

調理方法の違いによるアスコルビン酸の残存について

江崎好美¹・藤本喬²

Remainder of Ascorbic Acid after Cooking in Vegetable and Ham

Yoshimi ESAKI, Takashi FUJIMOTO

要 旨

8種類の食材を用いて、ブランチング、炒め物、煮物、煮込み、蒸し物の5種類の調理法によるアスコルビン酸(AsA)の変化についてモデル実験を行った。

- ・調理前の食材に含まれているAsA濃度を測定した結果、人参、ロースハム、じゃがいもの3種類が「4訂日本食品成分表」¹⁾に記載された数値と著しくかけ離れていた。
- ・水を使用しない炒め物や水の接触が少ない蒸し物では、71%～108%のAsAが残存していた。
- ・多量の水と接触するブランチングでは5～8割程度に減少し、流水で冷却すれば更に2割程度溶出していた。
- ・煮物や煮込みでは、試料から汁へのAsAの溶出は加熱時間に比例すること、また具と汁をあわせたAsA残存率は煮物で8割以上、煮込みで2～9割であり、分解消失したAsA量は少ないことがわかった。
- ・同じ調理法でも試料の種類により残存率に違いが見られた。特に、ブランチングではピーマンともやし、煮込みでは人参とじゃがいものAsA残存率が、他の試料に比べて低かった。その原因としては、試料に含まれるAsA量やその存在形態(酸化型・還元型の別)、或いはAsA酸化酵素のようなAsAを酸化する物質の存在が考えられた。

Key Words : 還元型アスコルビン酸 L-Ascorbic acid, 酸化型アスコルビン酸 Dehydro-ascorbic acid, 野菜 Vegetable, ハム Ham, 残存 Remainder

1 はじめに

平成8年度は、O-157が全国的に大流行した年であった。それ以来、当市の学校給食センターでは、生野菜の提供を止めブランチングした野菜を提供している。生野菜の提供を止めたことで安全性の向上は図られたが、その反面、ブランチング処理による栄養素の損失が気にかかる場所である。特に、水溶性且つ加熱や酸化等に対して不安定なアスコルビン酸(AsA)の損失は大きいものと考えられる。

食品中のAsAには、酸化型と還元型の存在が知られている。わが国では、酸化型アスコルビン酸(D-AsA)の生物学的ビタミンC効力は、還元型アスコルビン酸

(L-AsA)と同等に扱われている¹⁾が、D-AsAはL-AsAに比べて安定性が劣ることも事実である。

また、通常表している調理後における食品の栄養価は、食材の種類に関わらず「4訂日本食品成分表」¹⁾の値に一定の係数をかけて計算したものである。しかし、食材の種類や調理方法の違い、或いはD-AsAかL-AsAかという存在形態の違いなどによって、AsAの残存率が異なることは容易に想像される。計算上求めた栄養価と実際の栄養価の違いを把握することは、栄養指導上重要なポイントである。

そこで今回、使用頻度の高い食材を用いて、ブランチングを含めた5種類の調理法によるAsAの変化についてモデル実験を行ったので、結果を報告する。さらに、調理する前後のAsAの存在形態についても同時に調査したので併せて報告する。

1. 福岡市保健環境研究所 理化学課
(現所属 博多区衛生課)
2. 福岡市教育委員会 学校給食センター

II 方 法

1. 試 料：次の8種類の食材を実験当日に購入し、
試料に供した。

- 1) 使用頻度の高い野菜
たまねぎ, きゃべつ, きゅうり, 人参, もやし (ブ
ラックマッペ), ジャがいも
- 2) AsA の含有率の高い野菜：ピーマン
- 3) 食品添加物として AsA が添加されている加工食品
：ロースハム

2. 試 薬：下記以外の試薬は全て特級を用いた。

- 1) DL-ホモシステイン：Aldrich Chemical 製
- 2) L-AsA 標準原液
片山化学㈱製の L-AsA 標準品 100mg を精秤し、
2%メタリン酸溶液に溶かして全量を 100ml とし
標準原液とした。
標準液は、標準原液を 2%メタリン酸溶液でさら
に希釈して作成した。

