

アスパラガスの規格外部分(切り下)の機能性成分含量 および抗酸化活性

Functional Components and Antioxidative Activities of the Non-standard Part of Asparagus

安田みどり、齋木まど香、八谷 正明、山田 雅隆、齋藤 圭佑
熊谷とも子、原 功、早田 文、寺尾 和士

Midori Yasuda, Madoka Saiki, Masaaki Hatiya, Masataka Yamada, Keisuke Saito
Tomoko Kumagai, Isao Hara, Aya Souda, Kazusi Terao

アスパラガスの規格外部分（切り下）の機能性成分含量 および抗酸化活性

安田みどり、齋木まど香、八谷 正明¹、山田 雅隆¹、齋藤 圭佑¹
熊谷とも子¹、原 功²、早田 文²、寺尾 和士³

西九州大学健康栄養学部健康栄養学科、佐賀農業協同組合 JA さが営農振興部¹、
株式会社ジェイエイビバレッジ佐賀商品開発室²、鹿島市産業活性化施設海道しるべ³

（平成27年2月25日受理）

和文要旨

アスパラガスの規格外部位である“切り下”を機能性素材として有効利用するために、切り下に含まれる機能性成分の分析および抗酸化活性の評価を行った。その結果、食物繊維が可食部の1.3倍含まれていることが明らかになった。一方、総ポリフェノールやルチンは上部ほど多く含まれ、切り下にはあまり含まれていないことが分かった。また、遊離アミノ酸は、アスパラギン、アルギニン、アラニン、グルタミン酸、アスパラギン酸が含まれ、特に、アスパラギンが最も多く含まれていた。グルタミン酸を除いては部位の違いはあまりなく、切り下にも多く含まれていることが明らかになった。アスパラガスの抗酸化活性は、上部ほど高く、ポリフェノール含量に依存して高くなったが、緑茶と比べて著しく低い値であった。しかし、アスパラガスの切り下を粉末にすることで、機能性成分含量や抗酸化活性が増大し、保存性も高まることから、高付加価値食品の開発に役立つ素材となることが期待される。

キーワード：アスパラガス、ポリフェノール、ルチン、遊離アミノ酸、抗酸化活性

1 緒 言

アスパラガス (*Asparagus officinalis* L.) は、ユリ科の多年草で、地中海東部が原産地である。日本へは明治の初めに北海道に導入された。佐賀県にアスパラガスが導入されたのは昭和29年で、鳥栖市で試験的に栽培されたのが始まりとされる¹⁾。その後、国の減反政策、雨よけハウスの導入、夏場までの収穫期間の延長により、生産量は飛躍的に伸び、県全体にアスパラガス栽培が普及していった。県内の各地にアスパラガスの選果場も建てられ、機械による自動選捕捉別も行われている。これらの試みにより、佐賀県でのアスパラガスの生産量は年々増加し、平成25年度の佐賀県におけるアスパラガスの出荷量は、2,860 t で北海道に次ぐ全国第2位となった²⁾。一方、作付面積は127 ha で全国第11位であったものの、10 a 当たりの出荷量は日本一であり²⁾、効率的で安定的な営農法として、全国的にもよく知られている。

アスパラガスは長さ約27 cm で収穫され、選果場にて出荷規格である25 cm に切りそろえられ、県内外に出荷される。その際に廃棄される約2 cm の根元の硬い部分(以下、切り下とする)は、出荷量の10%を占める。しかし、切り下は非常に硬く、生食に用いるのは困難であるため、そのほとんどを生産農家が持ち帰り、廃棄している。農家の廃棄コストを削減し、所得向上につなげるため、切り下の有効利用が強く望まれている。

アスパラガスには、抗酸化性を示すポリフェノールが含まれ、その中でも特にルチンが多く含まれていることが報告されている³⁻⁵⁾。ルチンは、ソバに多く含まれ、ケルセチンをアグリコンとするフラボノイド配糖体(図1)で、毛細血管の抵抗性を高め、透過性増大を抑制するビタミンP様作用を有している⁶⁾。また、多くのアミノ酸も含まれる。特に、アスパラガスから抽出されたことから名前の由来となったアスパラギンが多く含まれている。アスパラギンは、運動時の持久力維持効果⁷⁾や疲労改善効果⁸⁾が認められていることから、サプリメントとしても利用されている。本研究では、アスパラガスの切り下やその乾燥物に機能性成分がどの程度含まれるか、また、抗酸化活性について調べ、機能性素材として活用できるかについて検討を行った。

