

〈原著論文〉

## 野菜の抗酸化性および ビタミンC量に及ぼす干し操作の影響

Effects of two drying conditions on antioxidant property and  
ascorbic acid content of three types of vegetables

村上 恵 松井 美佳\* 今村 涼子\*  
(Megumi MURAKAMI) (Mika MATSUI) (Ryoko IMAMURA)

橋本 沙紀\*\* 井戸本 瞳\*\* 永瀬 恵梨\*\*  
(Saki HASHIMOTO) (Hitomi IDOMOTO) (Eri NAGASE)

**Abstract:** Three types of vegetables (Japanese radish, carrot, eggplant) were dried in the open sunshine and in the microwave oven. Antioxidant property and ascorbic acid content in the fresh vegetables and in those dried under two drying conditions were assayed. The amount of the polyphenolic compounds and the ascorbate oxidation decreased by the sun-drying, but at the same time the polymerism of the polyphenolic compounds and the products of the amino-carbonyl reaction were caused.

Consequently, it was found that the radical-scavenging activity was retained by the sun-drying.

Therefore, the study showed that the sun-dried vegetables have more retention of antioxidant property than the microwaved-dried vegetables.

**Key words:** dried vegetable, sun-drying, microwave oven, antioxidant property, ascorbic acid

### 緒 言

日本では古くから、収穫された農産物を保存目的で乾燥させ、農産物の少ない季節の栄養の給源として利用してきた。代表的なものには、切干大根や高野豆腐、かんぴょうなどがあげられる。もともとは保存目的で行われてきた乾燥であるが、抗酸化成分が濃縮され摂取しやすくなることや切干大根には生の大根の数十倍カルシウムやカリウムが含まれていることから、摂取しにくい栄養素の給源としての意義が見直されつつある。昨今の健康志向によって、自宅で簡単に干し野菜をつくる家庭もあ

り、新たな調理として注目されてきた。

干し野菜には熱風乾燥や凍結真空乾燥、天日乾燥などがあり、最近ではマイクロ波や遠赤外線を用いた乾燥法がある<sup>1)</sup>。家庭では比較的短時間で行うことができるセミドライの状態(生野菜と乾物の中間である<sup>2)</sup>)の干し野菜が使用されている。このセミドライの干し野菜は野菜を無駄なく使え、下処理が不要でそのまま調理に使用できる。また、水分が蒸発し野菜本来の旨味や甘みが凝縮される、菌ごたえや独特の食感が生まれる、かさが減り見た目より多くの野菜を摂ることができるなどの利点がある<sup>2)</sup>といわれている。

そこで、本研究では干し野菜を手作りした場合の抗酸化性の損耗についてラジカル捕捉活性、ポリフェノール量、ビタミンC量といった機能性やそれにかかわる成分の分析を行うことにより明らかにすることを目的とし

同志社女子大学生生活科学部

\*同志社女子大学生生活科学部 2011年度卒業生

\*\*同志社女子大学生生活科学部 2012年度卒業生

た。また、本研究では干し操作として天日干しと電子レンジ加熱後、室内干し（以降、レンジ干し）の2種類の方法を用い、抗酸化性の観点から比較し、検討を加えた。

## 実験材料および方法

### 1. 実験材料

実験材料としてダイコン、ニンジン、ナスの3種類を選択した。これらは、一年中流通し手に入れやすく、干し野菜としてよく使用される野菜の中から、ビタミンCやポリフェノール化合物、その他の抗酸化物質を比較的多く含む野菜を対象とした。なお、野菜はいずれも京都市内の青果店で購入した。

### 2. 実験方法

#### (1) 干し操作の方法

##### ①天日干し

各試料、厚さ5mmの輪切りにした。三段干しネットに入れ、南側のベランダに吊りし、6時間乾燥させた。干し操作は、6月～12月まで行い、この間の平均気温は $20.7 \pm 8.4^\circ\text{C}$ 、平均湿度は $52.2 \pm 10.9\%$ であった。

##### ②レンジ干し

5mmの輪切りにした各試料をクッキングペーパーを敷いた皿に並べ、ダイコンは3分、ニンジンとナスは1分30秒、ターンテーブル付き電子レンジ（500w）で加熱した。レンジ加熱後、網のにせ室内の窓辺に放置し2時間乾燥させた。干し操作は8月～12月まで行った。この間の平均室温は、 $25.3 \pm 1.6^\circ\text{C}$ 、平均湿度は $45.8 \pm 7.4\%$ であった。

