

ゆで加熱条件下におけるエダマメ中の呈味成分およびビタミン C 含量の変動

Effect of Boiling on the Contents of Taste Compounds and Vitamin C in Edamame
(Vegetable Soybeans)三宅紀子*[§] 酒井清子* 五十嵐歩* 鈴木恵美子** 倉田忠男*

Noriko Miyake

Seiko Sakai

Ayumi Ikarashi

Emiko Suzuki

Tadao Kurata

It is considered that the taste compounds and vitamin C in edamame (vegetable soybeans) might be eluted or decomposed during the process of boiling because of their solubility in water and instability to heating. This study assesses the effect of boiling time (3-10 min) on the contents of the taste compounds and vitamin C in edamame. The contents of sugar and free amino acids, including the main taste components, sucrose, glutamic acid and alanine, did not significantly decrease during 7 min of boiling. Although the retention of total vitamin C in edamame after boiling for 7 min was more than 90%, that of edamame boiled for 10 min decreased to 85%. These results demonstrate that boiling edamame for 7 min did not significantly affect the contents of the taste compounds and vitamin C.

キーワード: エダマメ edamame (vegetable soybeans); 遊離アミノ酸 free amino acid; 糖 sugar; ビタミン C vitamin C; ゆで加熱 boiling

エダマメは夏の食材のひとつとして人々に親しまれている。新潟県は全国第2位の作付面積（2005年）¹⁾を誇る有数のエダマメの産地であり、早生から晩生まで各地域で様々な品種が栽培されている。エダマメは主にアジアで食されてきた食品であるが、最近健康によい野菜として米国などにおいても関心を集め始めており、機能性成分の研究^{1,2)}のみならず、嗜好性についての調査・研究も行われている^{3,4)}。エダマメは日本のみならず米国を始めとして世界的にも消費拡大の可能性のある食材であると考えられる。

消費者にも関心が高いエダマメの品質に関わる要素として、おいしさがあげられる。エダマメのおいしさには味、色、香り、テクスチャーなどが関わっていると考えられるが、そのなかでも呈味性に関しては遊離アミノ酸や糖が大きく関わっていると報告されている^{5,6)}。また完熟ダイズにはないエダマメに特徴的な栄養成分としてビタミンCがあげられ、食品成分表記載のエダマメ（生）の成分値は27 mg/100 gであり⁷⁾、ビタミンCの豊富な食材のひとつである。

エダマメは加熱調理が必要な食材であり、日本においてはゆで加熱が最も一般的な調理方法である。エダマメの調理過程での栄養性及び嗜好性に関与する成分含量の変動について明らかにすることは調理科学的にみても重要であると考えられる。これまでのエダマメの呈味成分に関する報

告においては黒大豆エダマメ以外の品種については3~12分のゆで時間が採用されており^{3,4,5,8)}、エダマメのゆで加熱による呈味成分の変化については生と3分間加熱したものの遊離アミノ酸、糖含量を調べ比較した報告はある⁸⁾が、ゆで加熱時間の違いによる成分含量への影響については報告が見当たらない。また、ビタミンCについてもエダマメ貯蔵中のビタミンC含量の変化を調べた報告^{9,10)}はあるが、食品成分表記載の成分値（生：27 mg/100 g, ゆで15 mg/100 g）⁷⁾以外に報告はない。

エダマメのゆで加熱過程においては、呈味成分や栄養成分の溶出や分解の可能性が考えられるため、ごく短時間の加熱が望ましいといわれているが、その裏づけとなる科学的なデータはあまり示されていない。本研究では呈味性に関わると考えられる成分として遊離アミノ酸および糖類、水溶性の栄養成分としてビタミンCをとりあげ、それらの含量に対するゆで加熱時間の影響についての知見を得ることを目的とする。

実験方法

1. 実験材料および試薬

エダマメ「サカナマメ（肴豆）」は2005年9月に、新潟県産と表示されているものを新潟市内の量販店で購入した。試薬は和光純薬工業(株)製の特級を用いた。

2. エダマメのゆで加熱

購入後直ちに茨つきエダマメの重量（約400 g）の10倍量の水をアルマイト製両手鍋（内径30 cm, 深さ12 cm）中で加熱し、沸騰後（水温97~98℃）にエダマメを投入し鍋のふたをして3~10分間加熱した。熱源は都市ガス（越後天然ガス；12 A, 40 MJ）を使用した。なおエダマメ投入後再沸騰までの時間は約10秒であった。加熱終了後直

