‘大和マナ’の異なる生育時期, 大きさ, 部位および調理法における アンジオテンシンⅠ変換酵素阻害活性と糖含量の変動

浅尾浩史^{1*}・西本登志¹・間島いつか²・奥田まみ子²・鷺田和人²・野本享資²

¹ 奈良県農業総合センター 634-0813 橿原市四条町

² 奈良県中小企業支援センター 630-8031 奈良市柏木町

Changes in Angiotensin-I Converting Enzyme Inhibitory Activity and Sugar Content of ‘Yamato-mana’ in Different Growing Seasons, Sizes, Parts, and Cooking Methods

Hiroshi Asao^{1*}, Toshi Nishimoto¹, Itsuka Mashima²,
Mamiko Okuda², Kazuto Washida² and Kyosuke Nomoto²

¹Nara Prefectural Agricultural Experiment Station, Kashihara, Nara 634-0813

²Nara Prefectural Small & Medium Sized Enterprises Support Corporation, Kashiwagi, Nara 630-8031

Abstract

We investigated inhibitory activities on angiotensin I-converting enzyme (ACE) and sugar content, which affect taste, during different growing seasons and in different sizes, parts, and cooking methods of ‘Yamato-mana’. Although the ACE inhibitory activity did not differ among different growing seasons, it was about twice as high in the leaf blade than in the petiole. ACE inhibitory activity in an individual plant increased with leaf age in the leaf blade and petiole. In the flower bud, the activity was as high as that in the leaf blade. Regarding the ACE inhibitory activity in relation to various cooking methods, it became higher than the baseline level after steaming and boiling with seasoning, although this activity was decreased by boiling (discarding the cooking water), and only slightly changed by pickling in salt or pickling with seasoning. The sugar content was higher in the crop that had been exposed to low temperatures for a long period during the growing season. The sugar content in the leaf blade and petiole decreased with leaf age, and the residual ratio of sugars was high after steaming. Coupled with the fact that steaming increased ACE inhibitory activity, steaming is considered suitable for preparation of ‘Yamato-mana’. That ACE inhibitory activity and sugar content of a large plant and flower bud, which was previously discarded, were the same as that in the leaf blade and petiole. This information will be useful in new product development.

Key Words : blood pressure, residual ratio of sugars, steaming

キーワード : 血圧, 蒸し, 糖残存率

緒 言

高血圧は, 日本人の三大成人病のうちの心臓病と脳卒中の大きな原因となっている。血圧の調節メカニズムは複雑であるが, 食事(食品成分)と関係が深いとされ, それにはレニン・アンジオテンシン系が関与すると考えられている。腎臓から分泌されたレニンが, 肝臓から血中に遊離されたアンジオテンシンノーゲンに働き, 昇圧活性の低いアンジオテンシンⅠを生成する。肺中に多く分布するアンジオテンシンⅠ変換酵素(ACE)は, このアンジオテンシンⅠを昇圧活性の高いアンジオテンシンⅡに変換する。従っ

て, 血中へ移行する成分で, この ACE を阻害する作用を示すものは, 血圧降下作用を示すと考えられる(村元・河村, 1991)。各種食品の ACE 阻害活性については多くの研究が行われており, ACE 阻害活性物質としてペプチド(Guang・Phillips, 2009)やニコチアナミン(青柳, 2007)などが報告されている。また, 食品に存在する ACE 阻害活性成分は摂取する際に加熱調理に安定で, 体内への吸収も比較的容易な低分子であることが示唆されている(鈴木ら, 1983)。

最近, 奈良県では‘大和マナ’(*Brassica rapa* L. Oleifera Group)を大和の伝統野菜と認定し, 生産・販売支援に力を注いでいる。‘大和マナ’はツケナの一様で, 青葉(1964)は奈良県の在来品種と位置づけている。ダイコンの葉に類似した葉身部に不規則な楕円形をした頭葉と翼葉を有する形状の葉を持ち, 青菜独特のえぐみが少なく, 生食や加熱など様々な料理法に適用できる長所を有している。特に冬の低温にあたると甘みが増す(木矢, 2006)ことから, 奈良県下で

2010年8月3日 受付. 2010年10月20日 受理.