#### (2) 測定項目

##### ①重量

生の試料と干し操作後の試料の重量を電子天秤で測定した。生と干し操作後の重量の差より重量変化率を算出した。また、干し操作後のみかけの水分量は各試料の重量変化率と日本食品標準成分表2010の水分量の値から算出した。

##### ②直径

輪切り試料の直径をデジタルノギスで測定した。

##### ③厚さ

試料の厚さ（4か所）をデジタルノギスで測定した。

##### ④表面温度

試料中央部の表面温度を食品用放射温度計で測定した。

### (3) ラジカル捕捉活性、総ポリフェノール量、アスコルビン酸量および還元糖量の測定方法

#### ①サンプル抽出法

ラジカル捕捉活性、総ポリフェノール量、還元糖量の測定では、生、天日干し後、レンジ干し後の試料をそれぞれみじん切りにし、10g秤り取り、80%エタノール約20mlに浸漬し冷蔵庫で20時間抽出した。これをホモジナイザーで粉碎し、ろ過後、80%エタノールで50mlに定容し、これを分析用サンプルとした。分析用サンプルは使用するまで窒素置換し、 $-20^\circ\text{C}$ で保存した。

アスコルビン酸量の測定では、生、天日干し後、レンジ干し後の試料をそれぞれみじん切りにし、5g秤り取ったものを3つ用意した。分別定量を行うために5%メタリン酸、1%  $\text{SnCl}_2$ /5%メタリン酸、1%  $\text{SnCl}_2$ /5%メタリン酸+0.2% DTTの抽出液をそれぞれ加え、ホモジナイザーで粉碎し、ろ過後、各抽出液で50mlに定容し、分析用サンプルとした。分析用サンプルは使用するまで窒素置換し、 $-20^\circ\text{C}$ で保存した。

#### ②ラジカル捕捉活性

DPPH-吸光度法<sup>3)</sup>によって測定を行った。すなわち、遮光した試験管に0.5mM DPPH/エタノール溶液1mlを入れ、サンプル200 $\mu\text{l}$ に100mM トリス-塩酸緩衝液(pH 7.4)を加えて全量を2mlとした。コントロールはトリス-塩酸緩衝液のみを、また標準物質としてサンプルの代わりに50 $\mu\text{M}$  Trolox/エタノール溶液を加えたものを調製した。室温で20分間反応させた後、分光光度計で517nmの吸光度の測定を行った。ラジカル捕捉活性は、生重量100gあたりのTrolox当量に換算した。

#### ③総ポリフェノール量

Folin-Ciocalteu法<sup>4)</sup>で行った。7.5%炭酸ナトリウム800 $\mu\text{l}$ にサンプル200 $\mu\text{l}$ 加えたのち、フェノール試薬1mlを入れ混和した後、キャップをして $40^\circ\text{C}$ 恒温槽で1時間反応させた。室温で30分放置後、分光光度計で765nmの吸光度を測定した。標準物質として没食子酸を用い、総ポリフェノール量は生重量100gあたりの没食子酸当量で示した。

#### ④アスコルビン酸量

HPLCを用いて、分別定量を行った<sup>5)</sup>。すなわち、ねじ口試験管にサンプル抽出液100 $\mu\text{l}$ を入れ、還元型アスコルビン酸(AsA)+デヒドロアスコルビン酸(DAsA)+ジケトグルン酸(DKG)定量用には0.2% DCP 50 $\mu\text{l}$ を加えた後、AsA + DAsA + DKG, DAsA + DKG, DKG 定量用のすべてに1%  $\text{SnCl}_2$  50 $\mu\text{l}$ , 2% DNPH 120

野菜の抗酸化性およびビタミン C 量に及ぼす干し操作の影響

μl を加え、37℃ 恒温槽で 3 時間インキュベートした。その後氷冷し、全ての試験管に酢酸エチル 1 ml、水 1 ml を入れ、2 分間振とう抽出した。3000 rpm で 5 分間遠心分離し、スクリー管に酢酸エチル層を 600 μl 分取し、窒素乾固した。分析するまで -20℃ の冷凍庫で保存した。窒素乾固したサンプルは CH<sub>3</sub>CN 200 μl に溶解して HPLC 分析を行った。