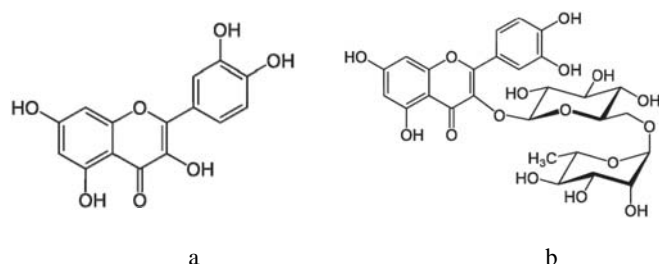


図1. ケルセチン (a), ルチン (b) の構造

2 実 験

2.1 試料

実験に用いたアスパラガスは、佐賀県神埼郡吉野ヶ里町にて平成26年7月中旬に収穫されたもの(品種: ウェルカム、栽培方法: ハウス栽培、基部の太さ: 1.0~1.5 cm)であった。生の試料については、出荷規格の長さ(25 cm)を3つに等しく切り、上部から、上、中、下とし、規格外の根元部分(2 cm)を切り下とした。また、食品素材として用いる際にパウダー状である方が保存性や利便性に適していると考え、遠赤外法および凍結乾燥法にて乾燥を行った。遠赤外法は、切り下を遠赤外線食品乾燥機(MH 4A、明城製作所)に入れ、50、72時間乾燥を行った。また、凍結乾燥法は、真空凍結乾燥機(FDU 1200、東京理化学器械株式会社)にて-30での予備凍結を24時間行い、-50で72時間の凍結乾燥を行った。さらに、ミルサー(IFM 620DG、岩谷産業株式会社)にてそれぞれパウダー状に粉碎した。また、加工素材として利用するため、ピューレ状のもの(以下、ピューレとする)も次のように作成した。切り下を洗浄し、98で5分間ブランチングを行い、フードプロセッサー(FP 55、コンエアー・ジャパン合同会社)にて5分間ホモジナイズした。

ケルセチンはシグマ製(純度98%)、ルチンは和光純薬製の標準品(純度95%)を用いた。アミノ酸は、PIERCE製H型アミノ酸標準溶液、アスパラギンについてはアスパラギン-水和物(特級、和光純薬)を用いた。

2.2 一般成分の分析

アスパラガスの切り下について、一般成分(水分、たんぱく質、脂質、炭水化物、灰分、食物繊維)の含有量およびエネルギーを調べた。水分は減圧加熱乾燥法⁹⁾、たんぱく質はケルダール法¹⁰⁾、脂質は酸分解法¹¹⁾、灰分は直接灰化法¹²⁾、食物繊維は酵素-重量法¹³⁾にて分析し、炭水化物は100から水分、たんぱく質、脂質、灰分の値を差し引いて求めた。エネルギーは、栄養表示基準によるエネルギー換算係数を用いて算出した¹⁴⁾。なお、これらの分析は、一般財団法人日本食品分析センターに委託した。乾燥粉末の水分含量は、水分計(MA35、ザルトリウス・ジャパン株式会社)を用いて測定した。

2.3 総ポリフェノールの分析

試料の抽出方法は、以下のとおりである。生の試料は、フードプロセッサー(NJAC01KD、株式会社オークローンマーケティング)にてホモジナイズしたものをい、乾燥粉末はそのまま用いた。試料500 mg(乾燥粉末試料は50 mg)を精秤し、15 ml容のディスポシリンジに入れ、0.1%リン酸を含む90%メタノール水溶液10 ml

を加えた。超音波洗浄機にて1時間抽出後、室温にて1昼夜放置した。その後、遠心分離(3000 rpm、15分)を行い、メンブランフィルター(0.45 µm)にてろ過を行った。抽出は、それぞれ3回ずつ行い、成分分析等に供した。

試料中の総ポリフェノール含量は、フォーリン・チオカルト法¹⁵⁾にて調べた。分析方法は、試料溶液100 µl、フェノール試薬100 µlをマイクロチューブに入れて撹拌後、3分間放置した。10%炭酸ナトリウムを100 µl加え、よく混ぜ、60分間放置し、その後遠心分離(3000 rpm、15分)を行った。その上清200 µlをマイクロプレートにとり、マイクロプレートリーダーにて吸光度(750 nm)を測定した。標準物質としてケルセチンを用い、100 g当たりのケルセチン含量として求めた。