本研究は JST, 奈良県地域結集型研究開発プログラムにおいて実施した。

* Corresponding author. E-mail: asao@naranougi.jp

は好まれて食べられてきた。今後、‘大和マナ’の生産を拡大するには、生育時期や調理法などがACE阻害活性のような機能性や食味を左右する糖含量に及ぼす影響を明らかにすることが重要である。さらに、通常の青果物として販売する以外に、漬け物などの加工食品や葉以外の花器部の商品化ができれば、生産振興につながると考えられる。

そこで、異なる生育時期、大きさ、部位および調理法における‘大和マナ’のACE阻害活性と糖含量を検討した。

材料および方法

1. 異なる生育時期と大きさにおけるACE阻害活性と糖含量の変動(実験1)

‘大和マナ’(ナント種苗)を2008年9月19, 22, 26および30日に播種して同年10月28日に収穫した区と、同年10月17, 20, 23および28日に播種して2009年1月6日に収穫した区を設けた。それぞれの区において、30(M), 40(L), 50(2L)および60 cm(3L)の草丈別および葉身と葉柄の部位別にし、供試材料とした。栽培は条間15 cm, 株間7.5 cmの4条植えとし、10 a当たり成分量で窒素15 kg, リン酸15 kgおよびカリウム15 kgを元肥として施用した。

2. 地上部、地下部および花器部におけるACE阻害活性と糖含量の変動(実験2)

2008年11月11日に播種した‘大和マナ’自殖第2代系統(YM6-7系統)を2009年1月28日に収穫し、本葉第1~2葉の葉身と葉柄、本葉第3~5葉の葉身と葉柄、未展開葉、胚軸および根に分けて供試材料とした。また、2008年11月11日に播種した‘大和マナ’F₁系統(No. 20系統)について、2009年3月22日に未開花の花穂をサンプリングし、苞、花茎および花蕾に分けて供試材料とした。栽培は条間15 cm, 株間7.5 cmの4条植えとし、10 a当たり成分量で窒素15 kg, リン酸7.5 kgおよびカリウム11.3 kgを元肥として施用した。

3. 各種調理法におけるACE阻害活性と糖含量の変動(実験3)

2008年11月11日に播種した2種類の‘大和マナ’F₁系統(No. 3系統, No. 20系統)を2009年1月21~29日に収穫し、蒸し、ゆで、煮浸し、塩漬け(1および7日間)および調味漬け(1および7日間)の調理を施し、供試材料とした。栽培は条間15 cm, 株間7.5 cmの4条植えとし、10 a当たり成分量で窒素15 kg, リン酸7.5 kgおよびカリウム11.3 kgを元肥として施用した。なお、調理法における詳細は以下の通りである。蒸しは、3分間蒸し器で蒸した。ゆでは、重量比20倍量の水道水で2分間ゆで、約30秒間常温の水道水に浸した後、水分を絞り取った。煮浸しは、重量比6倍量の水道水(3L)に対して30 gのだしの素(シマヤ)と100 mLの淡口醤油(ヒガシマル)を添加した出し汁で、2 cm×4 cmに切断した油揚げ20片とともに5分間ゆでた。塩漬けは、漬け物器具内で等重量の6.0%の食塩水と混ぜて鎮圧し、冷蔵庫(5℃)で1あるいは7日間静置