3. 使用機器及びその条件

- 1) 調理鍋
 - ・ハウロウ両手鍋：ブランチング, 煮物, 煮込みに
使用した。
 - ・アルマイト製蒸し器：蒸し物に使用した。
 - ・ステンレス製中華鍋：炒め物に使用した。
- 2) 冷凍庫：SANYO MEDICAL FREEZER (-30℃)
- 3) ホモジナイザー：ポリトロン PT45-80
- 4) 高速液体クロマトグラフ：YANAKO L-2000

<測定条件>

カラム：Unisil Q NH₂ 5 μm 4.6 φ × 250mm
(GL Science 製)

移動相：アセトリル：10mM リン酸 1 かラム(8：2)

流速：0.5ml/min 波長：254nm

注入量：20 μl

4. 試料の調製

1) 試料の切り方

調理に使用した試料及びその切り方を表1に示し
た。

表1 調理に使用した試料及びその切り方

試 料	切 り 方	調 理 法 (○印のついた試料を使用した)				
		ブランチング	炒め物	煮 物	煮込み	蒸し物
たまねぎ	外皮をむき2等分にした後厚さ2mm幅に半月切り	○	○	○	○	
きゃべつ	外皮3枚の葉を捨て4等分に切り芯を除いた後 5mm幅に千切り	○	○	○	○	
きゅうり	2mm幅に輪切り	○	○			
人 参	2mm幅に輪切り	○	○	○	○	
ピーマン	ヘタと種をとり2mm幅に切る	○	○			
もやし	そのまま使用	○	○			
ロースハム	スライスハムを2等分し5mm幅に千切り ※・・・蒸し物は、スライスハムのまま使用	○	○	○	○	○*
じゃがいも	皮をむき2等分にした後厚さ2mm幅に半月切り ※・・・蒸し物は、皮をむいたまま使用		○	○	○	○*

2) ブランチング

ブランチングには、ジャガイモを除いた7種類を使用した。

表1に示した切り方で切った試料約300gを、600mlの沸騰水中で1分間強火で加熱し、ざるに取りあげた。これを3等分し、3通りの冷却方法で冷却後、AsA量を測定した。冷却方法は、次の3通りで行った。

冷却方法	①流水冷却	5分間
	②室温放置	10分間
	③冷凍庫放置	10分間

3) 炒め物

炒め物には、8種類の食材を使用した。

温めた中華鍋に5mlのサラダ油をしき、表1に示した切り方で切った試料約100gを1分間強火で炒め、皿に取りあげた。これを10分間室温で放置し、AsA量を測定した。

4) 煮物

煮物には、たまねぎ、きゃべつ、人参、ロースハム、じゃがいもの5種類を使用した。

表1に示した切り方で切った試料約200gを、400mlの沸騰水中で10分間中火で加熱後、ざるに取りあげ具と汁に分けた。これを10分間室温で放置し、それぞれのAsA量を測定した。

5) 煮込み

煮込みには、煮物と同様、たまねぎ、きゃべつ、人参、ロースハム、じゃがいもの5種類を使用した。

表1に示した切り方で切った試料約200gを、800mlの沸騰水中で中火で10分間、さらに弱火で50分間加熱し、ざるに取りあげ具と汁に分けた。これを10分間室温で放置し、それぞれのAsA量を測定した。

6) 蒸し物

蒸し物には、ロースハムとじゃがいもの2種類を使用した。

表1に示した切り方で切った試料約100gを蒸し器に入れ、じゃがいもは沸騰してから中火で30分間加熱し、ロースハムは沸騰してから中火で5分間加熱した。蒸し終わったら皿に取りあげ10分間室温で放置し、AsA量を測定した。

5. AsA量の測定方法

1) 試験溶液の調製

試料10～20gに2%メタリン酸溶液を加えてホモジナイズした後、茶こしを用いて固形物を取り除

いた。これを2%メタリン酸で100mlに定容後ろ紙濾過(TOYO No.5A)し、これを試験溶液とした。

2) 総アスコルビン酸(Total-AsA)の測定

吉田らの方法²⁾に準じてTotal-AsAを測定した。つまり、試験溶液をメンブランフィルター(0.45μm)でろ過し、そのうち2mlを試験管にとり、10%リン酸2ナトリウム溶液1mlでpH7に調整した。それに2%ホモシステイン溶液を1ml加え混合後、40℃の水浴中で20分間放置し、D-AsAをL-AsAに還元した。その反応液を高速液体クロマトグラフで測定し、定量値をTotal-AsA濃度とした。