* 新潟薬科大学
(Niigata University of Pharmacy and Applied Life Sciences)

** お茶の水女子大学
(Ochanomizu University)

[§] 連絡先 新潟薬科大学 応用生命科学部 〒956-8603
新潟市東島265-1
TEL 0250(25)5131 FAX 0250(25)5131

ちに氷上で急冷し、その後氷上で莢からマメを取り出し、抽出まで -30°C で保存した。

3. 遊離アミノ酸および糖類の定量

-30°C で保存したエダマメ(約50 g)をあらかじめ粉砕器(ミルサー IMF-77 G, 岩谷産業(株))を用いて粉砕し、そこから8 gをはかりとり80%エタノールを加えてポリトロンホモジナイザー(RT-2100, KINEMATICA)を用いて氷上でホモジナイズ(22,000 rpm, 2分間)し、遠心分離(4°C , 7,300 rpm, 10分間)後、上清を得た。なお抽出は2回繰り返し、上清を集めて50 mlに定容し、アミノ酸の分析にはpH 2.2クエン酸リチウム緩衝液(アミノ酸自動分析用, 和光純薬工業(株))を用いて適宜希釈後メンブレンフィルター($0.45\ \mu\text{m}$)で濾過して用い、糖類の分析には上清をメンブレンフィルターで濾過して用いた。

アミノ酸の定量はIshidaらの方法¹¹⁾により島津高速液体クロマトグラフ(C-R7A/LC-10A)アミノ酸分析システム(島津製作所(株))を用いて行った。分析条件は以下の通りである。カラム; Shim-pack Amino-Li ($6.0\times 100\ \text{mm}$, (株)島津製作所), 移動相; クエン酸リチウムを含有したpH 2.6及びpH 10.0の2液の移動相によるグラデーション法, 流速; $0.6\ \text{ml}/\text{min}$, 検出; オルトフタルアルデヒド誘導体化を用いた蛍光検出法(蛍光検出器; RF-10 AXL, (株)島津製作所, 励起波長; $350\ \text{nm}$, 蛍光波長; $450\ \text{nm}$)

糖類の定量は以下のように行った。カラム; Inertsil NH_2 ($4.6\times 150\ \text{mm}$ ジーエルサイエンス(株)), 移動相; アセトニトリル:水(85:15), 流速; $1.5\ \text{ml}/\text{min}$, 検出; 蒸発光散乱検出器(ELSD-LT, (株)島津製作所)を用いた。

4. ビタミンCの定量

生およびゆで加熱を行ったエダマメ約4 gをはかりとり5%メタリン酸を加えて乳鉢, 乳棒を用いて磨砕し, 遠心分離後(4°C , 5,500 rpm, 5分間), その上清をメンブレンフィルターで濾過し, HPLC分析に供した。アスコルビン酸(ASA)の定量はKurataら¹²⁾の方法により行った。カラム; Inertsil ODS-2 ($4.6\times 150\ \text{mm}$, ジーエルサイエンス(株)), 移動相; $10\ \mu\text{M}$ EDTA含有0.05 Mリン酸緩衝液(pH 2.3), 流速; $0.7\ \text{ml}/\text{min}$, 検出; 電気化学的検出器(ビー・イー・エス(株), 印加電圧; $500\ \text{mV}$)である。デヒドロアスコルビン酸(DASA)についてはメタリン酸抽出試料液にリン酸水素二カリウム溶液を添加し約pH 6に調整し, ジチオスレイトールによる還元反応を室温で5分間行い, 反応終了後メタリン酸溶液でpHを酸性に戻してHPLC分析に供し, 総ビタミンC(ASA+DASA)量を算出した。

5. 統計処理

実験結果は平均値 $\pm$ 標準偏差で表した。群間の有意差検定は一元配置分散分析とシェッフェの多重比較検定を行った。統計解析ソフトは「エクセル統計2004 for Windows」