2.4 ケルセチンおよびルチンの分析

試料は、2.3にて抽出したものを使用した。ケルセチン、ルチンの分析は、HPLCを用いて行った¹⁶⁾。分析条件は、カラム; 資生堂製のCAPCELLPAK UG120、カラム温度; 30、移動相; 2.5%酢酸:メタノール:アセトニトリル=70:10:20%(v/v)、流速; 1 ml/min、検出; UV-Vis 検出器(350 nm)であった。

2.5 遊離アミノ酸の分析

試料500 mg(乾燥粉末試料は200 mg)を精秤し、15 ml容のディスポシリンジに入れ、0.1%リン酸10 mlを加えた。超音波洗浄機にて1時間抽出後、室温にて1昼夜放置した。その後、遠心分離(3000 rpm、15分)を行い、上清0.5 mlとリン酸緩衝溶液(pH 6.8)0.5 mlを混ぜ、限外ろ過法にて除タンパクを行った。すなわち、ミリポア製のUltrafree-MC遠心式フィルターユニット(UFC LCC)に抽出液約400 µlを入れ、低温で5000 × gにて30分間遠心分離を行った。このろ液を試料溶液とし、さらにメンブランフィルター(0.45 µm)にてろ過を行った。以上の操作をそれぞれの試料につき、3回繰り返した。

さらに、試料をAccQ・Tag法¹⁷⁾にて標識化を行い、HPLC分析を行った。今回は、アスパラガスに含まれる主な遊離アミノ酸であるアラニン(Ala)、アルギニン(Arg)、アスパラギン(Asn)、アスパラギン酸(Asp)、グルタミン酸(Glu)について分析を行った。

2.6 抗酸化活性の評価

抗酸化活性の評価に用いた試料は、2.3にて抽出したものをを用いた。評価方法は、1,1ジフェニル2ピクリルヒドラジル(DPPH)を用いたDPPHラジカル捕捉活性法¹⁵⁾にて行った。抗酸化活性は、サンプル1 g当たりのDPPH単位(1 µmolのトロロックスに相当するDPPHラジカル消去能)にて示した。

3 結果及び考察

3.1 一般成分

切り下に含まれる一般成分の含有量およびエネルギーを表1に示す。比較として、日本食品標準成分表の可食部のアスパラガス(若茎、生)の値を示している¹⁸⁾。切り下は可食部の水分、脂質、灰分はほとんど変わらなかったが、たんぱく質が半分であった。また、切り下の炭水化物の含有量は可食部よりも多く、そのうち切り下の食物繊維は、可食部の約1.3倍であった。切り下は可食部のアスパラガスに比べ、食物繊維の補給に役立つことが分かった。乾燥粉末に含まれる水分を測定した結果、遠赤外線乾燥および凍結乾燥ではそれぞれ、16.9 ± 0.6、15.4 ± 0.5 g/100 gとなり、あまり差は認められなかった。

3.2 ポリフェノール

アスパラガス試料中の総ポリフェノール、ケルセチン、ルチンの含有量を調べた結果を表2に示す。部位別では、アスパラガスの上部ほど総ポリフェノール含量が多いことが明らかになった。しかし、下部と切り下は同様の値であった。また、乾燥粉末では、凍結乾燥よりも赤外線乾燥の方がより多く含まれていた。

試料中のケルセチンはほとんど含まれていなかった。一方、ルチンは、総ポリフェノールと同様に、上部ほど多く含まれていた。アスパラガス中には、アグリコンであるケルセチンはほとんど含まれておらず、配糖体のルチンとして含まれていることが明らかとなった。乾燥したそばの全粒粉のルチン含量は、13.6 mg/100 gとの報告¹⁹⁾があり、アスパラガスの上部はそばの全粒粉と同等、さらに、切り下の乾燥粉末はそれ以上含まれていることが明らかとなった。また、乾燥方法については、凍結乾燥の方が赤外線乾燥より多く含まれていた。総ポリ