カラムは、COSMOSIL 5C<sub>18</sub>-AR II (4.6×250 mm)、溶離液は、50% アセトニトリル-0.1% トリエチルアミン (pH 3.5) を用いた。サンプル注入量 20 μl、流速 1 ml/min で、505 nm で検出した。

サンプルの代わりにアスコルビン酸標準溶液を用いて検量線を作成し、ピーク面積から AsA + DAsA + DKG, DAsA + DKG, DKG の濃度を算出した。算出した濃度より AsA と DAsA のそれぞれの濃度および AsA + DAsA の濃度を総ビタミン C 量として計算により求めた。

⑤還元糖量

Somogyi-Nelson 法<sup>6)</sup>で行った。ねじ口試験管にサンプル抽出液 200 μl と銅試薬 200 μl を入れキャップをしめて沸騰水浴中で 10 分間加熱した。その後急冷し、Nelson 試薬 200 μl を入れ、水で 5 ml に希釈した。15 分放置後、分光光度計を用いて 660 nm で吸光度を測定した。

サンプルの代わりにグルコース水溶液を用いて検量線を作成し、生重量 100 g 当たりのグルコース当量に換算

し、還元糖量を算出した。

実験結果

1. 干し操作前後の測定結果

ダイコン、ニンジン、ナスの天日干しおよびレンジ干しの測定結果を表 1 に示した。

ダイコン、ニンジン、ナスの重量は、それぞれ生で 21.6 g, 9.9 g, 6.7 g であり、天日干しにより 15.4 g, 6.0 g, 3.5 g、レンジ干しにより 14.3 g, 7.5 g, 3.5 g となった。各試料の天日干し後とレンジ干し後の重量に有意な差は認められなかった。

直径についても同様に各試料の天日干し後とレンジ干し後の重量に有意な差は認められなかった。

厚さは、各試料 5 mm 厚から干し操作後 1~2 mm 程度減少したが、ナスが最も減少の割合が大きくなった。重量変化率も、ナスが最も変化率が大きくなり、みかけの水分量についても最も減少していた。

表面温度は各試料、生の場合は約 20℃、天日干しでは 16~21℃、レンジ干しでは 19~21℃ と干し操作の違いによる差は見られなかった。電子レンジ加熱直後の表面温度は、いずれの試料も 70℃ 付近まで上昇していた。

重量変化率は干し操作によりダイコン、ニンジンは 60~70% であったが、ナスでは約 55% と低い値を示し、ナスは、ダイコン、ニンジンと比べ水分が蒸発しやすい

表 1 ダイコン、ニンジン、ナスの干し操作後の測定結果

		重量 (g)	直径 (mm)	厚さ (mm)	表面温度 (℃)	重量変化率 (%)	みかけの 水分量 (%)	
ダイコン	天日干し	生	21.6±3.5	72.5±5.4	5.0±0.3	19.1±4.2		
		6 h 後	15.4±3.9	64.3±6.9	3.8±0.4	15.9±7.7	70.5±10.0	66.6±9.4
	レンジ干し	生	20.9±3.2	71.1±5.1	5.0±0.3	17.9±3.0		
		加熱直後 2 h 後	16.3±3.3 14.3±3.1	66.4±5.5 63.2±5.7	4.0±0.2 3.6±0.3	75.5±3.0 18.8±1.4	67.7±5.0	64.0±4.8
ニンジン	天日干し	生	9.9±1.5	48.8±3.2	5.1±0.2	22.2±2.3		
		6 h 後	6.0±1.3	40.4±3.4	3.6±0.4	21.0±8.1	60.8±9.6	54.5±8.5
	レンジ干し	生	10.2±1.8	49.6±5.3	5.2±0.3	21.9±1.7		
		加熱直後 2 h 後	8.5±1.4 7.5±1.0	46.1±4.7 43.2±4.4	4.5±0.4 4.1±0.3	70.9±4.3 19.5±2.2	74.1±5.0	66.3±4.4
ナス	天日干し	生	6.7±1.2	50.2±5.0	4.8±0.2	22.1±2.0		
		6 h 後	3.5±1.0	35.1±4.5	2.6±0.3	21.1±3.7	51.0±4.9	47.5±5.0
	レンジ干し	生	6.0±0.7	49.6±1.6	5.0±0.5	21.5±1.2		
		加熱直後 2 h 後	4.2±0.9 3.5±0.9	41.1±3.4 35.5±3.8	3.7±0.5 2.9±0.4	66.2±5.9 20.9±1.2	58.5±10.1	54.7±9.5