(社会情報サービス(株))を使用した。

結果および考察

1. エダマメの遊離アミノ酸含量

エダマメの総遊離アミノ酸含量に対するゆで加熱時間の影響の結果を図1に示す。ゆで加熱を行ったエダマメの総アミノ酸含量は生のエダマメに比較して減少が見られ, これまでの報告⁸⁾と一致する。しかしながら加熱時間の影響については減少傾向が認められるものの3~7分間の加熱において統計的に有意な減少は認められず, 10分間加熱のもののみが3分間のものと比較して総遊離アミノ酸含量が有意に低下していた。今回試料に用いたエダマメの品種である‘サカナマメ’に比較的多く含まれていた遊離アミノ酸はアスパラギン(Asn), グルタミン酸(Glu), アラニン(Ala), γ -アミノ酪酸(GABA), ヒスチジン, アルギニン, セリンであり, 他に11種類の遊離アミノ酸が検出された。Asn, Glu, Alaはこれまでの報告においてもエダマメ中の主要な遊離アミノ酸として示されており^{5,6,8)}, 官能評価によりエダマメの呈味性とGlu含量には高い相関が認められると報告されている⁵⁾。生のエダマメにはAsn, Glu, Alaと同程度含まれていながらゆで加熱を行うことにより大きく減少していたのは呈味成分ではないが, GABAであった。しかしながらこのGABAも3~10分間の加熱時間においては変動しなかった。

次にとくに含量の高い主要なアミノ酸含量の変化を図2に示す。旨味を呈するAsn, Glu含量は10分間までの加熱において大きく変動は見られないが, 甘味を呈するAla含量は徐々に減少する傾向が見られ10分間加熱では3分間のものと比較して有意に減少していた。とくにエダマメの呈味性に大きく関わるといわれているGlu含量が10分

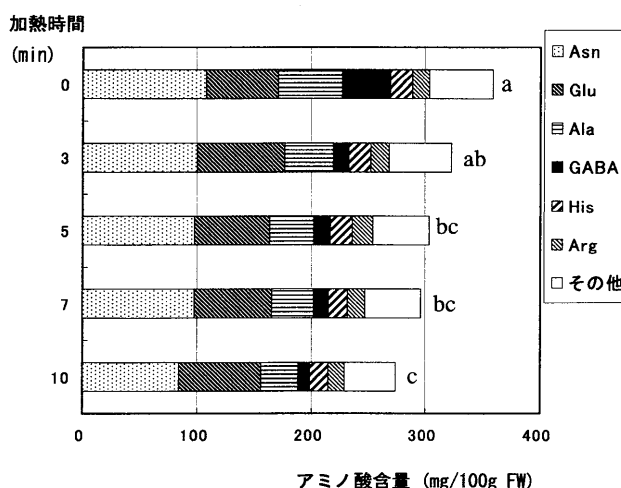


図1. エダマメ中の総遊離アミノ酸含量に対するゆで加熱時間の影響

$n=8$, 平均値を示す。

同じアルファベットのついたグループ間に有意差($p<0.05$)はない。(シェッフェの多重比較法)

ゆで加熱条件下におけるエダマメ中の呈味成分およびビタミン C 含量の変動

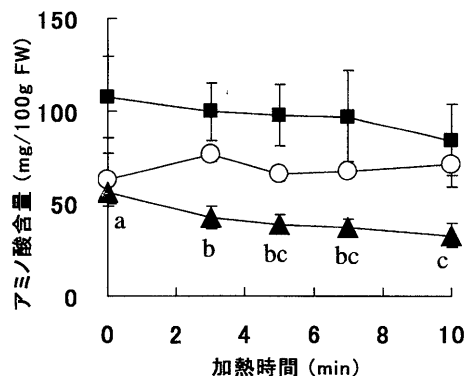


図2. エダマメ中の主要な遊離アミノ酸含量に対するゆで加熱時間の影響

■: Asn, ○: Glu, ▲: Ala

$n=8$, 平均値±標準偏差,

同一成分内で同じアルファベットのついたグループ間に有意差 ($p<0.05$) はない。(シェッフェの多重比較法)

