

総 説

食品中ビタミンの調理損耗に関するレビュー(その2) (ナイアシン, パントテン酸, ビオチン, 葉酸, ビタミンC)

¹(国研)医薬基盤・健康・栄養研究所 国立健康・栄養研究所情報センター*

²武蔵野大学薬学部 SSCI 研究所

小島 彩子¹, 尾関 彩¹, 中西 朋子¹, 佐藤 陽子¹
千葉 剛¹, 阿部 皓一², 梅垣 敬三¹

Vitamins (Japan), **91** (2), 87-112 (2017)

Literature review on vitamin loss from foods during cooking (part 2) - Niacin, pantothenic acid, biotin, folic acid, and vitamin C-

Ayako Kojima¹, Aya Ozeki¹, Tomoko Nakanishi¹, Yoko Sato¹, Tsuyoshi Chiba¹, Koichi Abe², Keizo Umegaki¹

¹Information center, National Institutes of biomedical innovation, health and nutrition, 1-23-1 Toyama, Shinjuku-ku, Tokyo, Japan

²SSCI Laboratories, Faculty of Pharmacy, Musashino University, 1-1-20 Shin-machi, Nishitokyo-shi, Tokyo, Japan

In our previous study (Vitamins (2017) vol.91, page 1-27), we comprehensively searched the available databases on the loss of vitamins such as fat-soluble vitamins and vitamins B₁, B₂, and B₁₂ from food during cooking from literatures published in or before April 2014. In this study, we extracted data on the loss of vitamins such as niacin, pantothenic acid, biotin, folic acid, and vitamin C in various cooking conditions from literatures published in or before April 2014, summarized food groups, food names, cooking methods, the mean \pm S.D. for each vitamin retention rate, and bibliographic information, and then made tables for these categories. Based on the tables, the general characteristics of these water-soluble vitamins lost during cooking were cleared up as follows: Thermal cooking causes a larger reduction in the level of vitamin C than non-thermal cooking. Boiling has a large influence on the loss of folic acid and niacin for the elution of these water-soluble vitamins from food into the cooking water. The tables made in this study allow us to make out menu to take appropriate amounts of vitamins from food. Future studies should be needed to collect data on different cooking conditions and develop novel analytical methods.

Key words: vitamins, food, cooking loss, literature, retention rate

(Received September 30, 2016)

緒言

食品中のビタミンが様々な調理で失われることは一般にも広く知られているが、その残存率の数値データを出典が明確な一次情報として探すことは難しい。また仮に出典が明確な情報を見つけたとしても、ある特定の条件の下で得られた結果であり、それが類似した別の条件に適応できるかどうかの判断も難しい。食品中ビタミンの調理損耗についてはデータが散逸しており、このことが日常の食事由来のビタミンの摂取量の把握を困難にしている。したがって、ビタミンの調理損耗について文献を網羅的に収集し、出典を明確にしたデータをまとめておくことは、食品の調理条件を考慮してビタミンの摂取量を推定する際に役立つと考えられる。また、既存の文献情報をまとめることにより、ビタミンの損失と調理条件に関して、今後検討すべき課題を明らかにすることも可能である。

本報は、ビタミンの調理損耗に関する一連の文献調査研究の後半部分である。著者らは前報¹⁾において、脂溶性ビタミン、ビタミン B₁, B₂, B₆, および B₁₂ の調理損耗に関する文献を網羅的に収集し、出典を明確にした情報としてまとめ報告した。本報では、ナイアシン、パントテン酸、ピオチン、葉酸およびビタミン C の調理損耗について同様に食品、調理法ごとの残存率のデータを表にまとめ、同時に水溶性ビタミンの調理損耗の特徴について分析した。

方法

前報¹⁾と同様、複数の学術論文データベース(医中誌 Web, CiNii, J-STAGE, メディカルオンライン, PubMed, Science Direct および Google Scholar)を用い、ビタミンの名称(あるいは化学名)と、調理や加工に伴う変化に関わる用語を組み合わせ、2014年4月1日までの情報を検索した。これらの文献の題目および要旨から必要と思われる文献を取得した。その内容を精査して、文献中からビタミンの調理前後の残存率を抜粋した。検索語および検索論文数、取得論文数、採択論文数、データ採択の基準等については前報¹⁾に示したとおりである。これらの文献中からビタミンの調理前後の残存率を抜粋した。ナイアシンの測定において、食品成分表や多くの論文では、試料を酸性水溶液で加熱(加圧)抽出して結合型を遊離型に変換して、総ナイアシンとして掲載している。このため、表中に特に記載のない場合は総ナイアシンを示している。総ナイアシンと遊離型ナイアシンを同時に分析した事例がある場合、双方の調理残存率を文献から取得して表に示し

た。特に穀物のナイアシンは大部分が結合型で存在しているが、結合型ナイアシンの生体利用率は低く、栄養的に利用できるのは遊離型である。ビタミン C は論文ごとに測定されている化合物が異なり、還元型ビタミン C あるいは総ビタミン C のいずれか、または両方を分析しているものが混在していた。そこで、本調査では総ビタミン C が測定されているものは総ビタミン C を、測定されていないものは還元型ビタミン C の値を収集し、一律にビタミン C としてまとめた。

データは、前報¹⁾に基づき食品名、調理法等の条件で整理して分類し、各ビタミンの調理損耗を残存率として表 1~5 にまとめた。残存率は、論文に残存率が示されている場合はそのまま、損失率が示されている場合は残存率に換算して取得した。調理前後の成分値(100 g あたり)が示されている場合、調理前後の対応があることを確認し、残存率(%)〔調理後食品の成分値〕÷〔調理前食品の成分値〕× 100 を算出した。調理前後の重量変化についての記載がある場合は、さらに重量変化率(すなわち〔調理後食品の重量〕÷〔調理前食品の重量])を乗じて補正した。食品名表記は前報¹⁾と同様に日本食品標準成分表 2015(七訂)に倣った。また、調理条件(調理法・加熱温度・添加物・ゆで汁等への流出)がビタミン残存率に与える影響についても、前報¹⁾と同様、食品・調理条件等で分類して分析し表 1 に示した。

結果および考察

1. 各ビタミンに関する収集文献の内容

(1) ナシアシン(表 1)

文献 24 報から 415 のデータが収集できた。食品数・調理法ともに幅広く検討されており、日本での報告が多いことから、日本人の一般家庭での調理を想定した事例が多かった。ナイアシンは非加熱調理と加熱調理で残存率の差が少なかった。加熱調理の場合、魚介類、肉類、きのこ類などでは、加熱によりナイアシンが増大し、その程度は湿式調理<電子レンジ調理<乾式調理の順であった。穀類の加熱調理によりナイアシンが増加する理由として、加熱によりナイアシン関連化合物がニコチン酸とそのアミドへ変換すること、また結合型ナイアシンが加水分解して遊離型ナイアシンになることが推測されている²⁾。個別の調理では、「ゆでる」場合、ゆで汁などへの流出が非常に大きく、野菜類、魚介類、肉類などでは、いずれも食材のみの残存率(A)がゆで汁への流出分を含めた残存率(B)よりも有意に低値(p<0.05)であった(野菜 64% / 86%, 魚介類 53% / 101%, 肉類 44% / 100%)。ナイアシンはき

わめて安定性が高く、貯蔵、調理、加熱による損耗は ンのレベルは流出により大きく低下した。少ないとする報告がある³⁾が、本調査では、ナイアシン

表1 食品中のナイアシンの調理による残存率(表記のない場合総ナイアシンを示す。数値は平均 ± 標準偏差(標本数))

食品群	食品名	調理法	ナイアシン 残存率 (%)	文献
穀類	こめ(精白米)	電気炊飯器で炊飯	20 (1)	2)
		電気炊飯器で炊飯(遊離型ナイアシン)	122 (1)	2)
	こめ(表記なしまたは精白米)	米とぎ後, 炊飯(炊飯器または鍋)	27 ± 3.9 (3)	7, 8)
	こめ(無洗米)	炊飯	97 (2)	7)
	こめ+おおむぎ(押し麦)	炊飯(鍋で炊飯)	55 (1)	7)
	こめ(玄米)	圧力鍋で炊飯(90分加熱, 90分蒸らし)	83 (1)	2)
		圧力鍋で炊飯(90分加熱, 90分蒸らし)(遊離型ナイアシン)	390 (1)	2)
	こめ	蒸す(25分)	100 (1)	9)
	こむぎ(小麦粉)	製麺(中華めん)	106 (1)	2)
		製麺(中華めん)(遊離型ナイアシン)	135 (1)	2)
		製パン(強力粉, 砂糖, 塩, 乾燥酵母, 脱脂粉乳, 無塩バター)	109 (1)	2)
		製パン(強力粉, 砂糖, 塩, 乾燥酵母, 脱脂粉乳, 無塩バター)(遊離型ナイアシン)	128 (1)	2)
		製パン(胚芽パン, 強力粉, 小麦胚芽, 砂糖, 塩, 乾燥酵母, 脱脂粉乳, 無塩バター)	172 (1)	2)
	こむぎ(小麦粉)	製パン(胚芽パン, 強力粉, 小麦胚芽, 砂糖, 塩, 乾燥酵母, 脱脂粉乳, 無塩バター)(遊離型ナイアシン)	105 (1)	2)
		スパゲッティ(ビタミン強化)	ゆでる(10分)	71 (1)
そうめん	ゆでる(5分)	50 (1)	7)	
	ゆでる(5分), ゆで汁あり	108 (1)	7)	
いもおよびでん粉類	じゃがいも	ゆでる(皮むき, 二つ割り, 内部温99℃まで)	82 ± 2.1 (7)	11)
		ゆでる(皮むき, 二つ割り, 内部温99℃まで), ゆで汁あり	99 ± 1.9 (7)	11)
		ゆでる(皮つき), 時間の記載なし	99 (2)	12, 13)
		ゆでる(皮むき), 時間の記載なし	90 (2)	12, 13)
		ゆでる(皮つき, 20~30分, あるいは時間の記載ないもの含む, ゆで汁あり)	98 (1)	9, 13)
		ゆでる(皮むき, 10分あるいは時間の記載なし, ゆで汁あり)	90 (2)	7, 13)
		ゆでる(10~30分), 大きさや皮の有無の記載なし	77 ± 12.9 (5)	9, 13, 14)
		ゆでる(1cm大に切る, 鍋(蓋なし)あるいはスロークッカー, 5~30分)	98 ± 1.9 (6)	15)
		圧力調理(1cm大に切る, 2分加熱)	98 ± 0.8 (3)	15)
		炒め煮	93 (1)	16)
		蒸す(40~60分あるいは時間の表記なしを含む, 大量調理の条件を含む)	98 ± 7.3 (3)	13, 17)
		オープン焼き(218℃で内部温99℃まで, あるいは時間・温度の表記なしを含む)	97 ± 8.3 (8)	11, 12)
		炒める(時間の記載なし)	82 (1)	13)
		揚げる(時間の記載なし)	90 (1)	13)
	電子レンジ調理(出力, 加熱時間の表記なし)	104 (1)	12)	
さつまいも	ゆでる(加熱時間の記載なし)	67 (1)	13)	
	ゆでる(加熱時間の記載なし, ゆで汁あり)	92 (1)	13)	
	焼く(おそらくオープン焼き, 45~60分)	95 (1)	9)	

食品群	食品名	調理法	ナイアシン 残存率 (%)	文献
いもおよび でん粉類	さといも	ゆでる (10分)	100 (1)	7)
		ゆでる (10分), ゆで汁あり	87 (1)	7)
豆類	えんどう／乾	ゆでる (20～27分, 加熱時間の記載のないもの含む, 大量調理の条件含む)	73 ± 16.9 (4)	13,14,17)
		ゆでる (加熱時間記載なし, ゆで汁あり)	92 (1)	13)
		水洗い	97 (1)	16)
		蒸す (加熱時間の記載なし)	88 (1)	16)
		圧力調理 (加熱時間の記載なし)	92 (1)	16)
		焼く (おそらくフライパン加熱)	72 (1)	16)
	ひよこまめ／ 乾燥	水洗い	100 (1)	16)
		浸漬 (12時間)	100 (1)	18)
		ゆでる (90分)	4 (1)	18)
		蒸す	98 (1)	16)
		加圧蒸し調理	95 (1)	16)
		高圧蒸気調理 (35分)	5 (1)	18)
		焼く (おそらくフライパン焼き)	78 (1)	16)
	らいまめ／乾	電子レンジ調理 (10倍量の水とともに, 15分)	14 (1)	18)
		ゆでる (冷凍, 25～50分, 大量調理の条件)	66 ± 11.5 (3)	17)
	レンズまめ／ 乾 (皮付き)	蒸す (60分)	100 (1)	9)
		水洗い	70 (1)	16)
		蒸す	93 (1)	16)
		加圧蒸し調理	65 (1)	16)
	種実類	らっかせい／ 乾	焼く (おそらくフライパン焼き)	79 (1)
ゆでる (殻付き, 60分)			129 (1)	19)
煎る (原文では「焼く (ガスコンロ上で金網), 「Roasted」, 「炒る」) 揚げる (130℃, 6分)			100 ± 2.5 (3)	13,19,20)
野菜類	アスパラガス	ゆでる (時間の記載なし)	102 (1)	19)
		ゆでる (時間の記載なし), ゆで汁あり	88 (1)	13)
	オクラ	ゆでる (時間の記載なし)	92 (1)	13)
		蒸す (20分)	100 (1)	9)
	かぶ	ゆでる (40分)	60 (1)	9)
		ゆでる (40分), ゆで汁あり	60 (1)	9)
		蒸す (20分)	100 (1)	9)
	かぼちゃ	炒め煮	85 (1)	21)
	カリフラワー	ゆでる (10分, あるいは加熱時間の記載なしを含む)	69 (2)	13,22)
		ゆでる (10分), ゆで汁あり	95 (1)	13)
		炒め煮	72 (1)	21)
	キャベツ	ゆでる (5分あるいは時間表記のないもの含む)	58 (2)	7,13)
		ゆでる (5分あるいは時間表記のないもの含む), ゆで汁あり	85 (2)	7,13)
		炒め煮	49 (1)	21)
		蒸す (30分)	81 (1)	9)
	ザワークラウト (塩漬け発酵 キャベツ)	蒸す (30分)	94 (1)	9)
	さやいんげん	ゆでる (25～33分, ゆで時間の記載のないもの含む)	69 ± 4 (4)	13,17)
ゆでる (ゆで時間の記載なし, ゆで汁あり)		94 (1)	13)	
だいこん	水洗い	78 (1)	16)	
	ゆでる (10分)	50 (1)	7)	
	ゆでる (10分), ゆで汁あり	100 (1)	7)	
	蒸す	67 (1)	16)	