表1. 切り下に含まれる一般成分の含有量およびエネルギー

試料	エネルギー (kcal)	g/100 g					
		水分	たんぱく質	脂質	炭水化物	灰分	食物繊維
可食部* (若茎、生)	22	92.6	2.6	0.2	3.9	0.7	1.8
切り下	27	92.8	1.3	Tr	5.4	0.5	2.3

*引用文献¹⁸⁾の値

表2 . アスパラガスに含まれるポリフェノールの含有量

No	部位	形状	乾燥方法	含有量 (mg/100 g)		
				総ポリフェノール	ケルセチン	ルチン
1	上	生	-	57 ± 1	0.1 ± 0.0	11.0 ± 0.1
2	中	生	-	31 ± 2	-	3.0 ± 0.1
3	下	生	-	19 ± 2	-	1.3 ± 0.1
4	切り下	生	-	21 ± 4	-	1.1 ± 0.3
5	切り下	粉末	遠赤外線	590 ± 25	-	20.8 ± 0.8
6	切り下	粉末	凍結	391 ± 56	-	28.2 ± 1.8
7	切り下	ピューレ	-	17 ± 2	-	1.8 ± 0.0

フェノールでは、赤外線乾燥の方が多く含まれていたことから、熱により、高分子のポリフェノールが低分子化し、そのモル数が増加したためとも考えられる。さらに、ピューレでは、総ポリフェノール、ルチンともに生の切り下と同等の値となり、ブランチングによる影響はなかった。

アスパラガス中のルチン含量は、季節による変動が大きいとされ、春先が最も多く、その後気温が高くなるとともに減少することが報告されている²⁰⁾。これは、気温が高くなるとともにアスパラガスの成長が早まるが、ルチンの生成量がそれに追いつけず、結果的に含有量が低下すると考えられている。また、気温や光によるストレスにより、抗酸化物質であるルチンをはじめとするポリフェノールが消費され、減少すると考えられる。品種、栽培方法、基部の太さにも影響され、例えば、ハウス栽培より露地栽培、基部の太さは細いほどルチン濃度が高いことも明らかにされている⁵⁾。今回の試料は、7月中旬に採取したものであったため、春先に比べて低い値であると考えられる。先に述べたとおり、ルチンには毛細血管の強化作用など様々な機能性を有することから、加工食品の素材として利用するには、ルチンを効率よく摂取するためにできるだけ春に収穫したアスパラガスの切り下を用いた方がよいと思われる。

3.3 遊離アミノ酸

アスパラガスに含まれる主な5つの遊離アミノ酸について分析した結果を図2に示す。最も多く含まれていた遊離アミノ酸は、Asnであった。これは、田村らの報告²¹⁾と一致し、含有量も同等の値であった。Asnは、アスパラガスから発見されたアミノ酸で、様々な機能性⁷⁻⁸⁾があることが分かっている。Asnは部位による違いはあまりみられず、切り下でも多く含まれていた。Argは上部よりも中部や下部に多く、Alaは上部に多く含まれていたが、大きな違いはなかった。Gluは、上部ほど多く含まれ、切り下は上部の約1/4の含量であった。Gluは、旨味を示すアミノ酸であることから、一般的に上部の方が美味しいとされるのはこのことが一因であると考えら

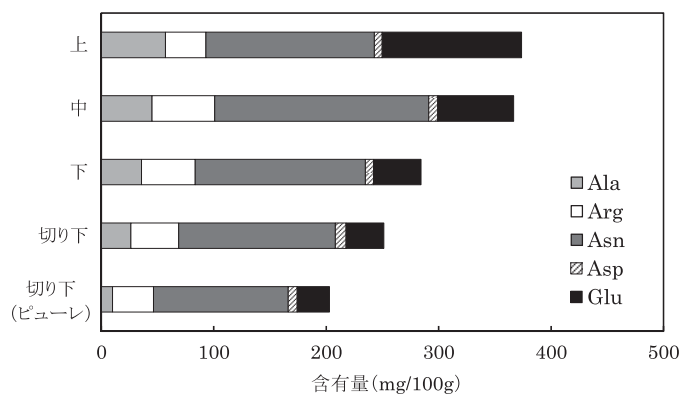


図2 . アスパラガスに含まれる遊離アミノ酸の含有量

れる。Aspについては、他のアミノ酸に比べて少なく、部位別の違いもあまりみられなかった。切り下のピューレについては、生の切り下よりも、全体的に遊離アミノ酸が減少した。ブランチングを行ったことにより、アミノ酸が茹で汁の方へ溶出したためではないかと考えられる。