間までの加熱で変動しなかったことは興味深い。このように、7分間以内の加熱時間では遊離アミノ酸含量に影響はなかった。

2. エダマメの糖含量

エダマメの糖類の含量に対するゆで加熱時間の影響の結果を図3に示す。エダマメにもっとも多く含まれた糖類はスクロースであり、その他フルクトース、グルコース、糖アルコールであるイノシトールが認められた。また生のエダマメには含有されないが、加熱後のエダマメにはスクロースと同程度含まれていた糖はマルトースである。マルトースはエダマメ中のデンプンが β -アミラーゼの作用により加熱中に生成するといわれている。大豆中の β -アミラーゼは熱安定性が高く、60℃で1時間加熱後70%の活性が残存している¹³⁾。このマルトースの生成により総糖量はゆで加熱により増加するが、3~10分間の加熱時間においては大きく変動しなかった。10分間くらいまでの加熱時間であれば糖類の含量には影響しなかった。

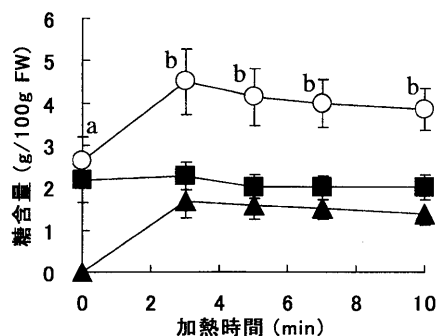


図3. エダマメ中の総糖量および主要な糖含量に対するゆで加熱時間の影響

○: 総糖量, ■: スクロース, ▲: マルトース

$n=8$, 平均値±標準偏差,

同一成分内で同じアルファベットのついたグループ間に有意差 ($p<0.05$) はない。(シェッフェの多重比較法)

表1. エダマメ中のビタミン C 含量に対するゆで加熱時間の影響

加熱時間 (min)	ASA (mg/100 g FW)	総ビタミン C (ASA + DASA) (mg/100 g FW)
0	24.8±2.8	27.0±1.7 ^a
3	27.0±1.7	26.6±1.7 ^a
5	25.5±2.0	26.5±1.3 ^{ab}
7	25.2±4.6	24.1±2.0 ^{ab}
10	21.2±4.6	23.4±2.7 ^{bc}

$n=8$, 平均値±標準偏差, 同じ列の同じアルファベットのついた平均値間に有意差 ($p<0.05$) はない。(シェッフェの多重比較法)

3. エダマメのビタミン C 含量

エダマメのビタミン C 含量に対するゆで加熱時間の影響の結果を表1に示す。生のエダマメの ASA および総ビタミン C 含量はそれぞれ 24.8 ± 2.8 , 27.0 ± 1.7 mg/100 g FW であり, DASA はほとんど含まれていなかった。これまでの報告^{9,10)} にほぼ近い値であった。また, ゆで加熱によりビタミン C の大きな減少は見られず, 7分間加熱においても約90%のビタミン C が残存していたが, 10分間加熱では ASA および総ビタミン C 含量はそれぞれ 21.2 ± 4.6 , 23.4 ± 2.7 mg/100 g FW を示し, 約85%のビタミン C 残存率となり, 7分間以内の加熱と比較すると有意に低下した。

以上の結果から, 7分間以内のゆで加熱時間において呈味成分およびビタミン C 含量は大きく変化しなかった。本研究によりゆで加熱によるエダマメの成分の変動についてのデータが示されたが, エダマメの嗜好性にはテクスチャーや香りなどの味以外の要因も関わる。今後, 嗜好的に好ましい加熱時間については官能評価も含めてさらに検討が必要であると考えている。

要 約

エダマメの3~10分間のゆで加熱において以下のような結果が得られた。

1. 遊離アミノ酸含量について Glu, Asn など大きく変動しなかったが, 総遊離アミノ酸および Ala は加熱時間が長くなるほど低下する傾向が見られ, 10分間加熱では有意な減少も認められた。
2. 糖類含量についてエダマメの主要な糖であるスクロースをはじめとして大きな変動は認められなかった。
3. ビタミン C 残存率は7分間まで約90%以上という高い残存率であったが, 10分間加熱では約85%の残存率に低下した。