3) D-AsAの測定

D-AsAは、Total-AsAからL-AsAを差し引いて求めた。L-AsAは、試験溶液を「食品中の食品添加物分析法」³⁾に記載されたインドフェノール滴定法に従って測定し、定量値をL-AsA濃度とした。

III 結果及び考察

1. 調理前の試料のAsA量について

今回実験に使用した8種類の食材について、調理前のAsA量を測定し、結果を表2に示した。

Total-AsAが一番多く含まれていたのはロースハムで、次いでピーマン、きゃべつの順であった。Total-AsA測定値と「4訂日本食品成分表」¹⁾に記載された数値を比較しその数値が著しくかけ離れていたのは、人参、ロースハム、じゃがいもの3種類であった。また、きゅうりとピーマン、ロースハム及びじゃがいもの計4種類からD-AsAが検出された。

表2 調理前の試料のAsA量 単位：ppm

試料	測定値		「食品成分表」 ¹⁾ に記載されたAsA量
	Total-AsA	D-AsA	
たまねぎ	60	(-)* ¹	70
きゃべつ	330	(-)	440
きゅうり	150	30	130
人参	30	(-)	60
ピーマン	770	80	800
もやし	90	(-)	80
ロースハム	1070	220	500
じゃがいも	80	30	230

*1 (-)は、10ppm未満である。

2. ブランチング

ジャガイモを除いた7種類を使用し、ブランチングによる AsA の残存率を調べた。その際、3通りの冷却方法を検討し、結果を表3と図1に示した。表中の AsA 量は、処理前の Total-AsA 濃度を 100 としたときの Total-AsA 量あるいは D-AsA 量である。

全試料に共通することは、3通りの冷却方法の中で最も Total-AsA 残存率の低かったものが流水冷却であり、室温放置と冷凍庫放置の Total-AsA 残存率にはあまり差がなかったことである。また図1からもわかるように、ピーマンやもやし以外の試料では、ブランチング後の Total-AsA の残存率が似通っており、流水冷却で5割前後、室温放置や冷凍庫放置で7割前後であった。

処理前に D-AsA を検出したピーマン、ロースハムについてみてみると、流水冷却では D-AsA はいずれも検出されなかったが、室温放置や冷凍庫放置では、ピーマンで3~4%、ロースハムで10~11%の D-AsA が検出された。図1に示したように、ピーマンやロースハムには、高濃度の D-AsA を含まれている。そのため、ブランチング処理した直後にはまだ D-AsA が残存していたが、さらに流水冷却すると D-AsA は洗い流されて消失したものと考えられる。

きゅうりの場合も、処理前に D-AsA が検出されたが、ブランチング処理後の D-AsA は、流水冷却や冷凍庫放置では検出されず、室温放置で検出された。流水冷却や冷凍庫放置で D-AsA が検出されなかったのは、きゅうりにはもともと D-AsA 量が少ないために、ブランチング処理の段階で全ての D-AsA が溶出してしまったのではないかと考えられた。では、なぜ室温放置では D-AsA

表3 ブランチングによる AsA 残存率

試料	処理方法	AsA 量 (%)	
		Total-AsA	D-AsA
たまねぎ	処理前	100	0
	流水冷却	55	0
	室温放置	78	0
	冷凍庫放置	71	0
きゃべつ	処理前	100	0
	流水冷却	59	0
	室温放置	74	0
	冷凍庫放置	66	0
きゅうり	処理前	100	19
	流水冷却	48	0
	室温放置	63	13
	冷凍庫放置	61	0
人参	処理前	100	0
	流水冷却	47	0
	室温放置	80	0
	冷凍庫放置	80	0
ピーマン	処理前	100	10
	流水冷却	24	0
	室温放置	46	3
	冷凍庫放置	50	4
もやし	処理前	100	0
	流水冷却	36	0
	室温放置	44	0
	冷凍庫放置	53	0
ロースハム	処理前	100	20
	流水冷却	38	0
	室温放置	64	11
	冷凍庫放置	65	10