食品群	食品名	調理法	ナイアシン 残存率 (%)	文献
野菜類	だいこん	加圧蒸し調理	69 (1)	16)
		炒め煮	62 (1)	16)
	だいずもやし	ゆでる (1分)	76 (1)	23)
		ゆでる (3分)	65 (1)	23)
		ゆでる (5分)	40 (1)	23)
		ゆでる (10分)	27 (1)	23)
	にんじん	ゆでる (10～45分, 時間表記のないもの, 大量調理の条件を含む)	71 ± 19.4 (5)	7, 13, 17)
		ゆでる (10分あるいは時間表記のないものを含む), ゆで汁あり	93 (2)	7, 13)
	ねぎ	ゆでる (5分)	64 (1)	7)
		ゆでる (5分), ゆで汁あり	114 (1)	7)
	はくさい	ゆでる (5分)	50 (1)	7)
		ゆでる (5分), ゆで汁あり	100 (1)	7)
	ビーツ	ゆでる (40分あるいは時間表記のないもの含む)	65 (2)	9, 13)
		ゆでる (40分あるいは時間表記のないもの含む), ゆで汁あり	58 (2)	9, 13)
		蒸す (10～40分)	67 (2)	9)
	ブロッコリー	ゆでる (30分, 時間表記のないもの含む,) ※ブロッコリー (ゆでる), ゆで水が少ないと損失少ない. 水:食品比 1:4 = 36%, 1:9 = 88%.	71 ± 30.5 (3)	13, 14)
		ゆでる (ゆで汁あり)	80 (1)	13)
ほうれんそう	ゆでる (5分, あるいは時間表記のないもの含む)	65 (2)	7, 13)	
	ゆでる (5分, あるいは時間表記のないもの含む), ゆで汁あり	92 (2)	7, 13)	
	ゆでる (10分, あるいは時間表記のないもの含む), ゆで汁あり	76 (2)	9, 13)	
れんこん	炒める (時間表記なし)	82 (1)	13)	
	ゆでる (10分)	44 (1)	7)	
オレンジ	ゆでる (10分), ゆで汁あり	96 (1)	7)	
	絞る (電動スクイーズ), 絞り後3～12時間	85 (3)	22)	
果実類	バナナ, キウイ フルーツ, オレンジ	切る (プラスチックナイフ), ガラス容器で保管, 3～12時間	87 ± 5.2 (3)	22)
	きのこ類	まつたけ	ゆでる (5～10分)	57 (1)
しいたけ		ゆでる (5～10分), ゆで汁あり	110 (1)	7)
		炒める (フライパン焼き) ※他論文からの引用値を含む表から取得したデータを含み, 同著者による同じデータ重複の可能性がある.	382 (2)	13, 20)
		焼く (ガスコンロで金網に乗せて焼く)	246 (2)	13, 20)
魚介類	あじ, いわし, かれい, さば, さんま	電子レンジ調理 (1分, あるいは記載のないもの含む)	183 (2)	13, 20)
		ゆでる (10分, 時間表記のないもの含む)	53 ± 16.5 (6)	7, 13)
	あじ, おひょう	ゆでる (10分, 時間表記のないもの含む), ゆで汁あり	103 ± 6.1 (6)	7, 13)
		蒸す (30分あるいは時間表記なし)	94 (2)	9, 13)
	あじ, おひょう, さけ	フライパン焼き (7～20分, 時間表記なし)	94 ± 3.8 (3)	9, 13)
	あじ, したびら め, すずき (ヨー ロッパすずき)	焼く (グリルまたはオープン, そのままあるいはアルミホイルで包む, 時間表記なし)	84 ± 8.9 (4)	13, 22, 24)
	あじ, たい, はまち	揚げる (5分)	88 ± 6.3 (3)	13, 25)
	たい, はまち	揚げる (5分, 揚げ油との合算あり)	105 (2)	25)
すずき (ヨー ロッパすずき)	電子レンジ調理 (9分)	85 (1)	24)	

食品群	食品名	調理法	ナイアシン 残存率 (%)	文献	
魚介類	かつお	冷蔵 (切り身, 3~5日)	131 (2)	26)	
	かつお節 (花かつお)	ゆでる (1分, 茹で汁のみ)	93 (1)	7)	
	たらこ	焼く (金網で焼く, 加熱時間不明) ※他論文からの引用値を含む表から取得したデータを含み, 同著者 による同じデータ重複の可能性はある.	409 (2)	13, 20)	
		電子レンジ (30秒) ※他論文からの引用値を含む表から取得したデータを含み, 同著者 による同じデータ重複の可能性はある.	265 (2)	13, 20)	
	はたてがい	フライパン焼き (加熱時間不明) ※他論文からの引用値を含む表から取得したデータを含み, 同著者 による同じデータ重複の可能性はある.	74 (2)	13, 20)	
		焼く (金網で焼く, 加熱時間不明) ※他論文からの引用値を含む表から取得したデータを含み, 同著者 による同じデータ重複の可能性はある.	80 (2)	13, 20)	
		電子レンジ (30秒) ※他論文からの引用値を含む表から取得したデータを含み, 同著者 による同じデータ重複の可能性はある.	46 (2)	13, 20)	
	いか	ゆでる (10分)	54 (1)	7)	
		ゆでる (10分, ゆで汁あり)	98 (1)	7)	
		フライパン焼き (加熱時間不明) ※他論文からの引用値を含む表から取得したデータを含み, 同著者 による同じデータ重複の可能性はある.	80 (2)	13, 20)	
		焼く (金網で焼く, 加熱時間不明) ※他論文からの引用値を含む表から取得したデータを含み, 同著者 による同じデータ重複の可能性はある.	136 (2)	13, 20)	
		電子レンジ (30秒) ※他論文からの引用値を含む表から取得したデータを含み, 同著者 による同じデータ重複の可能性はある.	66 (2)	13, 20)	
	肉類	うし (部位不明あるいはかたばら肉)	ゆでる (10~60分, 水あるいは塩水でゆでる)	36 (2)	7, 27)
		うし (部位不明)	ゆでる (10分, ゆで汁あり)	111 (1)	7)
うし (もも)		焼く (フライパン焼き, 15分)	95 (1)	9)	
うし (リブローズ, ハインドクォーター, 部位不明 のもの含む)		焼く (オープンまたはグリル, 電気オープンまたはガスオープンを含む)	81 ± 18 (4)	13, 22, 27, 28)	
うし (部位不明)		焼く (電気オープン, 肉汁との合算あり)	96 (1)	28)	
うし (ホホあるいは部位不明のもの含む)		揚げる (5分)	97 (2)	25)	
		揚げる (5分, 揚げ油との合算あり)	117 (2)	25)	
うし		電子レンジ加熱 (塊肉)	73 (1)	28)	
		電子レンジ加熱 (塊肉, 肉汁との合算あり)	85 (1)	28)	
うし (ひき肉)		焼く (電気オープン, 20~30分)	91 (1)	28)	
		電子レンジ加熱 (70秒~4分, 肉汁との合算なし)	91 (2)	28)	
		電子レンジ加熱 (70秒~4分, 肉汁との合算あり)	109 (2)	28)	
子牛 (むねまたは骨付きあばら肉)	蒸す (30~45分)	64 (2)	9, 27)		
子牛 (骨付きあばら肉)	焼く (フライパン焼き, 10~15分)	87 (1)	9)		
	オープン焼き (時間不明)	49 (1)	27)		

食品群	食品名	調理法	ナイアシン 残存率 (%)	文献
肉類	うし肝臓	フライパン焼き (10～15分)	100 (2)	9)
	うし心臓	蒸す (30分)	86 (2)	9)
	うし・とり 肝臓・心臓・ミノ	揚げる (5分)	76 ± 5.9 (4)	25)
	牛・鶏 肝臓・心臓・ミノ	揚げる (5分, 揚げ油との合算あり)	97 ± 7 (4)	25)
	ひつじ (ラムまたはマトン, すねあるいは部位不明のもの含む)	オープン焼き (120分あるいは時間不明のもの含む)	88 (2)	9, 13)
	ひつじ (かた)	蒸す (30分)	100 (1)	9)
	にわとり (むね・もも)	焼く (フライパン焼き, 10～15分)	89 ± 7.3 (3)	9)
	にわとり (ささみ)	揚げる (5分)	89 (1)	25)
		揚げる (5分, 揚げ油との合算あり)	101 (1)	25)
	にわとり (筋胃, 砂肝)	焼く (金網で焼く, 加熱時間不明) ※他論文からの引用値を含む表から取得したデータを含み, 同著者による同じデータ重複の可能性がある.	115 (2)	13, 20)
	ふた (部位不明)	ゆでる (10分あるいは時間不明のもの含む)	41 (2)	7, 13)
		ゆでる (10分あるいは時間不明のもの含む, ゆで汁あり)	94 (2)	7, 13)
		蒸す (加熱時間不明)	103 (1)	13)
	ふた (ロースまたは部位不明のもの含む)	焼く (フライパン焼き, 10～15分)	78 ± 52.2 (5)	9, 13, 20)
	ふた (肩ロース, ばら, 部位不明のもの含む)	焼く (オープン焼き, 時間不明)	63 ± 21.7 (3)	13, 27)
	ふた (ひき肉)	焼く (電気オープン, 25～30分)	84 (1)	28)
	ふた (ももあるいは部位不明のもの含む)	揚げる (5分あるいは時間不明) ※他論文からの引用値を含む表から取得したデータを含み, 同著者による同じデータ重複の可能性がある.	74 (2)	13, 25)
	ふた (もも)	揚げる (5分, 揚げ油との合算あり)	95 (1)	25)
	ハム・ベーコン	焼く (フライパン焼き, 3～15分)	105 ± 9.6 (5)	9, 13, 20)
	ロースハム	電子レンジ調理 (30秒あるいは時間不明) ※他論文からの引用値を含む表から取得したデータを含み, 同著者による同じデータ重複の可能性がある.	68 (2)	13, 20)
くじら (部位不明)	ゆでる (5～10分)	65 (1)	7)	
	ゆでる (5～10分), ゆで汁への合算あり	100 (1)	7)	
卵類	鶏卵	焼く (オープン焼き, 30分)	75 (1)	9)
菓子類	ドーナツ	揚げる (2分15秒)	80 (1)	29)

(2) パントテン酸 (表2)

文献2報から93のデータが収集できた。検討されている調理法のバリエーションが少なく、冷凍あるいは缶詰に調製した際のデータが中心であった。パントテン酸は、非加熱調理 (58%, ほとんどが「冷凍」による) は加熱調理 (74%) に比較して残存率が低く ($p <$

0.05), 加熱調理の場合, 乾式調理 (87%) より湿式調理 (69%) で低値であった ($p < 0.05$)。パントテン酸はその化学構造内にペプチド結合を含み, この部分が加熱や酸・アルカリ変化により切断しやすいため, 穀類全体とある種の肉を除き, 食事中パントテン酸含有量は低い³⁾とされている。

表 2 食品中のパントテン酸の調理による残存率(数値は平均 ± 標準偏差(標本数))

食品群	食品名	調理法	パントテン酸 残存率 (%)	文献
穀類	こめ	蒸す (25分)	100 (1)	9)
いも類	じゃがいも	冷凍	63 (1)	30)
	さつまいも	缶詰	52 (1)	30)
豆・豆製品	いんげんまめ	缶詰	27 (1)	30)
	らいまめ	缶詰	28 (1)	30)
	えんどう (緑, 早生)	缶詰	20 (1)	30)
		冷凍	29 (1)	30)
	ささげ	缶詰	15 (1)	30)
		冷凍	38 (1)	30)
らいまめ	冷凍	51 (1)	30)	
	蒸す (60分)	74 (1)	9)	
野菜類	アスパラガス	冷凍	66 (1)	30)
	さやいんげん (黄色)	冷凍	55 (1)	30)
	オクラ	冷凍	83 (1)	30)
		蒸す (20分)	117 (1)	9)
	かぶ	ゆでる (40分)	59 (1)	9)
		ゆでる (40分), ゆで汁あり	93 (1)	9)
	かぶ (葉)	冷凍	37 (1)	30)
		缶詰	18 (1)	30)
	かぼちゃ (夏期および冬期)	冷凍	59 (2)	30)
	からしな	冷凍	78 (1)	30)
		缶詰	71 (1)	30)
	カリフラワー	蒸す (20 ~ 30分)	97 (2)	9)
	キャベツ	缶詰	45 (1)	30)
		蒸す (30分)	72 (1)	9)
	めキャベツ	冷凍	58 (1)	30)
	ザワークラウト (塩漬け発酵キャベツ)	蒸す (30分)	100 (1)	9)
	ケール	冷凍	38 (1)	30)
	さやいんげん	冷凍	71 (1)	30)
		缶詰	39 (1)	30)
	とうもろこし	冷凍	81 (1)	30)
		缶詰	41 (1)	30)
	トマト	缶詰	70 (1)	30)
	にんじん	缶詰	46 (1)	30)
	ブロッコリー	冷凍	38 (1)	30)
	ピーマン (赤)	缶詰	34 (1)	30)
		缶詰	67 (1)	30)
	ピーツ	ゆでる (40分), ゆで汁なし	77 (1)	9)
ゆでる (40分), ゆで汁あり		82 (1)	9)	
蒸す (10 ~ 40分)		63 (2)	9)	
ほうれんそう	蒸す (10分)	94 (1)	9)	
	冷凍	43 (1)	30)	
	缶詰	22 (1)	30)	
ルバーブ	冷凍	82 (1)	30)	
きのこ類	マッシュルーム	缶詰	45 (1)	30)
肉類	うし (もも)	フライパン焼き (15分)	68 (1)	9)
	子牛肉 (チョップ, 骨付きロース肉)	フライパン焼き (10 ~ 15分)	94 (1)	9)