従って7分間以内のゆで加熱時間では, エダマメの呈味成分およびビタミン C は保持されていることが示された。

実験に協力いただいた新潟薬科大学応用生命科学部 伊藤代志子さん, 青柳友絵さん, 三鬼秀実さん, 宮沢健太郎さんに感謝します。遊離アミノ酸含量の測定に際し, ご協

力いただきました(株)大庄 総合科学新潟研究所に感謝いたします。

文 献

- 1) Simonne A. H., Smith M., Weaver D. B., Vail T., Barnes S., and Wei C. I. (2000), Retention and changes of soy isoflavones and carotenoids in immature soybean seeds (Edamame) during processing, *J. Agri. Food Chem.*, **48**, 6061-6069
- 2) Mebrahtu T., Mohamed A., Wang C. Y., and Andebrhan T. (2004), Analysis of isoflavone contents in vegetable soybeans, *Plant Foods Hum. Nutr.*, **59**, 55-61
- 3) Young G., Mebrahtu T., and Johnson J. (2000), Acceptability of green soybeans as a vegetable entity, *Plant Foods Hum. Nutr.*, **55**, 323-333
- 4) Kelley K. M. and Sanchez E. S. (2005), Accessing and understanding consumer awareness of and potential demand for edamame, *Hortscience*, **40**, 1347-1353
- 5) 増田亮一, 橋詰和宗, 金子勝芳 (1998), 冷凍枝豆の食味に及ぼす収穫後の貯蔵期間の影響, *日食工誌*, **35**, 763-770
- 6) Yanagisawa Y., Akazawa T., Abe T., and Sasahara T. (1997), Changes in free amino acid and Kjeldahl N concentration in seeds from vegetable-type and grain-type soybean cultivars during the cropping season, *J. Agric. Food Chem.*, **45**, 1720-1724
- 7) 文部科学省科学技術・学術審議会 資源調査分科会編 (2005), 「五訂増補 日本食品成分表」, 独立行政法人国立印

刷局, 東京, p. 68

- 8) 阿部利徳, 氏家隆光, 笠原健夫 (2004), 生およびゆでエダマメの遊離アミノ酸および糖含量の品種間差異, *食科工*, **51**, 172-176
- 9) 生野世方子 (1987), エダマメの品質保持に関する研究, *家政誌*, **38**, 1057-1062
- 10) 森山三千江, 大羽和子 (2000), 未熟豆の冷却貯蔵にともなうビタミンC量の変化に及ぼす莢の影響, *家政誌*, **51**, 15-21
- 11) Ishida Y, Fujita T, and Asai K. (1981), New detection and separation method for amino acids by high-performance liquid chromatography, *J. Chromatogr.*, **16**, 143-148
- 12) Kurata, T., Suzuki, E., Hayashi, M. and Kaminao, M. (1998), Physiological role of L-ascorbic acid in rats exposed to cigarette smoke, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **62**, 842-845
- 13) 戸塚篤史, 深澤親房 (1998), ダイズ β -アミラーゼの構造と機能, *応用糖質科学*, **45**, 207-214

引用 URL

- i) http://www.maff.go.jp/www/info/1704-1803_year.html 農林水産省, 農林水産統計データ, 平成 17 年産「指定野菜に準ずる野菜」の作付面積, 収穫量及び出荷量 (主たる収穫・出荷期間が 17 年 12 月までの品目)

(平成 18 年 10 月 23 日受付, 平成 19 年 2 月 26 日受理)

和文抄録

エダマメ中の呈味成分やビタミン C は水溶性や不安定な化合物であるためゆで加熱中に分解したり, 溶出したりすると考えられてきた。本研究の目的はエダマメ中の呈味成分およびビタミン C 含量に対するゆで時間 (3-10 分) の影響を調べることである。主要な呈味成分であるスクロース, グルタミン酸, アラニンなどの糖および遊離アミノ酸含量は 7 分間以内のゆで加熱では著しい減少は認められなかったが, 10 分間ゆで加熱では総遊離アミノ酸とアラニンが有意に減少した。総ビタミン C は 7 分間以内のゆで加熱では 90% 以上が残存していたが, 10 分間加熱では 85% に減少した。従って 7 分間以内のゆで加熱時間ではエダマメの呈味成分およびビタミン C 含量はあまり影響を受けないことが明らかになった。