平均±標準偏差 (n=5)

と考えられた。

## 2. ラジカル捕捉活性

各試料における生、天日干し、レンジ干しのラジカル捕捉活性は、生重量 100 g あたり  $\mu\text{M}$  Trolox 当量とし、図 1 に示した。ダイコンとナスではそれぞれ生で  $57 \pm 6$ ,  $126 \pm 21$  であった。天日干しでは  $67 \pm 12$ ,  $139 \pm 30$  でレンジ干しでは  $36 \pm 13$ ,  $21 \pm 10$  と、ダイコンとナスでは天日干しで保持され、レンジ干しで減少した。特にナスのレンジ干しで著しく減少した。ニンジンでは、生で  $42 \pm 18$ , 天日干しでは  $28 \pm 11$  と減少傾向を、レンジ干しで  $52 \pm 22$  と増加傾向を示した。

## 3. 総ポリフェノール量

各試料における生、天日干し、レンジ干しの総ポリフ

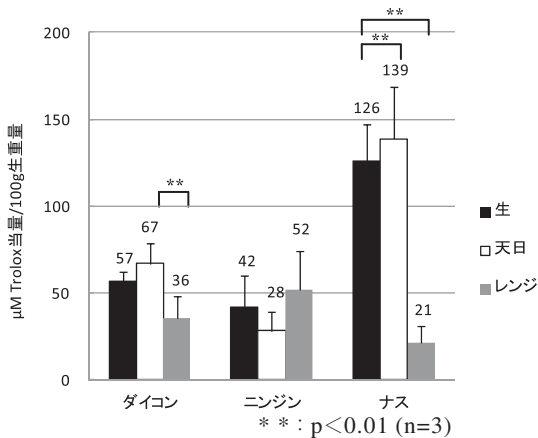


図 1 各試料のラジカル捕捉活性

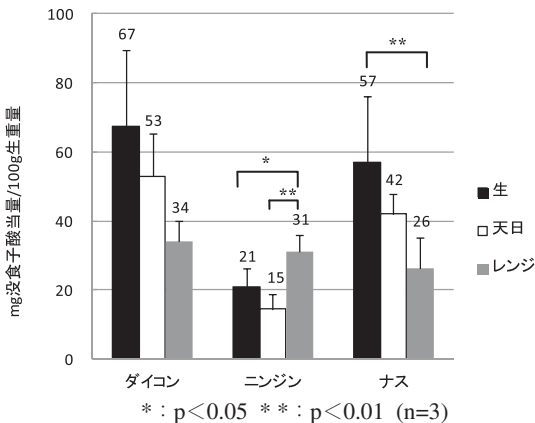


図 2 各試料の総ポリフェノール量

ェノール量は、生重量 100 g あたり mg 没食子酸当量とし、図 2 に示した。ダイコンとナスではそれぞれ生で  $67 \pm 22$ ,  $57 \pm 19$  であった。天日干しでは  $53 \pm 12$ ,  $42 \pm 6$  でレンジ干しでは  $34 \pm 6$ ,  $26 \pm 9$  と、ダイコンとナスでは天日干しレンジ干しともに減少したが、特にレンジ干しで大きく減少した。一方、ニンジンでは生で  $21 \pm 5$ , 天日干しで  $15 \pm 5$  と有意に減少し、レンジ干しでは  $31 \pm 5$  と有意に増加した。

## 4. アスコルビン酸量

各試料における生、天日干し、レンジ干しのアスコルビン酸量、デヒドロアスコルビン酸量、ジケトグルン酸量を表 2 に示した。

全ての試料について、干し操作によりデヒドロアスコルビン酸あるいはジケトグルン酸が増加する傾向がみられ、干し操作によりアスコルビン酸の酸化がおこると考えられた。

表 2 各試料のアスコルビン酸量 (mg/100 g 生重量)