食品群	食品名	調理法	パントテン酸 残存率 (%)	文献
肉類	にわとり (もも)	フライパン焼き (10 ~ 15分)	72 (2)	9)
	にわとり (むね)	フライパン焼き (10 ~ 15分)	86 (2)	9)
	うし (肝臓)	フライパン焼き (10 ~ 15分)	86 (2)	9)
	ぶた (ロース)	フライパン焼き (10 ~ 15分)	69 ± 5.7 (3)	9)
	ベーコン	フライパン焼き (3 ~ 5分)	89 (2)	9)
	ハム	フライパン焼き (3 ~ 5分)	111 (2)	9)
	ラム (すね)	オーブン焼き (149°C, 120分)	88 (1)	9)
	マトン (かた)	蒸す (30分)	100 (1)	9)
	うし (心臓)	蒸し (30分)	63 (2)	9)
	ぶた (部位不明)	缶詰	56 (1)	30)
	にわとり (部位不明)	缶詰	106 (1)	30)
	フランクフルトソーセージ (詳細不明)	缶詰	47 (1)	30)
	うし (タン)	冷凍	30 (1)	30)
魚介類	さけ	フライパン焼き (20分)	101 (1)	9)
	おひょう	フライパン焼き (7 ~ 10分)	100 (1)	9)
		蒸す (30分)	100 (1)	9)
	まぐろ	缶詰	64 (1)	30)
	ひらめ	缶詰	288 (1)	30)
	いわし (太平洋および大西洋)	缶詰	62 (2)	30)
	にしん	缶詰	72 (1)	30)
	さば	缶詰	59 (1)	30)
	さけ	缶詰	42 (1)	30)
	たら (大型)	缶詰	96 (1)	30)
	たら (卵)	缶詰	61 (1)	30)
	えび (Shrimp)	缶詰	75 (1)	30)
	にしん	冷凍	96 (1)	30)
さば	冷凍	61 (1)	30)	
さけ	冷凍	55 (1)	30)	
卵類	卵	オーブン焼き (30分)	107 (1)	9)
乳・乳製品	全乳	缶詰	94 (1)	30)
	チーズ (リンバーガー)	缶詰	49 (1)	30)
	チーズ (チェダー)	缶詰	80 (1)	30)
	チーズ (スイス)	缶詰	70 (1)	30)

(3) ビオチン (表3)

米国の文献1報から35のデータが収集できたものの、食品数・調理法ともに検討されている事例が少なかった。ビオチンは加熱調理のみが報告されており、乾式調理(61%)のほうが湿式調理(86%)よりも低い

残存率を示した($p < 0.05$)。「ゆでる」場合の、ゆで汁への流出の影響は少なく、油を使用した調理で低下する傾向を示したが、データ数が非常に少ないため一定の傾向を見いだすことはできなかった。

表3 食品中のビオチンの調理による残存率(数値は平均 ± 標準偏差(標本数))

食品群	食品名	調理法	ビオチン 残存率 (%)	文献
穀類	こめ	蒸し (25分)	123 (1)	9)
豆・豆製品	らいまめ	蒸し (60分)	76 (1)	9)
	えんどう (乾)	蒸し (40分)	79 (1)	9)

食品群	食品名	調理法	ビオチン 残存率 (%)	文献
野菜類	オクラ	蒸し (20分)	106 (1)	9)
	かぶ	ゆでる (40分)	111 (1)	9)
	カリフラワー	蒸し (20～30分)	79 (2)	9)
	キャベツ	蒸し (30分)	117 (1)	9)
	ザワークラウト (塩漬け発酵キャベツ)	蒸し (30分)	116 (1)	9)
	ほうれんそう	蒸し (10分)	86 (1)	9)
野菜類	ピーツ	蒸し (40分)	100 (1)	9)
	ピーツ (地上部)	蒸し (10分)	91 (1)	9)
肉類	うし (もも)	フライパン焼き (15分)	38 (1)	9)
	子牛肉 (チョップ, 骨付き ロース肉)	フライパン焼き (10～15分)	51 (1)	9)
		蒸し (30分)	59 (1)	9)
	ぶた (ロース)	フライパン焼き (10～15分)	52 ± 29.7 (3)	9)
	ベーコン	フライパン焼き 3～5分)	75 (2)	9)
	ハム	フライパン焼き (15分)	66 (2)	9)
	ラム (すね)	オーブン焼き (120分, 149℃)	100 (1)	9)
	マトン (かた)	蒸し (30分)	67 (1)	9)
	にわとり (もも)	フライパン焼き (10～15分)	47 (2)	9)
	にわとり (むね)	フライパン焼き (10～15分)	63 (2)	9)
	うし (肝臓)	フライパン焼き (10～15分)	40 (1)	9)
	うし (心臓)	蒸し (30分)	375 (2)	9)
魚介類	さけ, おひょう	フライパン焼き (7～20分)	73 (2)	9)
		蒸し (30分)	97 (1)	9)
乳・乳製品	牛乳	ガラス皿で加熱 (30分)	105 (1)	9)

(4) 葉酸 (表 4)

文献 13 報から 225 のデータが収集できた。食品中の葉酸は 150 以上もの化学形態で存在しており、さらにその多くはポリグルタミン酸型として糖やタンパク質と結合しているため、食品中葉酸の測定は難しく、測定法により値が大きく変動する³⁾。食品中の葉酸を分析する際は通常、脱抱合酵素(コンジュガーゼ、食事性葉酸のポリグルタミン酸残基からグルタミン酸を遊離する酵素)を用いてポリグルタミン酸型葉酸を切断し、モノグルタミン酸型葉酸に変換してからバイオアッセイなどの分析に供する。本研究で収集したデータでは、この脱抱合化の手法の違いにより、同じ調理法でも残存率が大きく異なるものがあった。すなわち、発表年次の古い論文(1943～1981)では、ニワトリ臍臓由来の脱抱合酵素を単独で用いるか酸分解による方法(Single Enzyme/Acid treatment, 以後 SA 処理法)が使われていたが、1998 年以降の論文では、ラット血清、ブタ腎臓あるいはヒト血漿由来の脱抱合酵素のいずれかを使用し、さらに α -アミラーゼやプロテアーゼを

組み合わせた方法(Double/Triple Enzyme treatment, 以後 DT 処理法)が使われていた。Trienzyme による処理は、脱抱合酵素単独に比較して 50% 以上多くの葉酸を遊離し⁴⁾、「食品中葉酸の定量に Trienzyme 法が使用されていない場合、その評価は不十分である」⁵⁾との見解が示されているが、本調査においては DT 処理法がカバーしていない調理方法が多く、葉酸の調理損失について一定の見解を得るにはデータが不足していた。本調査において各論文から取得したデータを SA および DT 処理法に分けて解析すると、「ゆでる」「焼く(オーブン・グリル)」「電子レンジ調理」においては両処理法で残存率は大きく変わらないが、一方で「蒸す」「焼く・炒める(フライパン)」においては DT 処理法で高値を、「揚げる」においては SA 処理法で高値を示すなど一致した傾向は得られなかった。

葉酸の調理損耗は加熱調理(61%)と非加熱調理(71%)、湿式調理(61%)と乾式調理(56%)で大きな差はないが、「圧力調理」(25%)および「焼く・炒める(フライパン)」調理では低値(39%)であった。

表4 食品中の葉酸の調理による残存率(数値は平均 ± 標準偏差(標本数))

食品群	食品名	調理法	葉酸残存率 (%)	文献
穀類	こめ	炊飯(30分)	74 (1)	31)
		蒸す(25分)	8 (1)	9)
	オートミール (porridge oats)	ゆでる(加熱時間不明)	20 (1)	32)
	こめ(玄米)	炊飯(電気炊飯器, 30分)	51 (1)	33)
	スパゲッティ	ゆでる(15分)	64 (1)	31)
	とうもろこし	ゆでる(5分)	70 (1)	31)
	おおむぎ	ゆでる(20分)	67 (1)	31)
	めん(原料不明, 乾麺)	ゆでる(5分)	81 (1)	31)
いもおよびでん粉類	じゃがいも	ゆでる(皮の有無不明, 10~60分, ゆで時間の表記のないものを含む) ※実験法の新旧による差が大きい可能性がある. 10分74%(2010年) ³⁴⁾ , 15分77%(2005年) ³¹⁾ , 60分82%(2002年) ³⁵⁾ , 時間不明で10および11%(1968年) ³²⁾ .	51 ± 36.9 (5)	31, 32, 34, 35)
		ゆでる(20~30分, ゆで汁なし)	6 (2)	9)
		ゆでる(20~30分, ゆで汁あり)	10 (2)	9)
		ゆでる(皮むき, 11分あるいは時間不明のものを含む) ※皮をむいて茹でると残存率は低下.	62 (2)	12, 36)
		ゆでる(皮つき, 33分あるいは時間不明のものを含む)	77 (2)	12, 36)
		ゆでる(皮むき, 11分, ゆでた後に60℃保存, 冷却, 再加熱の条件が混在) ※ゆで後の60℃2時間保存により, 残存率が回復(増加)する.	59 ± 19.3 (3)	36)
		ゆでる(皮つき, 33分, ゆでた後に60℃保存, 冷却, 再加熱の条件が混在)	63 ± 4.5 (3)	36)
		真空調理(皮むき, 35分, 加熱後冷却, 再加熱の条件を含む)	92 (2)	36)
		オープン焼き(皮の有無, 加熱時間の記載なし)	96 (1)	12)
		オープン焼き(皮付き, 80分, 焼いた後に60℃保存, 冷却, 再加熱の条件が混在)	70 ± 10.7 (4)	36)
	電子レンジ調理(時間不明)	92 (1)	12)	
豆類	いんげん	ゆでる(10分)	86 (1)	31)
	いんげん(白, 乾)	ゆでる(10分, 水, 浸漬0~12時間) ※浸漬時間が長いほど, ゆで時間が長いほど葉酸残存率は低下する.	75 ± 8.4 (3)	37)
		ゆでる(20分, 水, 浸漬0~12時間)	53 ± 12 (3)	37)
		ゆでる(30分, 水, 浸漬0~12時間)	40 ± 14.6 (3)	37)
		ゆでる(40分, 水, 浸漬0~12時間)	24 ± 10.8 (3)	37)
		ゆでる(10分, 水と油の等量混合液中, 浸漬0~12時間)	80 ± 7.9 (3)	37)
		ゆでる(20分, 水と油の等量混合液中, 浸漬0~12時間)	67 ± 6.3 (3)	37)
		ゆでる(30分, 水と油の等量混合液中, 浸漬0~12時間)	49 ± 12.5 (3)	37)
		ゆでる(40分, 水と油の等量混合液中, 浸漬0~12時間)	36 ± 8.7 (3)	37)
		圧力なべでゆでる(10分, 水, 浸漬0~12時間) ※加熱時間が常圧調理と同じなら, 圧力調理で残存率低下する.	37 ± 16.9 (3)	37)
	圧力なべでゆでる(20分, 水, 浸漬0~12時間)	13 ± 10 (3)	37)	
	いんげん(赤, 乾燥)	ゆでる(30分)	81 (1)	31)
	えんどう	ゆでる(3分, ゆで直後あるいは冷却後再加熱の条件を含む)	75 (2)	36)
		蒸す(4分, 蒸した直後あるいは冷却後再加熱の条件を含む)	91 (2)	36)
電子レンジ調理(4分, レンジ調理直後あるいは冷却後再加熱の条件を含む)		107 (2)	36)	
だいず	ゆでる(25~60分, 浸漬や洗浄の記載の有無の条件が混在)	64 (2)	33, 34)	