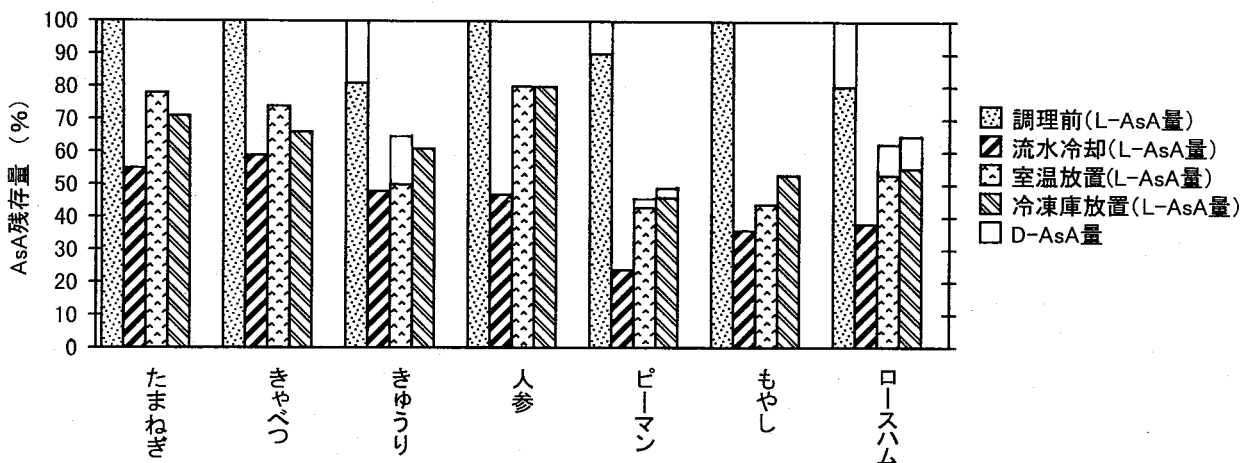


図1 ブランチングによるAsA残存率

が検出されたのか。きゅうりでの室温放置と冷凍庫放置の AsA 量をみてみると、冷凍庫放置では Total-AsA 量の 61 %は全て L-AsA であるが、室温放置では L-AsA と D-AsA の含量が Total-AsA 量の 63 %であることがわかる。これは、室温放置している間に、きゅうりに含まれている AsA 酸化酵素のような AsA を酸化する物質⁴⁾が、L-AsA を D-AsA に酸化したのではないかと考えられる。

3) 炒め物

8種類の食材を使用し、炒め物による AsA の残存量を調べた。結果を表4に示した。表中の AsA 量は、処理前の Total-AsA 濃度を 100 としたときの Total-AsA 量あるいは D-AsA 量である。

炒めた場合の Total-AsA 量は、ほとんどの試料で7~8割程度残存していたが、ロースハムは炒める前と変わらなかった。ロースハム中の AsA は、食品添加物として人為的に添加されたものがほとんどで、AsA 含有量が他の試料よりも著しく多いことも残存率に差が生じた要因ではないかと考えられる。

D-AsA 量については、炒める前に D-AsA を検出したきゅうり、ピーマン、ロースハム、じゃがいもでは、炒める前とあまり変わらなかった。しかし、もやしの場合、炒める前には存在していなかった D-AsA が、炒めたこ

表4 炒め物による AsA 残存率

試料		AsA 量 (%)	
		Total-AsA	D-AsA
たまねぎ	処理前	100	0
	処理後	82	0
きゃべつ	処理前	100	0
	処理後	84	0
きゅうり	処理前	100	12
	処理後	71	13
人参	処理前	100	0
	処理後	93	0
ピーマン	処理前	100	10
	処理後	84	12
もやし	処理前	100	0
	処理後	80	37
ロースハム	処理前	100	20
	処理後	101	19
じゃがいも	処理前	100	32
	処理後	77	43

とで生成しており、その量は Total-AsA 量の約半分を占めていた。

4) 煮物

たまねぎ、きゃべつ、人参、ロースハム、じゃがいもの5種類を使用し、煮物による AsA の残存量を調べた。結果を表5に示した。煮物は、具だけを食べる場合と汁まで全て食べる場合とが考えられるので、それぞれの AsA 濃度を測定し、絶対量に換算した。表中の AsA 量は、処理前の Total-AsA の絶対量を 100 としたときの Total-AsA 量あるいは D-AsA 量である。またカッコ内の値は、汁まで含めた場合の AsA 量である。