アスパラガスの乾燥粉末に含まれるアミノ酸は、遠赤外線乾燥、凍結乾燥それぞれ、Ala ; 276 ± 35、294 ± 9 mg/100g、Arg ; 516 ± 124、325 ± 40 mg/100g、Asn ; 1420 ± 300、2640 ± 14 mg/100 g、Asp ; 138 ± 21、279 ± 17 mg/100 g、Glu ; 318 ± 44、738 ± 37 mg/100 g となった。Alaはどちらの方法でも同じような値で、Argは遠赤外線乾燥の方が多く含まれていた。Asn、Asp、Gluは凍結乾燥の方が約2倍多く含まれていた。この要因については不明であるが、遠赤外線による長時間の熱の影響ではないかと考えられる。

3.4 抗酸化活性

アスパラガスのDPPHラジカル捕捉活性を調べた結果を表3に示す。標準試料としてとして用いたケルセチンおよびルチンのDPPHラジカル捕捉活性は、それぞれ4485 ± 23、1686 ± 59 μmol TE/gであった。標準物質と比較すると、アスパラガスはいずれも著しく低い値であった。部位の違いによるDPPHラジカル捕捉活性は、総ポリフェノールやルチン含量に依存していることが分かった。乾燥粉末については、生の試料よりも18~43倍

表3 . アスパラガスのDPPH ラジカル捕捉活性

No	部位	形状	乾燥方法	DPPH ラジカル捕捉活性* ($\mu\text{mol TE/g}$)
1	上	生	-	0.17 \pm 0.00
2	中	生	-	0.10 \pm 0.01
3	下	生	-	0.04 \pm 0.00
4	切り下	生	-	0.04 \pm 0.00
5	切り下	粉末	遠赤外線	0.72 \pm 0.04
6	切り下	粉末	凍結	1.70 \pm 0.22
7	切り下	ピューレ	-	0.05 \pm 0.01

* サンプル1g当たりのDPPH単位(1 μmol のトロロックスに相当するDPPHラジカル消去能)

のDPPHラジカル捕捉活性を示した。また、凍結乾燥の方が遠赤外線よりも2倍以上高くなった。低温での乾燥により、ルチンなどのポリフェノールやビタミンなどの抗酸化物質の酸化や分解等を防いだためと考えられる。ピューレについては、生の試料の下部や切り下と同程度であった。Takano-Ishikawaら²²⁾によると、数種の緑茶のDPPHラジカル捕捉活性は、1098~1376 $\mu\text{mol TE/g}$ であり、ポリフェノール含量との相関が認められたと報告している。アスパラガスは、緑茶に比べると著しく低い抗酸化活性であったが、ポリフェノールとの相関が示唆されることから、先にも述べたとおりできるだけ春先のポリフェノールの多い切り下を用いた方がよいことがうかがえる。

このように、アスパラガスの切り下の抗酸化活性は低い値であったが、抗酸化活性以外の生理機能性についても調べ、より付加価値の付いた加工食品の開発に繋げていきたいと考えている。また、生の試料を用いるよりも乾燥粉末(遠赤外線乾燥よりも凍結乾燥)にすることで、機能性成分や機能性が増大し、保存性も高まることから、生の試料をすぐに乾燥する工程およびコストが必要であると思われる。以上のことより、切り下という未利用資源を有効活用することにより、農家の所得向上はもとより、6次産業化や産学官連携の促進、ひいては地域の活性化に繋がることに期待したい。

4 謝 辞

本研究は、平成26年度文部科学省「地(知)の拠点整備事業」の助成を受けて実施されたものである。

5 引用文献

- 1) 北御門聖二：月報野菜情報、5、1(2010)
- 2) 農林水産省：平成25年度作物統計調査(野菜)(2013)
- 3) T. Maeda, H. Hakuta, T. Sonoda, S. Motoki, R. Ueno, T.