		生	天日干し	レンジ干し
ダイコン	AsA	$5.4 \pm 2.3$	$5.1 \pm 2.4$	$5.2 \pm 1.6$
	DAsA	$0.1 \pm 0.1$	$0.1 \pm 0.0$	$0.1 \pm 0.0$
	DKG	$0.0 \pm 0.0$	$0.3 \pm 0.5$	$1.1 \pm 0.3$
ニンジン	AsA	$1.6 \pm 0.8$	$1.3 \pm 0.2$	$1.4 \pm 0.6$
	DAsA	$0.0 \pm 0.0$	$0.1 \pm 0.1$	$0.1 \pm 0.1$
	DKG	$0.0 \pm 0.0$	$0.2 \pm 0.2$	$0.0 \pm 0.0$
ナス	AsA	$2.7 \pm 1.3$	$1.7 \pm 0.9$	$0.9 \pm 0.4$
	DAsA	$0.0 \pm 0.1$	$0.1 \pm 0.1$	$0.0 \pm 0.1$
	DKG	$0.1 \pm 0.2$	$0.5 \pm 0.3$	$0.5 \pm 0.2$

平均  $\pm$  標準偏差 (n=3)

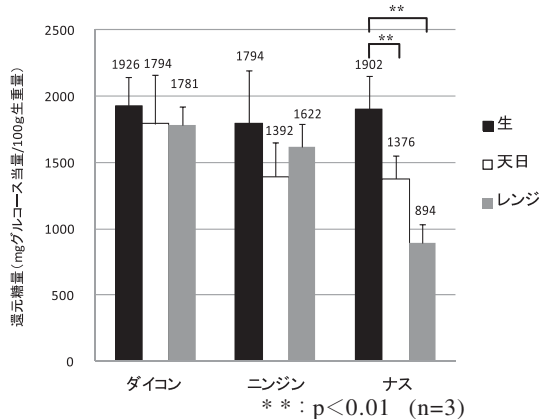


図 3 各試料の還元糖量

## 5. 還元糖量

各試料における生、天日干し、レンジ干しの還元糖量は、生重量 100 g あたり mg グルコース当量とし、図 3 に示した。ダイコンとニンジンではそれぞれ生で  $1926 \pm 215$ ,  $1794 \pm 402$ , 天日干しで  $1794 \pm 363$ ,  $1329 \pm 259$ , レンジ干しで  $1781 \pm 144$ ,  $1622 \pm 166$  と生に比べ、天日干し、レンジ干しともに減少する傾向がみられたが有意な差は認められなかった。ナスでは生で  $1902 \pm 247$ , 天日干しで  $1376 \pm 174$ , レンジ干しで  $894 \pm 143$  と干し操作により有意に減少した。

## 考 察

ラジカル捕捉活性はダイコンとナスでは天日干しにより保持され、レンジ干しにより減少した。一方、ニンジンでは天日干しにより減少し、レンジ干しで増加する傾向がみられた。総ポリフェノール量についても、同様の傾向が見られた。アスコルビン酸量ではデヒドロアスコルビン酸やジケトグルン酸量が増加する傾向がみられた。

ラジカル捕捉活性は抗酸化作用を持つ総ポリフェノール量やアスコルビン酸量が関係している<sup>7)</sup>ことが明らかとなっている。ダイコン、ニンジン、ナスのラジカル捕捉活性と総ポリフェノール量との相関を調べたところ、それぞれ  $r=0.728$ ,  $r=0.977$ ,  $r=0.816$  とすべてに高い正の相関が認められた。また、アスコルビン酸量との間ではダイコンではほとんど相関は認められず ( $r=-124$ )、ニンジンで  $r=412$ 、ナスで  $r=0.772$  と相関がみられた。従って、ダイコンでは天日干しで総ポリフェノール量、ニンジンとナスでは総ポリフェノール量とアスコルビン酸量が干し操作によるラジカル捕捉活性の増減に寄与していると考えられた。

総ポリフェノール量は、ダイコンとナスともに天日干し、レンジ干しで減少し、ニンジンでは天日干しでは保持され、レンジ干しによって増加した。ダイコン<sup>8)</sup>、ニンジン<sup>9)</sup>、ナス<sup>10)</sup>にはポリフェノールオキシダーゼが含まれていることから、試料を切断した際にポリフェノールオキシダーゼが活性化しポリフェノール化合物は分解されたと考えられた。また、ポリフェノール化合物は非常に酸化されやすく、自動酸化を起こす<sup>11)</sup>ことから、6時間干したダイコンとナスの天日干しでは生に比べより減少したと考えられる。また、天日干しよりもレンジ干しで大きく減少したのは、レンジ干し後の表面温度がポリフェノールオキシダーゼの活性化に影響したと考えられる。特にナスの総ポリフェノール量はレンジ干しで減