Total-AsA 量についてみてみると、試料の種類に関わらず具に5~6割、汁まで合わせると8割以上が残存していた。なかでもロースハムとじゃがいもでは、汁まで合わせれば AsA 量に全く変化がなかった。

D-AsA については、煮る前に D-AsA を検出したロースハムとじゃがいものみから検出されており、ロースハムで若干 D-AsA の生成がみられた。

5) 煮込み

煮物と同様、たまねぎ、きゃべつ、人参、ロースハム、じゃがいもの5種類を使用した。結果を表6に示した。煮込みも煮物と同様、具だけを食べる場合と汁まで全て食べる場合とが考えられるので、それぞれの AsA 濃度を測定し、絶対量に換算した。表中の AsA 量は、処理前の Total-AsA の絶対量を 100 としたときの Total-AsA 量あるいは D-AsA 量である。またカッコ内の値は、汁まで含めた場合の AsA 量である。

表5 煮物による AsA 残存率

試料		AsA 量 (%)	
		Total-AsA	D-AsA
たまねぎ	処理前	100	0
	処理後	53(89)	0(0)
きゃべつ	処理前	100	0
	処理後	53(95)	0(0)
人参	処理前	100	0
	処理後	60(83)	0(0)
ロースハム	処理前	100	21
	処理後	47(102)	11(36)
じゃがいも	処理前	100	32
	処理後	63(101)	13(20)

※ カッコ内は、汁まで含めた場合の AsA 量である。

煮物の結果(表5)と煮込みの結果(表6)を比較してみた。

まず Total-AsA 量を比較してみると、煮物に比べて煮込みでは具に1~4割、汁まで合わせても2~9割と低く、試料によるばらつきも大きかった。たまねぎやきゃべつでは、煮込むことでさらに AsA が具から溶けだし、具に残存する AsA 量は煮物の場合よりも減少していたが、汁まで含めると残存した AsA 量にはあまり差がなかった。しかし、人参やロースハム、じゃがいもでは、汁まで含めても AsA 量は煮物の場合よりも減少していた。特に、煮込みに使用することの多い人参やじゃがいもでは著しく減少しており、人参の場合、煮物では汁まで含めて83%のAsAが残存していたのに対し、煮込みでは24%しか残存していなかった。じゃがいもでは、煮物で101%であったのに対し、煮込みでは57%に減少していた。じゃがいもは、調理によるAsAの損失が少なく熱にも強いと言われているが、今回の結果では、必ずしもそうとはいえなかった。

次に D-AsA について比較してみると、煮物ではロースハムとじゃがいもの2種類から D-AsA が検出されたが、煮込みではロースハムからしか検出されなかった。また、検出された D-AsA のほとんどが、ロースハム自体ではなく汁に含まれていた。

表6 煮込みによる AsA 残存率

試料		AsA 量 (%)	
		Total-AsA	D-AsA
たまねぎ	処理前	100	0
	処理後	38(89)	0(0)
きゃべつ	処理前	100	0
	処理後	34(94)	0(0)
人参	処理前	100	0
	処理後	12(24)	0(0)
ロースハム	処理前	100	21
	処理後	20(81)	1(21)
じゃがいも	処理前	100	32
	処理後	22(57)	0(0)

※ カッコ内は、汁まで含めた場合の AsA 量である。

6) 蒸し物

ロースハムとじゃがいもの2種類を使用し、蒸し物による AsA の残存量を調べ、結果を表7に示した。表中の AsA 量は、処理前の Total-AsA 濃度を100としたときの Total-AsA 量あるいは D-AsA 量である。

ロースハムでは、蒸しても Total-AsA 量や D-AsA 量に変化はなかった。しかし、じゃがいもでは、Total-AsA 量は100%から73%に減少しており、その差は27%であった。D-AsA 量は39%から10%に減少しており、その差は Total-AsA 量の減少量とほぼ同じであった。つまり、じゃがいもでは、減少したのは D-AsA のみで L-AsA 量はほとんど変わらなかった。

このように、ロースハムとじゃがいもで差が生じたのは、設定した蒸し時間の違いと、D-AsA が L-AsA よりも不安定であるという化学的性質が原因であると考えられた。じゃがいもの場合、ロースハムより蒸しあがるのに時間がかかり、蒸し時間をロースハムの6倍に設定した。そのため、ハムのように短時間蒸す場合は AsA の喪失は起こりにくいが、じゃがいものように蒸し時間が長時間になると L-AsA よりも不安定な D-AsA から先に消失していくものと思われた。