食品群	食品名	調理法	葉酸残存率 (%)	文献
豆類	レンズまめ	ゆでる (25分)	43 (1)	34)
	らいまめ	蒸す (60分)	9 (1)	9)
野菜類	アスパラガス	ゆでる (3~10分, ゆで汁なし)	86 (2)	33, 34)
		ゆでる (10分, ゆで汁あり)	106 (1)	34)
	オクラ	蒸す (20分)	28 (1)	9)
	かぶ	ゆでる (40分)	5 (1)	9)
		ゆでる (40分, ゆで汁あり)	11 (1)	9)
		蒸す (20分)	14 (1)	9)
	かぼちゃ	ゆでる (5分)	70 (1)	31)
	カリフラワー	ゆでる (10分, ゆで汁なし)	75 (1)	34)
		ゆでる (10分, ゆで汁あり)	159 (1)	34)
		蒸す (20~30分)	22 (2)	9)
	キャベツ	ゆでる (1~5分) ※実験法の新旧による違いが大きい可能性がある. 1分 74% (2005年) ³¹⁾ , 3分 60% (2005年) ³¹⁾ , 5分 2% (1968年) ³²⁾ .	45 ± 38.2 (3)	31, 32)
		ゆでる (10分, ゆで汁なし)	54 (1)	34)
		ゆでる (10分, ゆで汁あり)	111 (1)	34)
		蒸す (30分)	8 (1)	9)
	ごま (葉)	ゆでる (30秒)	85 (1)	31)
	さやいんげん	ゆでる (8分)	116 (1)	38)
		ゆでる (8分, ゆで汁あり)	121 (1)	38)
		蒸す (20分)	101 (1)	38)
		ゆでる (8分, ゆで汁あり)	105 (1)	38)
	ザワークラウト (塩漬け発酵キャベツ)	ゆでる (8分)	91 (1)	38)
		蒸す (30分)	100 (1)	9)
	にんじん	ゆでる (30秒~3分)	74 (2)	31)
		蒸す (30分)	3 (1)	9)
	ビーツ	ゆでる (40分, ゆで汁なし)	6 (1)	9)
		ゆでる (40分, ゆで汁あり)	10 (1)	9)
		蒸す (40分)	29 (1)	9)
	ビーツ(地上部)	蒸す (10分)	26 (1)	9)
	ふだんそう	ゆでる (1分)	60 (1)	31)
	ブロッコリー	ゆでる (4~10分, 時間表記のないもの含む) ※実験法の新旧による差が大きい可能性がある. 4分 76% (2007年) ³⁶⁾ , 10分 47% (2010年) ³⁴⁾ , 10分 44% (2002年) ³⁵⁾ , 10分 38% (1978年) ³⁹⁾ , 時間不明 11% (1968年) ³²⁾ .	43 ± 23 (5)	32, 34-36, 39)
		ゆでる (10分, ゆで汁あり)	107 (1)	34)
		ゆでる (4~5分, ゆでた後保温または冷却ののち再加熱した条件が混在)	74 ± 6.5 (3)	36)
蒸す (4~10分)		114 (2)	35, 36)	
蒸す (5分, 蒸した後保温または冷却ののち再加熱した条件が混在)		125 ± 1.8 (3)	36)	
ブランチング (湯通し, 5秒, 直後および冷凍後再加熱, または真空調理したものが混在)		90 ± 8.7 (3)	36)	
ほうれんそう	ゆでる (30秒~10分) ※実験法の新旧による差が大きい可能性がある. 8分 53% (2012年) ⁴⁰⁾ , 0.5分 60% (2005年) ³¹⁾ , 10分 64% (2010年) ³⁴⁾ , 3.5分 49% (2002年) ³⁵⁾ , 10分 21.8% (1978年) ³⁹⁾ .	50 ± 16.6 (5)	31, 34, 35, 38-40)	
	ゆでる (8~10分, ゆで汁あり)	93 (2)	34, 38)	

食品群	食品名	調理法	葉酸残存率 (%)	文献
野菜類	ほうれんそう	蒸す (3~20分) ※実験法の新旧による差が大きい可能性がある. 10分 16% (1943年) ⁹⁾ , 3分 115% (2002年) ³⁵⁾ , 20分 97% (2012年) ⁴⁰⁾ .	76 ± 52.8 (3)	9, 35, 40)
	ほうれんそう (冷凍)	ゆでる (8分) ゆでる (8分, ゆで汁あり)	42 (1) 76 (1)	38) 38)
	マロー (Mallow)	ゆでる (2分)	30 (1)	31)
	めキャベツ	ゆでる (10分あるいは加熱時間の表記のないもの含む)	85 (2)	34, 41)
		ゆでる (10分, ゆで汁への流出分の合算あり)	101 (1)	34)
	もやし	ゆでる (2~5分)	64 (2)	31)
	ロクベンシモツケ (dropwort)	ゆでる (10秒)	81 (1)	31)
	たまねぎ	ゆでる (5~10分)	81 (2)	31, 34)
		焼く (180℃, 5分)	63 (1)	34)
しゅんぎく	ゆでる (10秒)	69 (1)	31)	
果実類	オレンジ	絞る (電気ジューサー, 調製後3~12時間)	71 ± 4.6 (3)	22)
きのこ類	top mushroom	ゆでる (30秒~3分)	59 (2)	31)
	しいたけ	ゆでる (30秒~3分)	35 (2)	31)
	ひらたけ	ゆでる (30秒~3分)	20 (2)	31)
藻類	ほしのり	あぶる (10秒)	92 (1)	31)
魚介類	おひょう	蒸す (30分)	26 (1)	9)
		焼く (フライパン焼き, 7~10分)	54 (1)	9)
	さけ	焼く (フライパン焼き, 20分)	38 (1)	9)
	いか	ゆでる (10秒~1分)	87 (2)	31)
	さば	蒸しさばを揚げる (160-180℃, 6分)	76 (1)	33)
		揚げる (2~5分)	43 (2)	31)
さんま	揚げる (2~5分)	70 (2)	31)	
肉類	うし (部位不明)	ゆでる (3~5分)	79 (2)	31)
	うし (もも)	焼く (フライパン焼き, 15分)	21 (1)	9)
	うし (部位不明)	焼く (オープン焼き, 11分)	93 (1)	35)
	子牛肉 (チョップ, 骨付きあばら肉)	蒸す (30分)	34 (1)	9)
		焼く (フライパン焼き, 10~15分)	42 (1)	9)
	ラム (すね)	焼く (オープン焼き, 149℃, 120分)	12 (1)	9)
	うし (肝臓)	焼く (フライパン焼き, 10~15分)	93 (2)	9)
		焼く (オープン焼き, 180℃, 30分)	14 (1)	34)
	うし (心臓)	蒸す (30分)	21 (2)	9)
	にわとり (むね)	ゆでる (3~5分)	59 (2)	31)
		焼く (フライパン焼き, 10~15分)	33 (1)	9)
	にわとり (もも)	焼く (フライパン焼き, 10~15分)	36 (1)	9)
	にわとり (部位不明)	揚げる (加熱時間不明)	100 (1)	32)
	ひつじ (かた)	蒸す (30分)	31 (1)	9)
	ひつじ (肝臓)	ゆでる (加熱時間不明)	100 (1)	32)
		揚げる (加熱時間不明)	100 (1)	32)
	ぶた (ロース またはバラ)	フライパン焼き (3~15分) ※実験法の新旧による差が大きい可能性がある. バラ3分 98% (2005年) ³¹⁾ , ロース3分 65% (2005年) ³¹⁾ , 5分 60% (2005年) ³¹⁾ , ロース10~15分 31% (1943年) ⁹⁾ , ロース10~15分 5% (1943年) ⁹⁾ , ロース10~15分 9% (1943年) ⁹⁾ .	45 ± 36.1 (6)	9, 31)
	ハム	フライパン焼き (15分)	10 (2)	9)

食品群	食品名	調理法	葉酸残存率 (%)	文献
肉類	ベーコン	フライパン焼き (3~5分)	9 (2)	9)
卵類	鶏卵	焼く (フライパン焼き, ス克蘭ブルエッグ, 5分)	35 (1)	9)
	鶏卵 (全卵)	ゆでる (5~15分)	84 ± 19.9 (3)	31, 33, 34)
	鶏卵 (卵黄)	ゆでる (10分または時間不明のもの含む)	64 (2)	32, 34)
	鶏卵 (卵白)	ゆでる (時間不明)	100 (1)	32)
	鶏卵 (全卵)	揚げる (10分)	69 (1)	34)
	鶏卵 (卵黄)	揚げる (10分または時間不明のもの含む)	83 (2)	32, 34)
	鶏卵 (卵白)	揚げる (時間不明)	100 (1)	32)
	うずら卵	ゆでる (5分)	94 (1)	31)
乳類	牛乳	ガラス皿で30分加熱	69 (1)	9)
		沸騰させる	100 (1)	32)

(5) ビタミンC(表5)

文献49報から1587のデータが収集でき、日本国内の報告数が非常に多いという特徴があった。

ビタミンCは論文ごとに測定されている化合物や分析法が大きく異なっていた。すなわち、発表年次の古い論文では滴定法のような精度の低い方法を用いて還元型ビタミンCのみを分析したものが多く、新しい論文ではHPLC法などの新規分析法で還元型ビタミンCおよび総ビタミンCを分析したものが多く、また分析法に関して他論文の引用である旨の記載が少なく、どのような手法か不明確なケースも多く存在した。本研究で収集したデータは測定されている化合物や分析法が異なるデータが多く混在していると想定され、解釈には注意が必要である。

ビタミンCは加熱調理後の残存率が全ビタミン中で最小であった。また非加熱調理と加熱調理での残存率の差も大きかった。加熱調理では「ゆでる」場合の残存率が全ビタミン中で最小であった。湿式加熱に比較して、乾式加熱では損耗の程度が小さく、「蒸す」「電子レンジ調理」では比較的良好に保持されていた。

非加熱調理では一部の食品での「ミキサー」「おろ

す」調理で還元型ビタミンC残存率が大きく低下した。「ミキサー」調理においては、L-アスコルビン酸酸化酵素活性が高いことで知られる食品(さつまいも、じゃがいも、かぼちゃ、きゅうり、人参、バナナ、リンゴ、柿)で、還元型ビタミンCの損耗が著しかった。ただしこれらの事例は還元型ビタミンCのみが分析されており、デヒドロアスコルビン酸を含めた総ビタミンCについては不明である。ミキサー調理で総ビタミンCと還元型ビタミンCを同時に分析していた論文⁶⁾では、還元型ビタミンCが著しく低下してもデヒドロアスコルビン酸として存在していると考えられ、総ビタミンCには大きな変化はなかった。また、「おろす」調理において大根に人参を添加(もみじおろし)することにより還元型ビタミンCが著しく減少するが、総ビタミンCには大きな変動はなかった。これらのことから、L-アスコルビン酸酸化酵素活性が高い食品での「ミキサー」「おろす」調理では、還元型アスコルビン酸は減少しても総ビタミンCとしては大きく変化せず、ビタミンCの栄養価に大きな影響は与えない可能性がある。

表5 食品中のビタミンC(VC)の調理による残存率(数値は平均±標準偏差(標本数))

食品群	食品名	調理法	VC残存率(%)	文献
いもおよび でん粉類	さつまいも	ゆでる (8~60分)	69 ± 21.1 (8)	42-44)
		蒸す (16~20分)	89 (2)	45, 46)
		炒める (5~10分)	87 (2)	44)
		真空調理 (40分)	58 (2)	42)
		オープン焼き (20~50分)	70 ± 3.5 (6)	47, 48)
		焙焼 (40~100分)	39 (2)	46)
		電子レンジ (約2~9分)	60 ± 33.7 (8)	47-49)
		ミキサー (2分) 【還元型ビタミンC】	0 (1)	50)

食品群	食品名	調理法	VC 残存率 (%)	文献
いもおよび でん粉類	さつまいも	ミキサー (2分, 0.5 ~ 2% 食塩) 【還元型ビタミン C】	0 ± 0 (3)	50)
	さといも	ゆでる (5 ~ 60分)	64 ± 26.4 (5)	44)
		真空調理 (40分)	73 (2)	42)
	じゃがいも	ゆでる (3 ~ 30分)	61 ± 21.7 (33)	43-45, 51-55)
		ゆでる (25分, ゆで汁あり)	74 (1)	54)
		蒸す (15 ~ 20分, 加熱時間不明のものも含む)	76 ± 5.8 (3)	45, 53, 56)
		炒める (3 ~ 10分)	78 ± 9.1 (5)	44, 51)
		揚げる (3分)	73 ± 11 (3)	56, 57)
		焙焼 (30分)	60 (1)	45)
		電子レンジ (約 1 ~ 5分)	85 ± 15.1 (4)	45, 52, 53)
		ミキサー (2分) 【還元型ビタミン C】	3 (1)	50)
	ミキサー (2分, 0.5 ~ 2% 食塩) 【還元型ビタミン C】	5 ± 0.6 (3)	50)	
やまいも	ゆでる (5 ~ 60分)	54 ± 10.1 (5)	44)	
果実類	かき	ミキサー (2分) 【還元型ビタミン C】	20 (1)	50)
		ミキサー (2分, 0.5 ~ 1% 食塩) 【還元型ビタミン C】	67 (2)	50)
	すいか	ぬかに浸漬 (16時間)	75 (1)	58)
	なし	ミキサー (2分) 【還元型ビタミン C】	43 (1)	50)
		ミキサー (2分, 0.5 ~ 2% 食塩) 【還元型ビタミン C】	43 ± 12.6 (3)	50)
	バナナ	ミキサー (2分) 【還元型ビタミン C】	12 (1)	50)
		ミキサー (2分, 1 ~ 2% 食塩) 【還元型ビタミン C】	28 (2)	50)
	びわ	ミキサー (2分) 【還元型ビタミン C】	73 (1)	50)
		ミキサー (2分, 0.5 ~ 2% 食塩) 【還元型ビタミン C】	86 ± 16.2 (3)	50)
	ぶどう	ミキサー (2分) 【還元型ビタミン C】	29 (1)	50)
		ミキサー (2分, 0.5 ~ 1% 食塩) 【還元型ビタミン C】	83 (2)	50)
	みかん	ミキサー (2分) 【還元型ビタミン C】	90 (1)	50)
		ミキサー (2分, 0.5 ~ 1% 食塩) 【還元型ビタミン C】	100 (2)	50)
	もも	ミキサー (2分) 【還元型ビタミン C】	86 (1)	50)
		ミキサー (2分, 0.5 ~ 2% 食塩) 【還元型ビタミン C】	93 ± 2.9 (3)	50)
	ゆず	ゆでる (10分)	93 (1)	59)
	りんご	ミキサー (2分) 【還元型ビタミン C】	6 (1)	50)
		ミキサー (2分, 0.5 ~ 2% 食塩) 【還元型ビタミン C】	79 ± 18.3 (3)	50)
野菜類	あさつき	ゆでる (1分)	80 (1)	60)
		揚げる (1分)	68 (1)	60)
	あざみ (茎)	ゆでる (1分)	42 (1)	60)
	いかりそう	ゆでる (1分)	29 (1)	60)
		揚げる (1分)	24 (1)	60)
	いもがら	ゆでる (2 ~ 60分)	37 ± 16.4 (6)	44)
	いわがらみ	揚げる (1分)	27 (1)	60)
	いんげん	ゆでる (5 ~ 60分)	67 ± 21 (5)	44)
		炒める (3 ~ 10分)	87 (2)	44)
	うわばみそう	ゆでる (1分)	43 (1)	60)
		揚げる (1分)	36 (1)	60)
	えだまめ	ゆでる (3 ~ 10分)	94 (1)	45)
		電子レンジ (冷凍, 2分)	100 (1)	45)
	えんどう	ゆでる (5 ~ 60分)	58 ± 16 (5)	44)
		炒める (3 ~ 10分)	67 (2)	44)
	おおいたどり	ゆでる (3 ~ 10分)	50 (1)	60)
	おおばぎぼし	ゆでる (1分)	80 (1)	60)
	オクラ	ゆでる (5 ~ 60分)	31 ± 18.3 (5)	44)
炒める (3 ~ 10分)		68 (2)	44)	