Suzuki, K. Osawa: *Hort. Science*, **40**, 1221 (2005)

- 4) 鈴木卓、前田智雄、大澤勝次、P. Sporns：園芸学会雑誌、73別2、434(2004)
- 5) 前田智雄：北海道大学大学院農学研究科邦文紀要、27、269(2005)
- 6) 高屋幾夫：食品工業、33、10(1990)
- 7) A. H. Jr. Lancha, M. B. Recco, D. S. Abdalla, R. Curi: *Physiol. Behav.*, **57**, 367 (1995)
- 8) M. L. Marquezi, H. A. Roschel, A. dos Santa Costa, L. A. Sawada, A. H. Jr. Lancha: *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Med. tab.*, **13**, 65 (2003)
- 9) 安本教傳、竹内昌昭、安井明美、渡邊智子：“五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアル”、p.13(2006)(建帛社)
- 10) 安本教傳、竹内昌昭、安井明美、渡邊智子：“五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアル”、p.22(2006)(建帛社)
- 11) 安本教傳、竹内昌昭、安井明美、渡邊智子：“五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアル”、p.32(2006)(建帛社)
- 12) 安本教傳、竹内昌昭、安井明美、渡邊智子：“五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアル”、p.54(2006)(建帛社)
- 13) 安本教傳、竹内昌昭、安井明美、渡邊智子：“五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアル”、p.45(2006)(建帛社)
- 14) 安本教傳、竹内昌昭、安井明美、渡邊智子：“五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアル”、p.57(2006)(建帛社)
- 15) T. Sun, J. Tang, J. R. Powers: *J. Agric. Food Chem.*, **53**, 42 (2005)
- 16) 岡久修己：“食品中の健康機能性成分の分析法マニュアル”、産技連/食品機能成分分析研究会編、p.1(2012)
- 17) R. F. Burgoyne: *Bio/technology*, **11**, 1302 (1993)
- 18) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会：“最新日本食品成分表”、医歯薬出版編、p.68(2011)(医歯薬出版)
- 19) 進藤久美子、安井明美、大澤良、堀田博、鈴木東子、金子勝芳、鈴木健夫：日本食品科学工学会誌、48、449(2001)
- 20) 元木悟、北澤裕明、酒井浩晃、松島憲一、濱渦康範：日本食品保蔵学会誌、38、271(2012)
- 21) 田村晃、篠田光江：東北農業研究、56、219(2003)
- 22) Y. Takano-Ishikawa, J. Watanabe, M. Goto, L. J. M. Rao, K. Ramalakshmi: *Japan Agricultural Research Quarterly*, **46**, 81 (2012)

Functional Components and Antioxidative Activities of the Non-standard Part of Asparagus

Midori Yasuda, Madoka Saiki, Masaaki Hatiya¹, Masataka Yamada¹, Keisuke Saito¹
Tomoko Kumagai¹, Isao Hara², Aya Souda², Kazusi Terao³

Department of Health and Nutrition Sciences, Faculty of Health and Nutrition Sciences, Nishikyushu University,
¹Department of farming promotion, Saga Agricultural Cooperatives, ²Department of Product Development,
JA Beverage Saga Co., Ltd., ³Mitishirube, Industrial Activated Facilities of Kashima-shi

(Accepted: February 25 , 2015)

Abstract

Asparagus (*Asparagus officinalis* L.) is cultivated on a large scale in Saga, Japan. When asparagus is shipped, the hard plant part approximately 2 cm from the root (woody stem) is thrown away, and it comprises about 10% of the total shipment volume. Since the woody stem is inedible because it is hard, it is mostly discarded. This study was performed to examine whether the woody stem can be used as a functional material. We investigated the functional components and antioxidant activities of the woody stem and its dried powder. Our results showed that the amount of dietary fibers in the woody stem was 1.3 times that in the edible portion. On the other hand, total polyphenols and rutin were included much as the top, but they were not included much in the woody stem. In addition, alanine, arginine, asparagine, aspartic acid, and glutamic acid were found as free amino acids in that plant part; in particular, asparagine content was the highest. There was no difference in the content of free amino acids in the different parts of asparagus, except for glutamic acid. Antioxidant activities were higher in the top part of asparagus; however, the antioxidant activity of asparagus was remarkably lower than that of rutin and quercetin. The functional components and antioxidant activities increased when dried asparagus powder was used, and the preservative property also increased. Thus, we believe that the woody stem of asparagus is a functional material that could help in the development of health foods.

Key words : asparagus, polyphenol, rutin, free amino acids, antioxidative activity