

ハマボウフウ施設栽培品における加熱方法の違いが 抗酸化性および物性に及ぼす影響

加納 己奈*・鶴永 陽子**

Effects of Different Heating Methods on Antioxidant Activity and Physical Property of Facility-Grown *Glehnia littoralis* Fr. Schmidt

Mina Kanou・Yoko Tsurunaga

要 旨

島根県松江市の大根島にて生産されているハマボウフウ施設栽培品における加熱処理の違い（茹で、蒸し、炒め、素揚げ）による総ポリフェノール含量（Total Polyphenol Content：TPC）および抗酸化性（親水性酸素ラジカル吸収能（H-ORAC）値、1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl（DPPH）ラジカル捕捉活性値）と物性（破断応力、もろさ応力）への影響について検討した。総ポリフェノール含量および抗酸化性はいずれも葉が葉柄より高い値を示し、葉では未処理に対して炒めおよび素揚げ処理が有意に低い値を示した。物性においては破断応力に有意差はなく、もろさ応力では未処理に対して加熱処理の値がいずれも上回り、茹でおよび炒め処理は未処理に対して有意差が認められた。本研究結果から、ハマボウフウ施設栽培品における加熱処理の違いによる影響について、炒めおよび素揚げ処理が未処理と比較して葉の抗酸化性を有意に低下させること、物性については加熱処理による影響に一定の傾向はみられないことが明らかとなった。

【キーワード：ハマボウフウ、総ポリフェノール含量、抗酸化性、物性】

I. 緒言

ハマボウフウ（*Glehnia littoralis* Fr. Schmidt）は、北海道から沖縄まで日本各地の海岸砂丘に自生するセリ科ハマボウフウ属の多年草である。食用・薬用どちらにも用いられ、食用としては酢の物や刺身の「つま」などに利用される。薬用としては乾燥させた根が去痰、解熱、鎮咳などの効能がある漢方として利用される¹⁾²⁾。日本でも生薬の一種である「防風」の代替品として長年利用されてきており、『日本薬局方』にも1891年の第2版以来掲載されてきている³⁾⁴⁾。「ハマボウフウ」という名も「防風」に似ていて浜辺に自生することが由来している。また、ハマボウフウは江戸時代には「八百屋防風」の名で販売されていた記録がある⁵⁾。ハマボウフウの根や根茎などには芳香族化合物のクマリンが多く含まれている⁶⁾⁷⁾。クマリンは桜の葉に代表される植物の芳香成分の一種であり、クマリンとその誘導体は抗菌効果

や抗血液凝固作用、むくみ改善効果、免疫活性化作用、抗酸化作用などをもつ^{8)~10)}。また、乾燥させたハマボウフウの根の抽出物が結核菌やMAC（*Mycobacterium avium* complex：非結核性抗酸菌症の原因菌）の増殖を抑制することもMcCutcheonら¹¹⁾によって明らかとなっている。その他にも先行研究により、抗酸化性物質であるフェニルプロパノイド、リグナン、フラボノイドのほか、サリチル酸やバニリン酸といった有機酸などを有していること、免疫調節活性、抗腫瘍活性、抗炎症作用、抗酸化作用、神経保護作用、脂質増加抑制などさまざまな機能性を持つことも報告されている¹²⁾。

根や根茎に関する研究以外に、ハマボウフウ地上部に関する研究もいくつか研究報告がある。ハマボウフウの葉の熱水抽出物による処理は、UVB照射細胞の細胞生存率をアスコルビン酸と同等、またはそれ以上に改善することが明らかとなっている¹³⁾。また、同文献においてハマボウフウの葉の熱水抽出物には、皮膚のしわやたるみの原因と

*島根大学人間社会科学部

**島根大学人間科学部

なるエラスターゼおよびチロシナーゼの阻害効果があり、皮膚の美白および抗しわ特性を示すことが報告されている¹³⁾。

ハマボウフウの精油成分としては、地上部にオクタン酸プロピル、ヘキサデカン酸、 β -フェランドレン、リノール酸などが含まれていることが明らかとなっている¹⁴⁾。また、果実のメタノール抽出物の水溶性部分から新規モノテルペノイドや新規モノテルペノイドグルコシド等が得られたとの報告もある¹⁵⁾。さらに、増田ら¹⁶⁾が報告した若芽の保存に関する研究により、ハマボウフウ若芽がストレス化合物であるフラノクマリンの1種のソラレン、メトキサレン、ベルガプテンを産生する能力を有することが明らかとなっている。