食品群	食品名	調理法	VC 残存率 (%)	文献
野菜類	かつおな	ゆでる (2 ~ 60 分)	26 ± 14.4 (6)	44)
		炒める (3 ~ 10 分)	59 (2)	44)
	かぶ	ゆでる (2 ~ 60 分)	57 ± 17.3 (5)	44)
		炒める (3 ~ 10 分)	64 (2)	44)
	かぶ (葉)	ゆでる (2 ~ 60 分)	29 ± 17 (6)	44)
		炒める (3 ~ 10 分)	54 (2)	44)
	かぼちゃ	ゆでる (4.6 分)	64 ± 20.9 (5)	44)
		蒸す (17 分)	78 (1)	45)
		炒める (3 ~ 10 分)	74 (2)	44)
		電子レンジ (4.6 分)	92 (1)	45)
		ミキサー (2 分) 【還元型ビタミン C】	16 (1)	50)
		ミキサー (2 分, 0.5 ~ 2% 食塩) 【還元型ビタミン C】	20 ± 5.1 (3)	50)
	カリフラワー	ゆでる (3 ~ 10 分)	58 ± 21.5 (6)	44)
	ぎしぎし	ゆでる (1 分)	47 (1)	60)
		揚げる (1 分, てんぷら粉)	34 (1)	60)
	キャベツ	ゆでる (2 ~ 15 分, ゆで汁なし)	36 ± 19.7 (17)	61-68)
		ゆでる (2 ~ 15 分, ゆで汁あり)	56 ± 23 (17)	61-68)
		ゆでる (2 ~ 60 分)	41 ± 21.3 (21)	44, 55, 69, 70)
		ゆでる (5 ~ 7 分, 2 ~ 4% 塩)	53 (2)	69, 71)
		ゆでる (1 ~ 15 分, 0.5 ~ 5% 塩, ゆで汁なし)	44 ± 15.5 (39)	61, 62, 64, 66-68)
		ゆでる (5 分, 0.5 ~ 5% 塩, ゆで汁あり)	55 ± 18.3 (39)	61, 62, 64, 66-68)
		ゆでる (5 分, 0.1% 酢, ゆで汁あり)	65 (1)	64)
		ゆでる (5 分, 0.1% 重曹, ゆで汁あり)	45 (1)	64)
		炒める (45 秒)	101 (1)	51)
		炒める (3 ~ 10 分)	68 ± 12.7 (4)	44)
		炒める (5 分, 汁なし)	79 (1)	66)
		炒める (5 分, 汁あり)	87 (1)	66)
		炒める (5 分, 2% 塩)	75 (1)	71)
		炒める (5 分, 2% 塩, 汁なし)	79 (1)	67)
		炒める (5 分, 2% 塩, 汁あり)	87 (1)	67)
		電子レンジ (0.5 ~ 1.5 分)	88 ± 8.1 (9)	63, 65, 68, 72)
		水に浸漬 (1 ~ 5 分, 流出分の合算なし)	84 ± 8.7 (6)	68)
		酢に浸漬 (60 ~ 240 分, 5% 酢)	27 (2)	73)
		塩に浸漬 (120 分, 5% 塩)	47 (1)	73)
		塩に浸漬 (1 ~ 7 日, 10 ~ 20% 塩)	66 ± 31 (3)	73)
		塩に浸漬 (7 日, 炒め後, 20% 塩)	16 (1)	73)
		ミキサー (2 分) 【還元型ビタミン C】	87 (1)	50)
		ミキサー (2 分, 0.5 ~ 2% 塩) 【還元型ビタミン C】	89 ± 1.3 (3)	50)
	きゅうり	ゆでる (3 分)	87 (1)	55)
		塩ふり (10 分, 塩, ゆで汁あり)	87 (1)	66)
		塩ふり (塩, ゆで汁なし)	74 (1)	66)
		塩に浸漬 (10 分, 2% 塩, しぼり汁あり)	87 (1)	74)
		塩に浸漬 (10 分, 2% 塩, しぼり汁なし)	74 (1)	74)
		塩に浸漬 (2 ~ 24 時間, 1 ~ 20% 塩, しぼり汁あり)	89 ± 7.8 (8)	58)
		塩に浸漬 (10 分 ~ 24 時間, 1 ~ 20% 塩, しぼり汁なし)	84 ± 11.5 (10)	58, 66, 74)
		酢に浸漬 (20 ~ 30 分, 酢, しぼり汁あり) ※同著者の異なる論文のデータ 2 件を含む.	81 (2)	66, 74)
		酢に浸漬 (10 分, 酢, しぼり汁なし) ※同著者の異なる論文のデータ 2 件を含む.	69 (2)	66, 74)
糠漬け (16 時間)		77 (1)	58)	

食品群	食品名	調理法	VC残存率(%)	文献
野菜類	きゅうり	ミキサー (2分) 【還元型ビタミンC】	15 (1)	50)
		ミキサー (2分, 0.5~2%塩) 【還元型ビタミンC】	14 ± 0.9 (3)	50)
	きょうな	ゆでる (2~60分)	34 ± 17.4 (6)	44)
		炒める (3~10分)	57 (2)	44)
	かぼちゃ (西洋かぼちゃ)	糠漬け (16時間)	90 (1)	58)
	ごごみ	ゆでる (1分)	43 (1)	60)
		揚げる (1分, てんぷら粉)	63 (1)	60)
	こしゃく	ゆでる (1分)	39 (1)	60)
		揚げる (1分, てんぷら粉)	21 (1)	60)
	ごぼう	ゆでる (5~60分)	25 ± 12.1 (5)	44)
		炒める (3~10分)	63 (2)	44)
	こまつな	電子レンジ (0.5分)	85 (1)	72)
	さやいんげん	ゆでる (5~60分)	44 ± 15.3 (5)	44)
		ゆでる (4分, ゆで汁あり)	50 (1)	63)
		炒める (3~10分)	54 (2)	44)
	さやえんどう	ゆでる (5~60分)	45 ± 15.8 (5)	44)
		ゆでる (1.5分, ゆで汁なし)	87 (1)	66)
		ゆでる (1.5分, ゆで汁あり)	96 (1)	66)
		ゆでる (1.5分, 塩, ゆで汁なし)	86 (1)	66)
		ゆでる (1.5分, 塩, ゆで汁あり)	95 (1)	66)
		ゆでる (5分, だし汁, ゆで汁なし)	70 (1)	66)
		炒める (3~10分)	69 ± 17.8 (4)	44)
		炒める (3分, 汁流出分の合算あり)	82 (1)	66)
		揚げる (1.5分, 衣, 油への流出合算なし)	90 (1)	66)
		揚げる (1.5分, 衣, 油への流出合算あり)	94 (1)	66)
	さんとうな	ゆでる (2~60分)	30 ± 15.8 (7)	44, 55)
		炒める (3~10分)	63 (2)	44)
	しゃくしな	ゆでる (2~60分)	29 ± 17.9 (6)	63)
		ゆでる (2分, しぼり汁なし)	52 (1)	63)
		ゆでる (2分, しぼり汁あり)	74 (1)	63)
		炒める (3~10分)	55 (2)	44)
		電子レンジ (0.75分)	79 (1)	63)
	しゅんぎく	ゆでる (3~7分, ゆで汁なし)	20 ± 12.7 (6)	61, 64)
		ゆでる (3~7分, ゆで汁あり)	37 ± 37.3 (6)	61, 64)
		ゆでる (3~7分, 1~5%塩, ゆで汁なし)	29 ± 12.4 (21)	61, 62, 64)
		ゆでる (3~7分, 1~5%塩, ゆで汁あり)	31 ± 12.3 (21)	61, 62, 64)
		ゆでる (5分, 0.1%酢, ゆで汁あり)	47 (1)	64)
		ゆでる (5分, 0.1%重曹, ゆで汁あり)	11 (1)	64)
		電子レンジ (0.5~1分)	80 (2)	63, 72)
	せり	ゆでる (2~60分)	50 (1)	60)
		揚げる (0.5~1分, てんぷら粉)	56 (1)	60)
	セロリ	ゆでる (1~60分)	28 ± 19.7 (6)	44)
	そらまめ	ゆでる (5~60分)	60 ± 22.4 (5)	44)
		炒める (3~10分)	83 (2)	44)
	タアサイ	ゆでる (2.5分)	57 (2)	75)
		ゆでる (2.5分, 1%塩)	63 (2)	75)
		炒める (1.6分)	88 (2)	75)
炒める (3分, 1%塩)		81 (2)	75)	
電子レンジ (1.6分)		86 (2)	75)	

食品群	食品名	調理法	VC 残存率 (%)	文献
野菜類	だいこん (根)	ゆでる (5 ~ 60 分)	50 ± 17.2 (22)	44, 55, 76, 77)
		ゆでる (5 ~ 60 分, ゆで汁なし)	45 ± 13.9 (19)	44, 76, 77)
		ゆでる (5 分, ゆで汁あり)	77 ± 6.9 (3)	77)
		ゆでる (23 分, ゆで汁なし) ※同著者の異なる論文のデータ 2 件を含む.	62 ± 0 (2)	66, 67)
		ゆでる (23 分, ゆで汁あり) ※同著者の異なる論文のデータ 2 件を含む.	84 (2)	66, 67)
		ゆでる (5 ~ 10 分, 1 ~ 3% 塩, ゆで汁なし)	38 ± 15.7 (15)	55, 77)
		ゆでる (5 分, 1 ~ 3% 塩, ゆで汁あり)	87 ± 2.0 (3)	77)
		真空調理 (60 分)	80 (1)	42)
		真空調理 (60 分, 砂糖, だし, 酒, 薄口しょうゆ)	69 (1)	42)
		炒める (3 ~ 10 分)	69 ± 18.8 (6)	44)
		炒める (7 分, 塩 2%, 汁への流出合算なし) ※同著者の異なる論文のデータ 2 件を含む.	87 (2)	66, 67)
		揚げる (3 分)	86 (2)	57)
		電子レンジ (4 分)	80 (1)	63)
		水に浸漬 (5 分)	85 (1)	77)
		水に浸漬 (5 分, 汁への流出合算あり)	87 (3)	77)
		食塩水に浸漬 (5 分, 1 ~ 3% 塩)	86 (1)	77)
		食塩水に浸漬 (5 分, 1 ~ 3% 塩, 汁への流出合算あり)	84 (3)	77)
		塩もみ→水洗→浸漬 (30 分, 塩, 調味酢, 汁への流出合算なし)	58 (1)	66)
		塩もみ→水洗→浸漬 (30 分, 塩, 調味酢, 汁への流出合算あり)	72 (1)	66)
		酢に浸漬 (30 分, 汁への流出合算なし)	58 (1)	67)
		酢に浸漬 (30 分, 汁への流出合算あり)	72 (1)	67)
		おろす (汁なし)	59 (2)	66, 67)
		おろす (汁あり)	95 (2)	66, 67)
		おろす (5 ~ 300 分)	89 ± 10.7 (17)	78-80)
		おろす (60 ~ 300 分, 0.5 ~ 2% 塩)	87 ± 7.5 (10)	78)
		おろす (60 ~ 300 分, 5 ~ 10% 砂糖)	91 ± 5.1 (10)	78)
		おろす (60 ~ 300 分, 0.5% グルタミン酸ナトリウム)	91 ± 5.5 (10)	78)
		おろす (60 ~ 300 分, 0.1 ~ 1% 酢酸)	80 ± 11.6 (15)	78)
		もみじおろし (だいこん 9 : にんじん 1), 調整後 0 ~ 180 分	92 ± 6 (8)	79-81)
		もみじおろし (だいこん 8 : にんじん 2), 調整後 0 ~ 180 分	91 ± 8 (32)	79, 80)
		もみじおろし (だいこん 8 : にんじん 2) + レモン, 調整後 0 ~ 180 分	99 ± 1 (8)	79-81)
		もみじおろし (だいこん 8 : にんじん 2) + 酢, 調整後 0 ~ 180 分	97 ± 2 (8)	79-81)
		もみじおろし (だいこん 8 : にんじん 2) にんじんをゆでて添加, 調整後 0 ~ 180 分	97 ± 2 (18)	79)
もみじおろし (だいこん 8 : にんじん 2) にんじんをレンジ加熱して添加, 調整後 0 ~ 180 分	98 ± 1 (18)	79)		
もみじおろし (だいこん 7 : にんじん 3), 調整後 0 ~ 180 分	90 ± 9 (8)	79-81)		
もみじおろし (だいこん 9 : にんじん 1), 調整後 0 ~ 180 分【還元型ビタミン C】	54 ± 27 (21)	79-81)		
もみじおろし (だいこん 8 : にんじん 2), 調整後 0 ~ 180 分【還元型ビタミン C】	40 ± 30 (44)	79, 80)		
もみじおろし (だいこん 8 : にんじん 2) + レモン, 調整後 0 ~ 180 分【還元型ビタミン C】	71 ± 24 (8)	79-81)		