した。調味漬けは、漬け物器具内で等重量の市販の浅漬け用調味料と混ぜて鎮圧し、冷蔵庫(5℃)で1あるいは7日間静置した。

4. ACE阻害活性の測定

サンプルを凍結乾燥後、粉碎した粉末に20倍量の蒸留水を加え、40℃で30分間振とう(100 rpm)し、その後遠心分離(3,000 g, 10分間)により得た上澄みを原液とした。原液を段階的に希釈した試料溶液を、ACE kit-WST(同仁化学研究所)によるACE阻害活性の測定に用いた(浅尾ら, 2010)。ACE kit-WSTは、3-Hydroxybutyryl-Gly-Gly-Gly(3HB-GGG)から切りだされてくる3-Hydroxybutyric acid(3HB)を酵素法により検出する方法であり、マイクロプレートリーダー(iMark, BIO-RAD)で450 nmの吸光度を測定した。なお、ACE阻害活性は、50%阻害するために必要な試料濃度をIC₅₀値(mg・mL⁻¹)として算出した。なお、3株を1サンプルとして3反復し、Tukey-Kramer法による多重検定を行った。

5. 糖含量の測定

サンプルを凍結乾燥後、粉碎した粉末に20倍量の蒸留水を加え、80℃で1時間振とう(100 rpm)し、その後遠心分離(3,000 g, 10分間)により得た上澄みを1/10希釈して試料溶液とした。この試料溶液をF-キットD-グルコース/スクロース/フルクトース(J.K. インターナショナル)を用いて酵素反応させ、340 nmの吸光度を測定してスクロース、グルコースおよびフルクトースの含量を算出した(浅尾ら, 2010)。なお、3株を1サンプルとして3反復し、Tukey-Kramer法による多重検定を行った。

結 果

1. 異なる生育時期と大きさにおけるACE阻害活性と糖含量の変動(実験1)

生育時期にかかわらず、葉身のACE阻害活性(IC₅₀は0.106~0.148 mg・mL⁻¹)は葉柄のACE阻害活性(IC₅₀は

第1図 異なる生育時期と大きさにおける‘大和マナ’のACE阻害活性
 図中の縦棒は標準偏差 (n=3)
 異なる文字間には Tukey-Kramer 法により 5%水準で有意差あり

第2図 異なる生育時期と大きさにおける‘大和マナ’の糖含量
全糖含量の異なる文字間には Tukey-Kramer 法により 5 %水準で有意差あり

第3図 地上部、地下部および花器部における‘大和マナ’の ACE 阻害活性
図中の縦棒は標準偏差 (n = 3)
異なる文字間には Tukey-Kramer 法により 5%水準で有意差あり

0.183 ~ 0.317 mg · mL⁻¹) と比較して 2 倍程度高く、2008 年 10 月 28 日収穫の葉柄および 2009 年 1 月 6 日の葉身において M と 3L を比較すると、3L の方が高い ACE 阻害活性を示した (第 1 図)。しかし、生育時期が異なっても、同じ大きさの葉身あるいは葉柄の ACE 阻害活性に相違はなかった。一方、生育期間に長期間低温にさらされた 1 月 6 日収穫の糖含量は、10 月 28 日収穫の糖含量の約 3 ~ 4 倍で、フルクトースとグルコースが糖の大部分を占めていた (第 2 図)。また、生育時期にかかわらず、葉柄の糖含量は葉身の糖含量の約 3 ~ 4 倍であった。なお、10 月 28 日に収穫した株の生育期間中 (9 月下旬 ~ 10 月下旬) の平均気温は、19.9°C であった。一方、1 月 6 日に収穫した株の生育期間中 (10 月下旬 ~ 1 月上旬) の平均気温は 11.0°C であり、特に、生育期間後半 (12 月上旬 ~ 1 月上旬) の平均気温は 7.6°C と 10°C を下回る低温であった。

第4図 地上部、地下部および花器部における‘大和マナ’の糖含量
全糖含量の異なる文字間には Tukey-Kramer 法により 5 %水準で有意差あり

第5図 各種調理法における‘大和マナ’の ACE 阻害活性
図中の縦棒は標準偏差 (n = 3)
異なる文字間には Tukey-Kramer 法により 5%水準で有意差あり

2. 地上部、地下部および花器部における ACE 阻害活と糖含量の変動 (実験 2)