少していた。ナスに含まれる主要なポリフェノール化合物はアントシアニン（ナスニン）である。また、ナスに多く含まれるクロロゲン酸は容易にポリフェノールオキシダーゼで酸化されキノンを生じ、このキノン型クロロゲン酸がアントシアニンを酸化させる<sup>12)</sup>。さらに、アントシアニンは熱の影響を受けやすい<sup>13)</sup>ことから、レンジ加熱によってアントシアニン量が減少したと考えられた。一方、ニンジンのレンジ干しで総ポリフェノール量は増加した。ポリフェノールオキシダーゼの性質は種類や野菜に含まれる構成成分によって異なる<sup>14)</sup>。ニンジンのポリフェノールオキシダーゼは加熱温度の変化に対する安定性が高いと報告されている<sup>15)</sup>。従って、ニンジンのポリフェノールオキシダーゼの加熱安定性がレンジ干しでの総ポリフェノール量の保持に関与していると推測された。

アスコルビン酸量はダイコンとナスでジケトグルン酸が増加した。食品中の還元型アスコルビン酸はアスコルビン酸酸化酵素により酸化型アスコルビン酸に変化する。ここに熱が加わるとさらに分解されジケトグルン酸へと変化する<sup>16)</sup>ことから、熱の加わるレンジ干しでジケトグルン酸量が増加したと考えられた。

天日干しでダイコンとナスにおいて総ポリフェノール量、アスコルビン酸量は減少していたがラジカル捕捉活性は保持された。ダイコンとナスは天日干し後、褐色化していた。ナスではポリフェノール化合物がポリフェノールオキシダーゼによって酸化され、キノン類に変化し、キノン類がさらに酸化、重合して褐色の着色物質を生成した<sup>17)</sup>と考えられた。このポリフェノール化合物の重合がラジカル捕捉活性を保持したと考えられる。また、ダイコンではアミノカルボニル反応が起こったと推測した。非酵素的反応であるアミノカルボニル反応は室温でも起こる反応<sup>18)</sup>であり、光によるレダクトンの酸化や糖類のカルボニル化合物の生成はアミノカルボニル反応を促進することから天日干ししたダイコンで反応が起こったと考えられた。アミノカルボニル反応生成物は抗酸化作用をもつと報告されており<sup>19)</sup>、低分子アミノカルボニル反応生成物にも抗酸化性が認められている<sup>20)</sup>。従って、ダイコンの天日干しではポリフェノール量は減少していたが、アミノカルボニル反応生成物によりラジカル捕捉活性が保持された可能性があると考えられた。

還元糖量は干し操作によりやや減少する傾向がみられた。これまでに干しダイコンについてはその乾燥加工中の損失に加え、アミノカルボニル反応、酵素反応等によりダイコン中の糖質が変化するという報告がある<sup>21)</sup>。干

し操作によるそれら種々の反応により還元糖量は減少したと考えられる。

一般的にダイコンやニンジンを干すと甘みが増すと言われているが、今回の測定結果では減少していた。ニンジンを過熱水蒸気オープンによって蒸し加熱すると、糖含量は蒸し時間によって変化しなかったが、官能評価により蒸し時間の長い方が甘いと評価されたという報告がある<sup>22)</sup>。野菜を干すことによって甘みが増加すると感じられるのは、糖量の増加ではなく、水分の蒸発による濃縮と考えられる。

以上の結果、ダイコンとナスでは天日干しにより、ニンジンではレンジ干しにより抗酸化性が増すことが示唆された。天日干しではポリフェノール化合物の減少やアスコルビン酸の酸化は起こるが、それと同時にポリフェノール化合物の重合やアミノカルボニル反応生成物の生成が起こり、ラジカル捕捉活性は保持されることがわかった。レンジ干しは加熱によって、ポリフェノール化合物の分解やアスコルビン酸の酸化が起こり、それらの反応がラジカル捕捉活性の減少につながったと考えられたが、ニンジンについては、ニンジン中のポリフェノールオキシダーゼの高い加熱安定性が、ラジカル捕捉活性の保持に関与していると考えられた。