食品群	食品名	調理法	VC 残存率(%)	文献
野菜類	だいこん(根)	もみじおろし(だいこん8:にんじん2)+酢,調整後0~180分【還元型ビタミンC】	54 ± 35 (17)	79-81)
		もみじおろし(だいこん8:にんじん2)にんじんをゆでて添加,調整後0~180分【還元型ビタミンC】	65 ± 31 (18)	79)
		もみじおろし(だいこん8:にんじん2)にんじんをレンジ加熱して添加,調整後0~180分【還元型ビタミンC】	86 ± 17 (18)	79)
		もみじおろし(だいこん7:にんじん3),調整後0~180分【還元型ビタミンC】	36 ± 30 (21)	79-81)
		もみじおろし(だいこん5:にんじん5),調整後0~120分【還元型ビタミンC】	42 ± 30 (5)	81)
	だいこん(葉)	ミキサー(2分)【還元型ビタミンC】	94 (2)	50)
		ミキサー(2分,0.5~1%塩)【還元型ビタミンC】	100 ± 0 (4)	50)
		ゆでる(3~7分,ゆで汁なし)	16 ± 8 (4)	61,62)
		ゆでる(3~7分,ゆで汁あり)	18 ± 6.3 (4)	61,62)
		ゆでる(3~7分,1~5%塩,ゆで汁なし)	26 ± 11.2 (20)	61,62)
		ゆでる(3~7分,1~5%塩,ゆで汁あり)	27 ± 10.8 (20)	61,62)
	たけのこ	ゆでる(5~60分)	61 ± 26.3 (5)	44)
		炒める(3~10分)	76 ± 10.8 (4)	44)
	たまねぎ	ゆでる(2~60分)	48 ± 19.1 (7)	44,82)
		ゆでる(4分,ゆで汁なし)	43 (1)	63)
		ゆでる(4分,ゆで汁あり)	56 (1)	63)
		ゆでる(3~10分,1%塩)	46 ± 19.9 (14)	55)
		蒸す(20分)	90 (1)	82)
		炒める(3~10分)	62 (2)	44)
		揚げる(3~4分)	89 ± 4.5 (3)	57,82)
		電子レンジ(2~2.5分)	82 (2)	63,82)
	たまぶき	ゆでる(1分)	45 (2)	60)
	たんぼぼ	ゆでる(1分)	70 (1)	60)
		揚げる(1分,てんぷら粉)	59 (1)	60)
	チンゲンサイ	ゆでる(2.5分)	79 (2)	75)
		ゆでる(2.5分,1%塩)	84 (2)	75)
		炒める(3分)	97 (2)	75)
		炒める(3分,1%塩)	82 (2)	75)
		電子レンジ(1.5分)	79 (2)	75)
	つくし	ゆでる(1分)	64 (1)	60)
		揚げる(1分,てんぷら粉)	91 (1)	60)
	とうがん	糠漬け(16時間)	80 (1)	58)
	どくだみ	ゆでる(1分)	76 (1)	60)
		揚げる(1分,てんぷら粉)	33 (1)	60)
	トマト	ミキサー(2分)【還元型ビタミンC】	100 (1)	50)
		ミキサー(2分,0.5%塩)【還元型ビタミンC】	100 (1)	50)
	なす	ゆでる(5~60分)	27 ± 16.2 (5)	44)
		炒める(3~10分)	63 (2)	44)
		糠漬け(16時間)	94 (2)	58)
		ミキサー(2分)【還元型ビタミンC】	39 (1)	50)
ミキサー(2分,0.5~1%塩)【還元型ビタミンC】		76 (2)	50)	
なずな	ゆでる(1分)	53 (1)	60)	
	揚げる(1分,てんぷら粉)	64 (1)	60)	
なたねな	ゆでる(2分,ゆで汁なし)	56 (1)	63)	
	ゆでる(2分,ゆで汁あり)	68 (1)	63)	

食品群	食品名	調理法	VC 残存率 (%)	文献
野菜類	なたねな	電子レンジ (45 秒)	81 (1)	63)
	なんてんはぎ	ゆでる (1 分)	66 (1)	60)
	にわとこ	ゆでる (1 分)	83 (2)	60)
		揚げる (1 分, てんぷら粉)	49 (2)	60)
	にんじん	ゆでる (5 ~ 60 分)	79 ± 14.3 (5)	44)
		ゆでる (3 ~ 7 分, ゆで汁なし)	15 ± 1.6 (4)	61, 62)
		ゆでる (3 ~ 7 分, ゆで汁あり)	17 ± 1.4 (4)	61, 62)
		ゆでる (3 ~ 7 分, 1 ~ 5% 塩, ゆで汁なし)	34 ± 8.4 (20)	61, 62)
		ゆでる (3 ~ 7 分, 1 ~ 5% 塩, ゆで汁あり)	36 ± 8.3 (20)	61, 62)
		炒める (3 ~ 10 分)	70 (2)	44)
		揚げる (3 分)	97 (2)	57)
		電子レンジ (2 分)	98 (1)	63)
		ミキサー (2 分) 【還元型ビタミン C】	20 (1)	50)
		ミキサー (2 分, 0.5 ~ 2% 塩) 【還元型ビタミン C】	19 ± 3.5 (3)	50)
	ねぎ	ゆでる (2 ~ 60 分)	41 ± 20 (6)	44)
		ゆでる (3 ~ 7 分, ゆで汁なし)	21 ± 1.3 (4)	61, 62)
		ゆでる (3 ~ 7 分, ゆで汁あり)	24 ± 1.6 (4)	61, 62)
		ゆでる (5 ~ 60 分, 1 ~ 5% 塩, ゆで汁なし)	36 ± 11.3 (20)	61, 62)
		ゆでる (5 ~ 60 分, 1 ~ 5% 塩, ゆで汁あり)	39 ± 11.2 (20)	61, 62)
		炒める (3 ~ 10 分)	63 ± 16.5 (4)	44)
	ねまがりたけ	ゆでる (1 分)	31 (1)	60)
	のびる	ゆでる (1 分)	28 (1)	60)
		揚げる (1 分, てんぷら粉)	82 (1)	60)
	はくさい	ゆでる (2 ~ 60 分)	40 ± 18.8 (6)	44)
		ゆでる (3 ~ 7 分, ゆで汁なし)	18 ± 6.2 (5)	61-63)
		ゆでる (3 ~ 7 分, ゆで汁あり)	29 ± 25.2 (5)	61-63)
		ゆでる (3 ~ 7 分, 1% 塩)	62 ± 20.2 (4)	55)
		ゆでる (3 ~ 10 分, 1 ~ 5% 塩, ゆで汁なし)	27 ± 9.4 (20)	61, 62)
		ゆでる (3 ~ 10 分, 1 ~ 5% 塩, ゆで汁あり)	29 ± 9.2 (20)	61, 62)
		炒める (1 分)	59 (2)	44)
		電子レンジ (0.33 ~ 1 分)	84 (2)	63, 83)
	はこべ	ゆでる (1 分)	36 (1)	60)
		揚げる (1 分, てんぷら粉)	35 (1)	60)
	はたけな	ゆでる (5 分, ゆで汁あり)	81 (1)	64)
		ゆでる (5 分, 1% 塩, ゆで汁あり)	86 (1)	64)
		ゆでる (5 分, 0.1% 酢, ゆで汁あり)	76 (1)	64)
		ゆでる (5 分, 0.1% 重曹, ゆで汁あり)	56 (1)	64)
	ばたまめ	ゆでる (4 分, ゆで汁なし)	65 (1)	63)
		ゆでる (4 分, ゆで汁あり)	87 (1)	63)
		電子レンジ (1 分)	87 (1)	63)
	はないかだ	揚げる (1 分, てんぷら粉)	36 (1)	60)
	ピーマン	ゆでる (2 分, 1% 塩, 汁なし)	95 (1)	66)
		ゆでる (2 分, 1% 塩, 汁あり)	96 (1)	66)
		炒める (1.5 ~ 3.25 分)	91 ± 6.9 (3)	51, 66)
		揚げる (1 分, 衣, 油への流出合算なし)	82 (1)	66)
		揚げる (1 分, 衣, 油への流出合算あり)	92 (1)	66)
		電子レンジ (0.25 ~ 1 分)	99 (2)	63, 83)
ミキサー (60 ~ 180 分)		87 (2)	6)	
ミキサー (60 ~ 180 分, 0.4 ~ 0.8% 塩)		98 ± 2.6 (4)	6)	
ミキサー (60 ~ 180 分, 10% 砂糖)	95 (2)	6)		

食品群	食品名	調理法	VC 残存率(%)	文献
野菜類	ピーマン	ミキサー (60～180分, 5%酢)	98 (2)	6)
		ミキサー (60～180分, 5%レモン汁)	100 (2)	6)
		ミキサー (60～180分, 牛乳)	90 (2)	6)
		ミキサー (2～4分, 豆乳)	88 (2)	6)
		ミキサー (60～180分, 豆乳)	82 (2)	6)
	ふきのとう	揚げる (1分, てんぷら粉)	48 (1)	60)
	ふだんそう	ゆでる (2～7分, ゆで汁なし)	26 ± 6.7 (5)	61-63)
		ゆでる (2～7分, ゆで汁あり)	35 ± 10.9 (5)	61-63)
		ゆでる (2～7分, 1～5%塩, ゆで汁なし)	60 ± 17 (20)	61, 62)
		ゆでる (2～7分, 1～5%塩, ゆで汁あり)	62 ± 16.7 (20)	61, 62)
		炒める (3～10分)	44 (2)	44)
		電子レンジ (1.5分)	71 (1)	63)
	ブロッコリー	ゆでる (0.5～5分)	54 ± 0.2 (10)	84)
		電子レンジ (0.5～5分)	55 (1)	84)
	へちま	糠漬け (16時間)	88 (1)	58)
	ほうれんそう	ゆでる (1～60分) ※ 90～100℃, 5分ゆでた場合 81.8 ± 7.2	57 ± 27.9 (83)	44, 45, 55, 85, 86)
		ゆでる (1.5～7分, ゆで汁なし)	27 ± 15.3 (8)	61-64, 66, 74)
		ゆでる (1.5～7分, ゆで汁あり)	44 ± 31.6 (8)	61-64, 66, 74)
		ゆでる (1～3分, 1～3%塩)	60 ± 9.4 (9)	85)
		ゆでる (3～7分, 1～5%塩, ゆで汁なし)	38 ± 8.2 (23)	61, 62, 64, 66, 74)
		ゆでる (3～7分, 1～5%塩, ゆで汁あり)	43 ± 14.8 (23)	61, 62, 64, 66, 74)
		ゆでる (5分, 0.1%酢, ゆで汁あり)	83 (1)	64)
		ゆでる (1～2分, 0.5%重曹)	13 (2)	85)
		ゆでる (5分, 0.1%重曹, ゆで汁あり)	64 (1)	64)
		蒸す (1～3分)	84 ± 3.1 (3)	85)
		炒める (3～10分)	62 (2)	44)
		炒める (3分, 汁への流出分の合算あり)	77 (1)	66)
		炒める (4.5分, 汁への流出分の合算なし)	45 (1)	66)
		炒める (4.5分, 汁への流出分の合算あり)	50 (1)	66)
		炒める (3分, 2%塩, 汁への流出分の合算なし)	66 (1)	74)
		揚げる (3分)	97 (2)	57)
		電子レンジ (0.5～1.5分)	88 ± 8.6 (6)	45, 63, 72, 83, 85)
		ミキサー (2分) 【還元型ビタミンC】	100 (1)	50)
		ミキサー (2分, 0.5%塩) 【還元型ビタミンC】	100 (1)	50)
	またたび	ゆでる (1分)	46 (1)	60)
		揚げる (1分, てんぷら粉)	23 (1)	60)
	まびきな	電子レンジ (20秒)	97 (1)	83)
	まめもやし	ゆでる (2分, ゆで汁なし)	36 (1)	66)
		ゆでる (2分, ゆで汁あり)	52 (1)	66)
		ゆでる (2分, 塩, ゆで汁なし)	37 (1)	66)
		ゆでる (2分, 塩, ゆで汁あり)	51 (1)	66)
		ゆで→浸漬 (9分, 三杯酢, 汁への流出分の合算なし)	35 (1)	66)
		ゆで→浸漬 (9分, 三杯酢, 汁への流出分の合算あり)	49 (1)	66)
		炒め (2.5分, 汁への流出分の合算なし)	65 (1)	66)
		炒め (2.5分, 汁への流出分の合算あり)	80 (1)	66)
	みずな	ゆでる (2～60分)	26 ± 14.8 (6)	44)
		ゆでる (3分, ゆで汁なし)	54 (1)	63)
ゆでる (3分, ゆで汁あり)		86 (1)	63)	