‘大和マナ’の葉身の ACE 阻害活性を詳細に調査したところ、未展開葉の IC₅₀ は 0.176 mg · mL⁻¹、本葉第 3 ~ 5 葉は 0.147 mg · mL⁻¹、本葉第 1 ~ 2 葉は 0.108 mg · mL⁻¹ となった (第 3 図)。葉柄では、本葉第 3 ~ 5 葉の葉柄の IC₅₀ は 0.253 mg · mL⁻¹、本葉第 1 ~ 2 葉は 0.180 mg · mL⁻¹ と、葉齢が進むに従って ACE 阻害活性は高まった。また、花蕾の ACE 阻害活性 (IC₅₀ は 0.115 mg · mL⁻¹) は、本葉第 1 ~ 2 葉の葉身と同程度であった。一方、糖含量は葉身、葉柄ともに若い葉組織程有意に高く、花茎 (0.364 g · g⁻¹DW) で顕著に高かった (第 4 図)。胚軸と根に含まれる糖はスクロースとグルコースがほとんどで、フルクトースはほとんど認められなかった。この糖構成割合は、スクロース含量が少ない葉身、葉柄および花器部と比較すると、大きく異なっていた。

第6図 各種調理法における‘大和マナ’の糖含量
全糖含量の異なる文字間には Tukey-Kramer 法により 5%水準で有意差あり

3. 各種調理法における ACE 阻害活性と糖含量 (実験 3)

調理前 (No. 3 の IC_{50} は $0.280 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, No. 20 の IC_{50} は $0.230 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$) と比較して、蒸すと若干 ACE 阻害活性は高まり (No. 3 の IC_{50} は $0.196 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, No. 20 の IC_{50} は $0.222 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)、煮浸しにすると ACE 阻害活性は 2 倍以上高まった (No. 3 の IC_{50} は $0.104 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, No. 20 の IC_{50} は $0.082 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$) (第5図)。しかし、ゆでると顕著に ACE 阻害活性は低下した (No. 3 の IC_{50} は $0.394 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, No. 20 の IC_{50} は $0.451 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)。塩漬けと調味漬けでは、漬ける期間にかかわらず、ACE 阻害活性は調理前とほとんど変わらなかった。一方、糖含量はいずれの調理法でも減少した (第6図)。No. 3 と No. 20 の糖の残存率の平均は、蒸しで 87.1%、ゆでで 74.2%、煮浸しで 48.0%であった。特に、塩漬け (7日間) および調味漬け (7日間) での糖含量の減少は大きく、No. 3 と No. 20 の糖の残存率の平均はそれぞれ 34.5% と 36.3%であった。

考 察

実験 1 で用いた集団採種の‘大和マナ’ (ナント種苗) よりも、実験 2 と 3 で用いた自殖系統や F_1 系統のほうが個体間差が小さいであろうと期待して供試材料を選定した。いずれの系統においても ACE 阻害活性、糖含量ともに同様な値であったことから、実験 1, 2 および 3 の測定値を比較できると考えられる。

異なる生育時期における‘大和マナ’の ACE 阻害活性を調査したところ、2008 年 10 月 28 日収穫区と 2009 年 1 月 6 日収穫区の間には、ほとんど相違はなかった。これは、‘大和マナ’と同じ *B. rapa* L. である‘中島菜’において、播種時期や収穫時期を変えても ACE 阻害活性に差がないという報告 (三輪・吉村, 1998) と一致した。また、いずれの収穫区においても葉身の ACE 阻害活性は葉柄よりも 2 倍程度高く、これはサツマイモ葉の ACE 阻害活性が葉柄より