従って、干し野菜を手作りする場合、レンジ干しよりも天日干しの方が抗酸化性の保持の観点からは望ましいと考えられた。

## 謝 辞

この研究は2011年度同志社女子大学研究助成金(奨励研究)の補助を受けて実施した。

## 引用文献

- 1) 江間三恵子：特許公報からみた乾燥食品(野菜類, キノコ類, 果実類)の変遷, 日本食生活学会誌, **17**(3), 239-246, 2006.
- 2) KAORU：干し野菜手帖, 誠文堂新光社, 東京, p.9, 2010.
- 3) M. S. Blois.: Antioxidant determinations by use of a stable free radical, *Nature*, **181**(4617), 1199-1200, 1958.
- 4) V. L. Singleton and J. A. Jr. Rossi: Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents, *Am. J. Enol. Vitic.*, **16**(3), 144-158, 1965.
- 5) E. Kishida, Y. Nishimoto and S. Kojo: Specific de-

termination of ascorbic acid with chemical derivatization and high-performance liquid chromatography, *Anal. Chem.*, **64**(13), 1505-1507, 1992.

- 6) 福井作蔵：還元糖の定量法第2版, 学会出版センター, 東京, pp.7-11, 1998.
- 7) 的場輝佳：抗酸化作用を中心とした食の機能性, 日本食生活学会誌, **18**(3), 205-210, 2007.
- 8) G. Rosario, D. S. Karina, R. Sara: Biochemical characterization and thermal inactivation of polyphenol oxidase from radish (*Raphanus sativus* var. *sativus*), *LWT Food Sci Technol*, **54**(1), 57-62, 2013.
- 9) Soederhaell. I: Properties of carrot polyphenoloxidase. *Phytochemistry*, **39**(1), 33-38, 1995.
- 10) S. Fujita, T. Tono: Purification and some properties of polyphenoloxidase in eggplant (*Solanum melongena*). *J Sci Food Agric.*, **46**(1), 115-123, 1988.
- 11) 赤川貢, 重光智子, 須山亨：生理的条件下におけるポリフェノールおよびポリフェノール含有飲料による過酸化水素の生成, 日本農芸化学会誌, **78**(12), 1166-1167, 2004.
- 12) 大庭理一郎, 五十嵐喜治, 津久井重紀夫：アントシアニン：食品の色と健康, 株式会社建帛社, 東京 p.93, 2000.
- 13) 大庭理一郎, 五十嵐喜治, 津久井重紀夫, アントシアニン：食品の色と健康, 株式会社建帛社, 東京 p.18, 2000.
- 14) 藤田修二：青果物のポリフェノール酸化酵素に関する基礎的研究, 日本食品保蔵科学会誌, **31**(3), 121-126, 2005.
- 15) 若山忠明・関根由喜夫：野菜のポリフェノール酸化酵素の部位別活性と熱感受性, 日本調理科学会誌, **36**(3), 243-248, 2003.
- 16) 桐渕壽子, 川嶋かほる：調理時におけるアスコルビン酸の変化, 日本家政学会誌, **38**(10), 877-887, 1987.
- 17) 早瀬文孝：褐変, 日本食品工学会誌, **36**(1), 89-90, 1989.
- 18) 久保田紀久枝, 森光康次郎：食品学 - 食品成分と機能性 -, 株式会社東京化学同人, 東京 p.120, 2003.
- 19) 加藤博通：メイラード反応生成物の安全性と食品機能, 澱粉科学, **38**(1), 109-114, 1991.
- 20) M. Murakami, K. Danjo, A. Shigeeda, T. Yamaguchi, H. Takamura and T. Matoba: Radical-

野菜の抗酸化性およびビタミン C 量に及ぼす干し操作の影響

- scavenging activity and brightly colored pigments in the early stage of the maillard reaction, *J. Food Sci*, **67**(1), 93-96, 2002.
- 21) 持丸由香・富田圭子・大谷貴美子・吉野世美子・南出隆久：大根の乾燥，水戻し過程における糖とミネラルの変化，*日本調理科学会誌*，**40**(6)，456-461, 2007.
- 22) 堀江秀樹・平本理恵，ニンジンの蒸し加熱による甘味強化，*日本調理科学会誌*，**42**(3)，194-197, 2009.
- (2013年11月20日受理)