食品群	食品名	調理法	VC 残存率 (%)	文献
野菜類	みずな	炒める (3 ~ 10 分)	62 (2)	44)
		電子レンジ (0.5 ~ 1 分)	94 (2)	63, 72)
	みつば	ゆでる (1 分)	73 (1)	60)
		ゆでる (5 分, ゆで汁あり)	73 (1)	64)
		ゆでる (5 分, 1% 塩, ゆで汁あり)	75 (1)	64)
		ゆでる (5 分, 0.1% 酢, ゆで汁あり)	70 (1)	64)
		ゆでる (5 分, 0.1% 重曹, ゆで汁あり)	26 (1)	64)
		揚げる (1 分, てんぷら粉)	32 (1)	60)
	みやまいらくさ	ゆでる (1 分)	70 (1)	60)
	めいけな	ゆでる (1.5 ~ 5 分)	77 ± 24.8 (4)	87)
		1 分ゆでる → 塩に浸漬 (16 ~ 18 時間, 3% 塩)	65 (2)	87)
	めキャベツ	ゆでる (5 分, ゆで汁なし)	84 (1)	63)
		電子レンジ (1.5 分)	99 (1)	63)
	もみじがさ	ゆでる (1 分)	74 (1)	60)
		揚げる (1 分, てんぷら粉)	34 (1)	60)
	もやし	ゆでる (0.5 ~ 60 分)	31 ± 18.3 (7)	44, 88)
		ゆでる (2 分, ゆで汁なし)	37 (2)	63, 74)
		ゆでる (2 分, ゆで汁あり)	79 (2)	63, 74)
		ゆでる → 酢に浸漬 (9 分, 酢, 汁への流出分の合算なし)	35 (1)	74)
		ゆでる → 酢に浸漬 (9 分, 酢, 汁への流出分の合算あり)	49 (1)	74)
		炒める (1 ~ 10 分)	59 ± 21.7 (5)	44, 51, 74, 88)
		炒める (2.5 分, 2% 塩, 汁への流出分の合算なし)	65 (1)	74)
		炒める (2.5 分, 2% 塩, 汁への流出分の合算あり)	80 (1)	74)
	やまうこぎ	ゆでる (1 分)	65 (1)	60)
		揚げる (1 分, てんぷら粉)	41 (1)	60)
	よもぎ	ゆでる (1 分)	62 (1)	60)
		揚げる (1 分, てんぷら粉)	46 (1)	60)
	りょうぶ	ゆでる (1 分)	29 (1)	60)
		揚げる (1 分, てんぷら粉)	34 (1)	60)
	レタス	ゆでる (2 ~ 60 分)	21 ± 17.9 (6)	44)
	れんこん	ゆでる (2 ~ 60 分)	58 ± 24.8 (5)	44)
		炒める (3 ~ 60 分)	62 (2)	44)
	わけぎ	ゆでる (2 ~ 60 分)	21 ± 12.2 (6)	44)
		ゆでる (3 ~ 7 分, ゆで汁なし)	46 ± 2.2 (4)	61, 62)
		ゆでる (3 ~ 7 分, ゆで汁あり)	48 ± 2.2 (4)	61, 62)
		ゆでる (3 ~ 7 分, 1 ~ 5% 塩, ゆで汁なし)	68 ± 8 (20)	61, 62)
		ゆでる (3 ~ 7 分, 1 ~ 5% 塩, ゆで汁あり)	70 ± 7.9 (20)	61, 62)
		炒める (3 ~ 10 分)	67 (2)	44)
	わさび	ゆでる (1 分)	74 (1)	60)
		揚げる (1 分, てんぷら粉)	66 (1)	60)
	ワラビ	ゆでる (5 ~ 60 分)	48 ± 20 (5)	44)
炒める (3 ~ 10 分)		76 (2)	44)	
調味料および香辛料	トマトピューレ	湯煎 (5 ~ 60 分)	51 ± 25.9 (5)	89)
		湯煎 (5 ~ 60 分, 10% 油)	54 ± 13.8 (5)	89)

2. ビタミンの調理損耗の全体的な特徴

水溶性ビタミンの調理損耗の全体的な傾向を表6にまとめた。

まず、加熱による影響を明らかにするために非加熱調理および加熱調理による損耗を比較したところ、水溶性ビタミンではビタミンCで加熱調理による損失が大きく($p<0.05$)、他方、パントテン酸で非加熱調理(主に冷凍)による損失が大きかった($p<0.05$)。ナイアシンでは差はなかった。葉酸の加熱調理における損耗は、ビタミンCに次いで大きい、測定法によるばらつきが大きく加熱調理と非加熱調理間の有意差は検出されなかった。ビオチンについては、非加熱調理の報告が見当たらず評価はできなかった。

次に、加熱温度帯の異なる湿式加熱調理(加熱温度

帯85~150℃)と乾式加熱調理(加熱温度帯170~300℃)の影響について比較したところ、ビオチンが乾式加熱において残存率が低かった($p<0.05$)が、他方、ナイアシン、パントテン酸、VCでは湿式加熱において残存率が低く($p<0.05$)、ビタミンによって一致した傾向はみられなかった。

「ゆでる」調理におけるゆで汁への流出の影響をみると、ナイアシン、葉酸において「食品とゆで汁への流出分との合計(B)」よりも「食品のみ(A)」において残存率が低く($p<0.05$)、「ゆでる」調理により食品中の残存率は大きく減少する(60~69%)ものの、ゆで汁等への流出が大きく、ゆで汁中にかなり残存していた(食品とゆで汁を合わせて80~94%)。一方、ビタミンCでは(A)(B)間に差はなく(46および47%)、「ゆでる」

表6 各調理法ごとの水溶性ビタミン残存率

		ナイアシン	パントテン酸	ビオチン	葉酸	ビタミンC	
加熱調理	全体	91 ± 51 (300)	74 ± 36 (70) ^a	74 ± 27 (35)	61 ± 33 (212)	51 ± 25 (1296) ^a	
	湿式調理	全体	81 ± 34 (176) ^b	69 ± 40 (51) ^b	86 ± 26 (17) ^a	61 ± 33 (169)	47 ± 23 (1063) ^b
		ゆでる	78 ± 23 (124)	77 ± 14 (4)	111 (1)	62 ± 30 (128)	46 ± 23 (1023)
		- (A)食品のみ	69 ± 22 (78) ^c	68 (2)		60 ± 26 (114) ^c	46 ± 23 (746)
		- (B)食品+流出分の合計	94 ± 15 (46)	87 (2)	111 (1)	80 ± 49 (14)	47 ± 23 (277)
		煮る	76 ± 17 (5)			100 (1)	67 ± 17 (7)
		蒸す	90 ± 19 (29)	86 ± 19 (14)	84 ± 26 (16)	56 ± 47 (27)	83 ± 9 (10)
		炊飯	95 ± 110 (10)			63 (2)	
		圧力調理	77 ± 32 (8)			25 ± 18 (6)	
	湿式その他		61 ± 47 (33)		90 ± 8 (5)	59 ± 18 (16)	
	乾式調理	全体	106 ± 66 (101)	87 ± 16 (19)	61 ± 21 (17)	56 ± 33 (39)	69 ± 20 (168)
	焼く・炒める (フライパン)	105 ± 76 (32)	86 ± 16 (17)	58 ± 19 (16)	39 ± 31 (19)	71 ± 17 (108)	
	焼く (オープン・グリル)	117 ± 78 (41)	97 (2)	100 (1)	62 ± 33 (8)	68 ± 18 (12)	
	焼く (その他)				92 (1)		
	揚げる	92 ± 16 (25)			76 ± 21 (11)	63 ± 25 (46)	
	煎る	100 ± 3 (3)					
	燻す						
乾式その他							
電子レンジ調理		104 ± 66 (21)			102 ± 9 (3)	80 ± 20 (65)	
加熱調理その他		82 (2)		105 (1)	69 (1)		
非加熱調理	全体	95 ± 20 (16)	58 ± 19 (23)		71 ± 5 (3)	72 ± 29 (291)	
	洗う・研ぐ	86 ± 14 (4)					
	切る	90 ± 8 (4)					
	混ぜる・和える						
	漬ける・浸す	100 (1)				78 ± 17 (63)	
	ミキサー、絞る、おろす	89 ± 8 (4)			71 ± 5 (3)	70 ± 31 (228)	
	冷凍・冷蔵・解凍	121 ± 35 (3)	58 ± 19 (23)				
	その他						

データは平均±標準偏差(標本数)を示す。

a: 非加熱調理に対して有意 ($p<0.05$)、b: 乾式調理に対して有意 ($p<0.05$)、c: 食品+流出分の合算に対して有意 ($p<0.05$)

調理では、ビタミンCが食品外へ流出すると同時に、ゆで汁などに流出したビタミンは、酸化などの理由で損耗している可能性がある。しかしながら、収集したデータには還元型ビタミンCおよび総ビタミンCの値が混在しており、一定の見解を得るにはさらに多くの情報の蓄積が必要と思われる。

前報と併せてビタミン全体の調理損耗に関する特徴をまとめると、(1)脂溶性ビタミンは全般的に調理損失に関するデータが限られていた。(2)水溶性ビタミンのうち、ビタミンB₁、B₂およびCでは非加熱調理に比べ加熱調理による損耗が大きい。(3)水溶性ビタミンのうちB₁、B₂、B₆、ナイアシンおよび葉酸においては、「ゆでる」調理における食品外への流出の影響が大きいことが示唆された。

3. 調査データの留意事項

前報¹⁾を参照されたい。

結 論

前報¹⁾に引き続き、複数の学術論文データベースで2014年4月までに公表されたビタミンの調理損耗に関する文献を網羅的に検索し収集した。収集文献からビタミンの調理損耗のデータを抜粋して、食品群名・食品名・調理法・残存率(平均±標準偏差)・書誌情報の形式で表にまとめた。作成した表からさらに残存率のデータを調理条件毎に整理して、水溶性ビタミンの調理損耗の特徴について分析した。その結果、非加熱調理に比べて加熱調理による損耗がビタミンCで大きく、「ゆでる」調理における食品外への流出の影響がナイアシンと葉酸で大きいことが示唆された。本研究でまとめた表は、適切なビタミンの給与量が得られる献立作成の参考となり、また、今後最新の調理法および測定法による調理条件とビタミン損失の検討を行う際の参考になると考えられる。

謝 辞

本研究は、機能性をもつ農林水産物・食品開発プロジェクト(農研機構)の研究費(C1, 機能性を持つ農林水産物のデータベースの構築及び個人の健康状態に応じた栄養指導システムの開発)により実施したものであり、関係各位に感謝いたします。

(平成 28.9.30 受付)

文 献

- 1) 小島彩子, 尾関彩, 中西朋子, 佐藤陽子, 千葉剛, 阿部皓一, 梅垣敬三(2017)食品中ビタミンの調理損耗に関するレビュー(その1)(脂溶性ビタミン, ビタミンB₁, B₂, B₆, B₁₂), ビタミン **91**, 1-27
- 2) 岡本(安喜)秀己, 宮本梯次郎(1991)調理・加工による穀類中結合型ナイアシンの変化. 調理科学 **24**, 120-123
- 3) Sauberlich H (1985) Bioavailability of vitamins. *Prog Food Nutr Sci* **9**, 1-33
- 4) Aiso K, Tamura T (1998) Trienzyme treatment for food folate analysis: Optimal pH and incubation time for alpha-amylase and protease treatment. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* **44**, 361-370
- 5) 瀧本秀美, 田村庸信(2010)6.3.1 c. 食品中の葉酸の bioavailability (生体利用性). In 'ビタミン総合辞典' ed by 日本ビタミン学会編, pp. 299, 朝倉書店, 東京
- 6) 分部麻希, 村上千秋, 丸山武紀, 新谷いさお(2000)野菜ジュース調製時の還元型及び酸化型ビタミンCの変化. 日本調理科学会誌 **33**, 221-228
- 7) 宮本梯次郎, 守田久子, 伊丹磨智子(1956)調理によるニコチン酸の溶出に関する研究. 栄養と食糧 **9**, 143-145
- 8) 渡邊智子, 廣瀬理恵子, 安井明美(1999)無洗米とその米飯の成分挙動および嗜好性. 日本食品科学工学会誌 **46**, 731-738
- 9) Cheldelin VH, Woods AM, Williams RJ (1943) Losses of b vitamins due to cooking of foods. *J Nutr* **26**, 477
- 10) Watanabe E, Ciacco CF (1990) Influence of processing and cooking on the retention of thiamine, riboflavin and niacin in spaghetti. *Food Chem* **36**, 223-231
- 11) Page E, Hanning FM (1963) Vitamin B₆ and niacin in potatoes. Retention after storage and cooking. *J Am Diet Assoc* **42**, 42-45
- 12) Rumm-Kreuter D, Demmel I (1990) Comparison of vitamin losses in vegetables due to various cooking methods. *J Nutr Sci Vitaminol* **36**, Supplement1 S7-S15
- 13) 新妻弥生, 後藤英子(1991)調理操作による食品中のナイアシン損失率. 実践女子大学家政学部紀要 **28**, 137-140
- 14) Adams CE, Erdman J, Jr. (1988) Effects of home food preparation practices on nutrient content of foods. In 'Nutritional evaluation of food processing' ed by Karmas E Harris RS, pp. 557-605, Springer Netherlands,
- 15) Nisha P, Singhal RS, Pandit AB (2009) A study on degradation kinetics of niacin in potato (solanum tuberosum l.). *J Food Compos Anal* **22**, 620-624
- 16) Pai ML (1958) Influence of cooking on the nutritional value of foods. IV. Further data on thiamine, riboflavin and nicotinic acid content of cooked foods. *Indian J Med Res* **46**, 609-612
- 17) C. A. Heler, C. M. Mccay, C. B. Lyon (1943) Loses of vitamins in large-scale cookery. *J Nutr* **26**, 377
- 18) Alajaji SA, El-Adawy TA (2006) Nutritional composition of chickpea (cicer arietinum l.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. *J Food Compos Anal* **19**,