も高いという結果 (石黒ら, 2007) と同様な傾向であった。そこで、同じ植物体の葉身と葉柄において、葉齢によって ACE 阻害活性が変化するのか調査したところ、葉身、葉柄ともに葉齢が進むに従って ACE 阻害活性は高まる傾向にあった。以上の結果から、青果物としては M サイズが一般に流通しているが、大株でも ACE 阻害活性は十分維持されているか、あるいは多少 ACE 阻害活性が高まることが判明した。‘大和マナ’を漬け物や青汁として利用する場合、通常の青果物よりも大きなサイズで収穫した方が単位面積当たりの収量が増加する点で有利であり、大きなサイズの収穫物の ACE 阻害活性が通常の大サイズのものと同等であったことは、商品化に向けて望ましい結果である。また、最近‘大和マナ’の花器部が商品化されていることから、部位別の ACE 阻害活性を調べたところ、花茎や花蕾が葉身と同程度の ACE 阻害活性を示した。この点は新しい知見であり、機能性から見ても花茎や花蕾の利用価値は高い。これまで報告されている ACE 阻害活性を示す植物の IC_{50} 値は、モロヘイヤが $1.15 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ (荒川ら, 1996)、キノコが $0.06 \sim 2.25 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ (伊澤・青柳, 2006)、豆類が $0.06 \sim 0.58 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ (伊澤ら, 2008)、ヤマトトウキが $0.12 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ (浅尾ら, 2010) である。これらと比較しても、‘大和マナ’の ACE 阻害活性の程度に遜色はなかった。

次に、調理法の違いによる ACE 阻害活性を調査した。調理前と比較して、ACE 阻害活性は蒸しと煮浸しで高まり、ゆでで低くなり、塩漬け (1 および 7日間) と調味漬け (1 および 7日間) ではほとんど変化がなかった。ゆでで ACE 阻害活性が低くなったのは、モロヘイヤ (荒川ら, 1996) や‘中島菜’ (三輪・吉村, 1998) で報告されているように、水溶性の ACE 阻害物質が溶出したためであると考えられる。また、だしの素に含まれているかつお節の IC_{50} 値は $0.24 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ であり、淡口醤油の IC_{50} 値は $2.75 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ であることから (岡本・柳田, 1997)、煮浸しによって ACE

阻害活性が約 2.8 倍に上昇したのは、添加しただしの素と淡口醤油によるものであると考えられる。蒸すと ACE 阻害活性が高まるのは興味深い現象だが、その原因は不明であり、ACE 阻害活性物質を同定すればその手掛かりが得られると考えられる。‘大和マナ’と同じアブラナ科植物であるブロッコリーから、ACE 阻害活性物質としてトリペプチド (Tyr-Pro-Lys) が単離されている (Lee ら, 2006)。

一方、糖含量は栽培時期の影響が大きいことがハウレンソウで報告されており (和泉ら, 2008), ‘大和マナ’でも木矢 (2006) が報告しているように、生育時期に長期間低温にさらされた株は高い糖含量を示した。また、葉身と葉柄の糖含量は葉齢が進む程少なくなり、ACE 阻害活性とは全く逆の傾向を示した。ハウレンソウの場合、ゆで時間が長くなれば糖含量が減少して食味が劣化するとされており、糖の残存率は 1 分間のゆでで 87%, 3 分間のゆでで 72%とされている (山田ら, 1999)。本研究での ‘大和マナ’における糖の残存率は、2 分間のゆでで 74.2%, 5 分間の煮浸しで 48.0%となった (第 6 図)。しかし、3 分間の蒸しでの糖の残存率は 87.1%と高かった。

以上のように、青果物である ‘大和マナ’の機能性や食味を考慮した料理法としては、蒸しが適していると考えられる。一方、従来の青果物以外の販売形態として考えられる加工用大株 ‘大和マナ’の ACE 阻害活性や糖含量は、従来の大きさの株と同等であった。また、これまで商品化されていなかった花器部の ACE 阻害活性は葉身や葉柄と同等であり、花茎の糖含量は他の部位と比較して高かった。これらの研究成果は、伝統野菜である ‘大和マナ’を材料として新たな商品開発を行ううえで、有用な情報になるであろう。

