Nobuji Nakatani, and Yoko Takei. Various Cooking Methods to the Flavonoid Content in Onion. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, **47**, pp78-83, 2001.
- 7) 機能性食品因子データベース: <http://www.life-science.jp/FFF/help.htm>
- 8) Koo HM and Suhaila M. Flavonoid (Myricetin, Quercetin, Kaempferol, Luteolin, and Apigenin) Content of Edible Tropical Plants. *J. Agric. Food Chem*, **49**, pp3106-3112, 2001.
- 9) 津志田藤二郎, 機能性食品成分の分離・構造決定, 「食品機能研究法」(篠原和毅, 鈴木建夫, 上野川修一編著), pp318-322, 光琳, 2000.

- 10) 風見大司, 佐藤隆美, 中川弘毅, 小倉長雄, 高温短時間処理がブロッコリーの貯蔵性に及ぼす影響について, 日本農芸化学会誌, **65**, pp19-26, 1991.
- 11) 大羽和子, 山本淳子, 伊藤幸子, 藤江歩巳, 竹内若子, 食塩によるポリフェノールオキシダーゼ活性の阻害メカニズム, 日本海水学会誌, **56**, pp234-240, 2002.
- 12) Mercedes J. and Francisco G-C, Oxidation of the Flavonol Quercetin by Polyphenol Oxidase, *J. Agric. Food Chem.*, **47**, pp56-60, 1999.
- 13) Oktay A, Arzu T, and Israfil T, Polyphenol Oxidase from *Allium sp.*, *J. Agric. Food Chem.*, **45**, pp2861-2863, 1997.
- 14) Ioku K, Pongpiriyadacha Y, Konishi Y, Takei Y, Nakatani N, and Terao J, β -Glucosidase Activity in the Rat Small Intestine toward Quercetin Monoglucosides, *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, **67**, pp1428-1431, 1998.
- 15) Ioku K, Tsushida T, Takei Y, Nakatani N, and Terao J, Antioxidative Activity of Quercetin and Quercetin Monoglucosides in Phospholipid Bilayers, *Biochimica et Biophysica Acta*, **1234**, pp99-104, 1995.
- 16) Kader F, Haluk J-P, Nicolas J-P, and Metche M, Degradation of Cyanidin 3-Glucoside by Blueberry Polyphenol Oxidase: Kinetic Studies and Mechanisms, *J. Agric. Food Chem.*, **46**, 3060-3065, 1998.
- 17) Yanaguchi T, Katsuda M, Oda Y, Matoba T, Terao J, Kanazawa K, Oshima S, Inakuma T, and Ishiguro Y, Influence of Polyphenol and Ascorbate Oxidases during Cooking Process on the Radical-Scavenging Activity of Vegetables, *Food Sci. Technol Res.*, **9**, pp79-83, 2003.
- 18) Shimoi K, Yoshizumi K, Usui Y, Kido T, and Yumoto T, Absorption and Urinary Excretion of Quercetin, Rutin, and a G-Rutin, a Water Soluble Flavonoid, in Rats, *J. Agric. Food Chem.*, **51**, pp2785-2789, 2003.

Effect of the Addition of Salt in a Cooking Process on the Flavonoid Content in Vegetables

Yoko Takei and Kana Ioku

(Faculty of Education, Osaka Kyoiku University)

To vivify green of the vegetable, the salt has been added in boiling. The addition of the salt was examined to influence the amount of flavonoid in the vegetable. Quercetin, a kind of major Flavonoid, was studied by boiling with 7 vegetables as follows; cauliflower, broccoli, komatsna, and Brussel sprouts, spinach, French bean and field peas. Flavonoid glycosides in cooked vegetable was extracted with 70% methanol and analyzed by HPLC after acid hydrolysis. The content of quercetin in broccoli and Brussel sprouts was increased in compared with that of fresh vegetables though a significant difference was not seen ($p < 0.05$).

The effect of addition of the salt was different depending on the kind of the vegetable, and the flavonoid content showed the tendency to increase by the addition of the salt in the broccoli and Brussel sprouts though a significant difference was not seen ($p > 0.05$). Moreover, the flavonoid content decreased in a short time in leaf vegetables such as spinach and komatsna.

Adding to a gallic acid, which is a lipoxigenase inhibitor, the content of flavonoid in cooked broccoli was not significantly decreased in contrast with that of control (no addition). It was suggested that the lipoxigenase was involved in the preservation of flavonoid in cooked vegetables. Chlorogenic acid was a better active substrate than quercetin for polyphenol oxidase in broccoli, and ascorbic acid co-exist in a reaction mixture was good effect on the flavonoid glucoside survival. It was supposed that ascorbic acid was related to a deoxidization of secondary products by polyphenol oxidase reaction. Moreover, it is necessary to consider relations with the change of the content of the ascorbic acid with the ascorbic acid oxidase. It is considered that the addition of the salt in boiling vegetables is one of the cooking methods of considering health.