表7 蒸し物による AsA 残存率

試料		AsA 量 (%)	
		Total-AsA	D-AsA
ロースハム	処理前	100	32
	処理後	108	33
じゃがいも	処理前	100	39
	処理後	73	10

IV ま と め

使用頻度の高い食材を中心に、ブランチング、炒め物、煮物、煮込み、蒸し物の5種類の調理法による AsA の変化についてモデル実験を行った。

その結果、水を使用しない炒め物や水の接触が少ない蒸し物では、7割以上の AsA が残存していた。多量の水と接触するブランチングでは5~8割程度に減少し、流水で冷却すれば更に2割程度溶出していた。煮物や煮込みでは、試料から汁への AsA の溶出は加熱時間に比例すること、また具と汁をあわせた AsA 残存率は煮物で8割以上、煮込みで2~9割であり分解消失した AsA 量が少ないことがわかった。

また、同じ調理法でも試料の種類により残存率に違いが見られた。特に、ブランチングではピーマンともやし、煮込みでは人参とじゃがいもの AsA 残存率が、他の試料に比べて低かった。その原因としては、試料に含まれる AsA 量やその存在形態(酸化型・還元型の別)、或いは AsA 酸化酵素のような AsA を酸化する物質の存在が考えられた。

以上のことから、計算上求めた栄養価と実際の栄養価に差が生じる原因としては、以下の2つが考えられた。

1. 調理前の食材に含まれる AsA 濃度が「4訂日本食品成分表」¹⁾に記載された数値と異なる場合
2. 調理方法によって予想以上の AsA が消失した場合

今回使用した食材のうち、「4訂日本食品成分表」¹⁾に記載された AsA 量と著しくかけ離れていたのは、人参、ロースハム、じゃがいもの3種類であった。ロースハムに含まれる AsA のほとんどは、食品添加物として人為的に添加されたものなので、差があるのは当然のことである。人参やじゃがいもの AsA 量は、季節や産地、栽培方法の違い、鮮度、保管状況などの違いによって異なるものと考えられ、今後調査していく必要がある。

今実験で使用した食材中の AsA には、食材由来と食品添加物由来の2種類があった。このような AsA の違いによって、体内への AsA の吸収率に差が生じるのか、気にかかるところである。また、ビタミンC効力のある食品添加物として知られている AsA エステル類についても、調理法の違いによって残存率が異なると予想され、AsA との吸収率の違いも興味のあるところである。

また、当市の学校給食センターでは、加熱を伴う献立の栄養価を算出する際には、熱損耗率 50 %を考慮している。しかし、今実験で行った調理方法のうち、熱損耗率が 50 %以上あると考えられるものは、ブランチング処理後流水冷却した場合と煮込んだ場合の2通りであっ

た。

現在、当市の学校給食センターでは、生徒1人あたりが1回の給食で摂取する AsA 量の目標値を、27mg に設定している。しかし、現在の栄養価の算出方法では、必ずしも実際の摂取量が目標値 27mg を達成しているとは限らない。十分な栄養指導を行うには、まず第1に、調理に使用する食材の AsA 量を把握することである。食材中の AsA は、季節によっても変動する可能性があるため、定期的に、搬入される食材中の AsA 量をチェックする必要があると思われる。

第2に考えられることは、それぞれの調理行為での AsA 残存率を把握し、調理毎の細かい計算を行うことで、より正確な栄養価を算出することである。コンピューター化の進んだ今日では、計算方法さえ確立されれば、複雑な計算でも容易に算出することができる。

またその一方で、AsA の残存率の高い調理方法を工夫することも大切であると考ええる。

文 献

- 1) 科学技術庁資源調査会編：4訂日本食品成分表，大蔵省印刷局，東京，1982
- 2) 吉田正晴 他：大阪府公衛所報，Vol 18, 37-42, 1987
- 3) 厚生省生活衛生局食品化学課：食品中の食品添加物分析法，357-365, 1989
- 4) 辻村卓 他：ビタミン，Vol 64, No.1, 27-35, 1990