摘 要

‘大和マナ’の異なる生育時期、大きさ、部位および調理法におけるアンジオテンシン I 変換酵素 (ACE) 阻害活性と食味に影響する糖含量について調査した。生育時期が異なっても ACE 阻害活性は変わらなかったが、葉身の ACE 阻害活性は葉柄の 2 倍程度高かった。また、同じ植物体であっても葉齢が進むに従って、葉身と葉柄の ACE 阻害活性は高まった。さらに、花蕾は葉身と同程度の ACE 阻害活性を示した。調理法の違いによる ACE 阻害活性を調べたところ、調理前と比較して、ACE 阻害活性は蒸しと煮浸しで高まり、ゆでで低くなり、塩漬けと調味漬けではほとんど変化がなかった。一方、生育時期に長期間低温にさらされた収穫区で高い糖含量を示し、葉身と葉柄の糖含量は葉齢が進む程減少した。また、蒸しでの糖残存率は高く、蒸しが ACE 阻害活性を高めることを考え合わせると、‘大和マナ’の調理法としては蒸しが適していると考えられた。これまで利用されていなかった大株や花器部において、ACE 阻害活性と糖含量が葉身や葉柄と同程度であったことは、新たな商品開発において有用な情報になるであろう。

引用文献

- 青葉 高. 1964. 本邦そ菜在来品種の地理的分布と分類に関する研究. (第 4 報) ツケナ在来品種の分類と地理的分布について. 園学雑. 32: 65–72.
- 青柳康夫. 2007. 植物成分ニコチアナミンとその類縁体のアンジオテンシン -I 変換酵素阻害機能. 食生誌. 18: 15–18.
- 荒川彰彦・小林貞博・岡本将宏. 1996. モロヘイヤの栄養成分および抽出液がアンジオテンシン I 変換酵素に及ぼす影響. 滋賀農試研報. 37: 37–42.
- 浅尾浩史・間島いつか・奥田まみ子・鷺田和人・小村 啓・野本享資. 2010. ヤマトトウキの調製過程におけるアンジオテンシン I 変換酵素 (ACE) 阻害活性と品質の変化. 近畿中国四国農研. 17: 11–16.
- Guang, C. and R. D. Phillips. 2009. Plant food-derived angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides. J. Agr. Food Chem. 57: 5113–5120.
- 石黒浩二・吉元 誠・鏑田仁人・高垣欣也. 2007. サツマイモ茎葉の血圧降下作用. 食科工誌. 54: 45–49.
- 伊澤華子・青柳康夫. 2006. キノコのアンジオテンシン I 変換酵素 (ACE) 阻害活性. 食科工誌. 53: 459–465.
- 伊澤華子・吉田 望・白貝紀江・青柳康夫. 2008. 豆類のニコチアナミン含量とアンジオテンシン I 変換酵素阻害活性. 食科工誌. 55: 253–257.
- 和泉眞喜子・高屋むつ子・堀江秀樹・木矢博之. 2008. 秋期ハウレンソウの品種、栽培条件、生育期間の違いによる有機酸や糖含量の変動および茹で調理による変化、食味との関連. 調科誌. 41: 126–133.
- 木矢博之. 2006. 冬季におけるツケナ類の収量および品質関連成分. 奈良農技セ研報. 37: 19–24.
- Lee, J.-E., I. Y. Bae, H. G. Lee and C.-B. Yang. 2006. Tyr-Pro-Lys, an angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptide derived from broccoli (*Brassica oleracea Italica*). Food Chem. 99: 143–148.
- 三輪章志・吉村香奈子. 1998. 中島菜のアンジオテンシン I 変換酵素阻害能について. 石川農総研報. 21: 45–51.
- 村元 学・河村幸雄. 1991. 米タンパク質と米タンパク質由来の抗血圧昇性 (アンジオテンシン変換酵素阻害) ペプチド. 食品工業. 34: 18–26.
- 岡本章子・柳田藤治. 1997. ダイズ発酵食品の機能性—アンジオテンシン変換酵素阻害能と高血圧抑制作用を中心として—. 食品工業. 40: 70–79.
- 鈴木建夫・石川宣子・目黒 熙. 1983. 食品中のアンジオテンシン I 変換酵素阻害能について. 農化誌. 57: 1143–1146.
- 山田千佳子・渡邊容子・吉田企世子. 1999. ハウレンソウのゆで調理におけるシュウ酸、硝酸および還元糖含量の変化. 女子栄養大紀要. 30: 135–140.