- 806-812
- 19) Chaturvedi A, Geervani P (1986) Bioavailability of niacin from processed groundnuts. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* **32**, 327-334
- 20) 田口寛 (1986) 各種食品中のキノリン酸, トリゴネリンおよびN1-メチルニコチンアミドの含量ならびに加熱によるそれらのニコチン酸, ニコチンアミドへの変換. *ビタミン* **60**, 537-546
- 21) Pai M (1957) Influence of cooking of the nutritional value of foods. II. Riboflavin, nicotinic-acid and ascorbic-acid content of some cooked foods. *Indian J Med Res* **45**, 635-643
- 22) Severi S, Bedogni G, Zoboli GP, Manzieri AM, Poli M, Gatti G, Battistini N (1998) Effects of home-based food preparation practices on the micronutrient content of foods. *Eur J Cancer Prev* **7**, 331-335
- 23) 田尻尚士 (1999) ダイズ太もやしの加熱処理による食品物性度と栄養成分含有量の変化. *日本食品科学工学会誌* **46**, 395-403
- 24) Badiani A, Stipa S, Bitossi F, Pirini M, Bonaldo A, Gatta PP, Rotolo M, Testi S (2013) True retention of nutrients upon household cooking of farmed portion-size european sea bass (*dicentrarchus labrax* l.) *LWT - Food Science and Technology* **50**, 72-77
- 25) 柴田克己 (1991) 素揚げによるニコチンアミドの損失. *日本家政学会誌* **42**, 423-426
- 26) Watanabe F, Goto M, Abe K, Nakano Y (1996) Characterization of niacin of skipjack tuna muscle and change of the niacin content during storage. *J Japan Soc Cold Preserva Food* **22**, 165-168
- 27) Gerber N, Scheeder MR, Wenk C (2009) The influence of cooking and fat trimming on the actual nutrient intake from meat. *Meat Sci* **81**, 148-154
- 28) Thomas MH, Brenner S (1949) Effect of electronic cooking on nutritive value of foods. *J Am Diet Assoc* **25**, 39-45
- 29) Everson GJ, Smith AH (1945) Retention of thiamine, riboflavin and niacin in deep fat cooking. *Science* **101**, 338-339
- 30) Schroeder HA (1971) Losses of vitamins and trace minerals resulting from processing and preservation of foods. *Am J Clin Nutr* **24**, 562-573
- 31) Han YH, Yon M, Hyun TH (2005) Folate intake estimated with an updated database and its association to blood folate and homocysteine in korean college students. *Eur J Clin Nutr* **59**, 246-254
- 32) Hurdle AD, Barton D, Searles IH (1968) A method for measuring folate in food and its application to a hospital diet. *Am J Clin Nutr* **21**, 1202-1207
- 33) Soongsongkiat M, Puwastien P, Jittinandana S, Dee-Uam A, Sungpuag P Testing of folate conjugase from chicken pancreas vs. Commercial enzyme and studying the effect of cooking on folate retention in thai foods. *J Food Compos Anal* **23**, 681-688
- 34) Bassett MN, Samman NC Folate content and retention in selected raw and processed foods. *Arch Latinoam Nutr* **60**, 298-305
- 35) Mckillop DJ, Pentieva K, Daly D, Mcpartlin JM, Hughes J, Strain JJ, Scott JM, McNulty H (2002) The effect of different cooking methods on folate retention in various foods that are amongst the major contributors to folate intake in the uk diet. *Br J Nutr* **88**, 681-688
- 36) Stea TH, Johansson M, Jägerstad M, Frølich W (2007) Retention of folates in cooked, stored and reheated peas, broccoli and potatoes for use in modern large-scale service systems. *Food Chem* **101**, 1095-1107
- 37) Xue S, Ye X, Shi J, Jiang Y, Liu D, Chen J, Shi A, Kakuda Y (2011) Degradation kinetics of folate (5-methyltetrahydrofolate) in navy beans under various processing conditions. *LWT - Food Science and Technology* **44**, 231-238
- 38) Delchier N (2013) Effects of industrial processing on folate content in green vegetables. *Food Chem* **139**, 815-824.
- 39) Leichter J, Switzer VP, Landymore AF (1978) Effect of cooking on folate content of vegetables. *Nutr Rep Int* **18**, 475-479
- 40) Delchier N, Reich M, Renard CMGC (2012) Impact of cooking methods on folates, ascorbic acid and lutein in green beans (*phaseolus vulgaris*) and spinach (*spinacea oleracea*). *LWT - Food Science and Technology* **49**, 197-201
- 41) Malin JD (1976) The significance of the 'free' folate content of foods is questioned [proceedings]. *Proc Nutr Soc* **35**, 143A-144A
- 42) 丹羽悠輝, 森山三千江, 大羽和子 (2007) 真空調理に伴う植物性食品の抗酸化機能成分の変化. *日本調理科学会誌* **40**, 257-265
- 43) 小坂四郎 (1956) 食品内ビタミンCの安定性に影響を与える因子-1-. *日大医学雑誌* **15**, 2293-2300
- 44) 柴田義衛 (1952) 調理による野菜中の vitamin C の変化. *栄養と食糧* **4**, 195-199
- 45) 長島和子 (1979) 電子レンジ加熱調理による野菜類のビタミンC含量の変化. *千葉大学教育学部研究紀要 第2部* **28**, 269-274
- 46) 久保田紀久枝, 桐渕壽子 (1978) 甘藷の加熱調理に関する研究(第3報)甘藷を加熱調理した際のビタミンCの変化. *家政学雑誌* **29**, 144-147
- 47) 中里トシ子, 田中礼子, 浅川寿恵 (1997) コンビネーションレンジによる甘藷の加熱: 甘藷の加熱調理によるビタミンC量の変化. *大妻女子大学紀要 家政系* **33**, 35-41
- 48) 岡芳子, 津村史子 (1990) 加熱調理時における甘藷のデンプン顆粒の形態, 色調, 硬度およびビタミンC, 遊離糖の変化について. *四国女子大学紀要* **9**, 75-86
- 49) 山口智子 (1998) 市販の生鮮野菜および調理加工済み野菜におけるビタミンC含量の実態調査. *日本家政学会誌* **49**, 1241-1247
- 50) 大宝明 (1956) ミキサー処理食品の栄養的効果の検討(第2報). *栄養と食糧* **9**, 303-305
- 51) 大羽和子, 藤江歩巳 (2004) 油脂を熱媒体とした野菜の加熱調理とビタミンC残存量. *名古屋女子大学紀要 家政・自然編* **50**, 35-43
- 52) 晴山克枝 (1984) ジャガイモの加熱調理におけるビタミンC含量の変化. *福島大学教育学部理科報告* **34**, 29-35
- 53) 大羽和子 (1988) 貯蔵, 切断および加熱調理に伴うジャガイモのビタミンC含量の変化. *日本家政学会誌* **39**, 1051-1057

- 54) 小柳達男, 上原敦子 (1981) ジャガイモ中アスコルビン酸の調理による変化. 常磐学園短期大学研究紀要 **10**, 81-83
- 55) 後藤たへ (1953) 調理器具の調理時中における微量溶出成分について (第 1 報). 栄養と食糧 **6**, 54-61
- 56) 森本喜代 (1962) ビタミン C の安定度に関する調理科学的研究 -2-. 栄養学雑誌 **20**, 57-65
- 57) 梶本五郎, 賀嶋千鶴子, 森田潤子 (1961) 変敗油の調理に及ぼす影響 (第 6 報) 揚げ物野菜中のビタミン C の分解について. 栄養と食糧 **13**, 317-320
- 58) 飯盛キヨ (1952) 調理と食品ビタミンの関係 (第一報): 果菜類の浅漬と糠味噌漬のビタミン C について. 佐賀大学 研究論文集 **2**, 165-176
- 59) 有木政博, 木谷洋子, 緒方友美, 谷口奈緒美, 宇多康子 (2007) 加熱処理によるゆず果汁中のビタミン C 減少に及ぼす還元剤の効果. 広島女学院大学生活科学部紀要 **14**, 33-46
- 60) 和泉真喜子, 齊藤洋子 (1984) 山菜のビタミン C 含量の調理による変動. 調理科学 **17**, 185-188
- 61) 一瀬義文 (1952) 野菜を水煮する場合のビタミン C の損失防止に関する研究 -1-. 長崎大学学芸学部自然科学研究報告 **2**, 37-44
- 62) 一瀬義文 (1953) 野菜を水煮する場合のビタミン C の損失防止に関する研究 -2・3-. 長崎大学学芸学部自然科学研究報告 **3**, 1-18
- 63) 宮川久瀬子, 西伸子 (1971) 電子レンジの調理科学的研究 蔬菜類のビタミン C の損失について. 大阪市立大学家政学部紀要 **18**, 15-18
- 64) 工藤豊, 安福英子, 西原良子 (1964) 食品中のビタミンの研究 (第二報): 蔬菜の調理加工及び容器によるビタミン C の破壊について. 京都女子大学食物学会誌 **10**, 3-8
- 65) 岡啓次郎, 藤原玲子, 中谷美栄子 (1970) 電子レンジの調理による食品中のビタミン C 含有量の変化その 1: キャベツ. 学習院女子短期大学紀要 **8**, 32-38
- 66) 森本喜代 (1962) ビタミン C の安定度に関する調理科学的研究 -1-. 栄養学雑誌 **20**, 16-47
- 67) 松沢九二雄, 森本喜代, 村川治子 (1956) 調理によるビタミン C の変化. 栄養学雑誌 **14**, 123-124
- 68) 城野世津子 (1985) 調理によるキャベツのビタミン C 損失 -2-. 宇部短期大学学術報告, p17-20
- 69) 一瀬義文, 馬場輝子 (1956) 野菜を水煮する場合のビタミン C の損失防止に関する研究 -4-. 長崎大学学芸学部自然科学研究報告 **5**, 17-19
- 70) 城野世津子 (1983) 調理によるキャベツのビタミン C の損失. 宇部短期大学学術報告 **20**, 71-73
- 71) 田所忠弘, 和田政裕, 山田和弘, 飯島健志, 馬場修, 狩俣貴清, 米安晟, 前川昭男 (1993) キャベツにおけるビタミンの損失率. 日本栄養・食糧学会誌 **46**, 175-178
- 72) 山中すみへ, 佐藤ひろみ, 西村正雄 (1974) 電子レンジ調理におけるビタミン C の損失. 立正女子大学紀要 **8**, 39-42
- 73) 福土俊一, 西村謙之助 (1957) 農家保存食の調理化学 (第 1 報): キャベツ漬物類のビタミン C について. 栄養と食糧 **9**, 335-336
- 74) 松沢九二雄, 森本喜代, 村川治子 (1958) 家庭調理に於けるビタミン C の損失について -2-. 栄養学雑誌 **16**, 31-33
- 75) 酒向史代, 森悦子, 勝田啓子 (1996) 市販中国野菜のビタミン C およびクロロフィルの加熱調理による変化. 日本調理科学会誌 **29**, 39-44
- 76) 後藤たへ, 有井昌子 (1955) 食品のビタミンに及ぼす各種金属イオンの影響 (第 2 報) 大根のビタミン C に及ぼす各種金属イオンの影響. 栄養と食糧 **7**, 208-211
- 77) 後藤たへ, 有井昌子 (1956) 食品のビタミンに及ぼす各種金属イオンの影響 第 3 報大根のビタミン C に及ぼす NaCl の影響. 栄養と食糧 **8**, 219-221
- 78) 天羽都留子 (1964) 大根中に含まれるビタミン C の調理過程における変化について. 大阪樟蔭女子大学論集 **2**, 39-52
- 79) 田島真理子 (1980) 紅葉卸におけるビタミン C 含有量の変化. 鹿児島大学教育学部研究紀要 自然科学篇 **32**, 3-40
- 80) 山田晃, 東矢直 (1952) 大根の調理化学的研究 (第 1 報) 人蔘による大根卸 vitamin C の変化について. 栄養学雑誌 **10**, 47-52
- 81) 田坂重元, 小林節子 (1956) 大根ビタミン C の調理による損失について. 栄養と食糧 **9**, 194-198
- 82) 島田保子 (1977) 玉ねぎの加熱調理による還元型ビタミン C および還元糖の含有量の変化 -5-. 東横学園女子短期大学紀要 **15**, 28-31
- 83) 遠藤マツエ (1969) 野菜類の保存や調理によるビタミンの変化 -1- 主としてピーマンのビタミン C について. 広島大学教育学部紀要 第四部 **18**, 19-25
- 84) Zhang D, Hamauzu Y (2004) Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chem* **88**, 503-509
- 85) 菅野栄, 中野初美 (1972) 緑色野菜のビタミン C と色におよぼす調理の影響について (第 1 報). 西南女学院大学研究紀要 **18**, 301-308
- 86) 工藤豊, 下村佐和子 (1958) ほうれん草の加熱によるビタミン C の消長. 京都女子大学食物学会誌 **4**, 8-11
- 87) 三宅紀子, 五十嵐歩, 酒井清子, 鈴木恵美子, 倉田忠男 (2007) 新潟県産トウナ (苔菜) 類のビタミン C およびポリフェノール含量について. 日本調理科学会誌 **40**, 173-178
- 88) 川村信一郎, 翁長君代, 新垣博子, 外間ゆき, 尚弘子, 友利知子, Kawamura S, Onaga K, Arakaki H, Hokama Y, Sho H, Tomori T (1962) 緑豆もやしの調理によるビタミン C の損失. 琉球大学農家政工学部学術報告 **9**, 322-326
- 89) Nicoli MC, Anese M, Parpinel MT, Franceschi S, Lerici CR (1997) Loss and/or formation of antioxidants during food processing and storage. *Cancer Lett* **114**, 71-74