前述したようにハマボウフウは古くから利用されているが、近年は海岸砂丘の減少や人為的な乱獲によって自生数が急速に減少しており、福井県や千葉県などの一部の都道府県ではレッドリストに記載されている¹⁷⁾¹⁸⁾。現在ハマボウフウの栽培は、国内では埼玉県、愛知県を中心に軟化栽培が行われているほか、島根県でも40年ほど前から松江市八束町の大根島にて、朝鮮人参や牡丹などの薬用植物の栽培経験を生かし、生産組合によって露地栽培品と施設栽培品の2品のハマボウフウ(「露地ほうふう 華芽」と「島根県大根島 ほうふう」)の生産が行われている¹⁹⁾(図1)。また、栽培条件に関わる研究も行われている。さらに島根県出雲市では、市内の農林高校と地域自治団体が共同でハマボウフウの自生地復活のための育成および保全活動を行っている。その他、石原ら⁵⁾によってハマボウフウの自生分布状況、自生環境の調査および自生地でのフェノロジー観察を行ったとの報告もある。

このような活動や研究が行われている一方で、

ハマボウフウ茎葉の機能性およびそれらを向上させる加工方法に関する研究はほとんどない。そこで、本研究ではハマボウフウの機能性の一つである抗酸化性に着目し、ハマボウフウ施設栽培品における加熱処理がTPCと抗酸化性(H-ORAC値、DPPHラジカル捕捉活性値)、加えて食品の美味しさに関わる要素である物性に与える影響の検討を行った。

II. 材料および方法

1. 材料

材料はJAしまね はまぼうふう生産組合から入手した「島根県大根島 ほうふう」を使用した。

2. 加熱処理方法

ハマボウフウ施設栽培品において加熱処理がTPCおよび抗酸化性、物性に与える影響を検討するため、「茹で」「蒸し」「炒め」「素揚げ」の4つの加熱処理区、および対照として未処理区を設定した。また、各処理区で全草を、TPCおよび抗酸化性では50本、物性では10本ずつランダムに選び使用した。加熱処理方法の具体的内容については以下のとおりである。茹で処理は、ホウロウ製の直径20 cm鍋で水1500 mL(TPCおよび抗酸化測定用)または1200 mL(物性測定用)を沸騰させ、この中に、TPCおよび抗酸化測定用50本または物性測定用10本の全草を入れて、1分間茹でた。その後ざるにあげて水切りし、送風して冷ました。蒸し処理については、電気蒸し器(ティファール社製、ウルトラコンパクト)を用い、蒸気が出るまで空焚きした後、この中にTPCおよび抗酸化測定用50本または物性測定用10本の全草を入れ、再び蒸気が出てから1分間蒸した。炒め処理については、直径26 cmのフ



図1 ハマボウフウ露地栽培品(上)と施設栽培品(下)

ライパンにサラダ油 10 mL (TPC および抗酸化測定用) または 5 mL (物性測定用) をひき, IH コンロ (TOSHIBA 製, MR-B20) で 200 °C に熱した. 次に 50 本 (TPC および抗酸化測定用) または 10 本 (物性測定用) の全草を投入し 1 分間加熱し, その後送風して冷ました. 素揚げ処理については, ホウロウ製の直径 20 cm 鍋にサラダ油 400 mL を加え, IH コンロで 180 °C に熱し, 50 本 (TPC および抗酸化測定用) または 10 本 (物性測定用) の全草を投入し 30 秒間素揚げした. その後送風して冷ました. 各処理区的全草はそれぞれ処理後に葉と葉柄に分けた.

3. TPC および抗酸化性の分析方法

本研究はサンプルの保存性ならびに分析時における抽出の効率性と均一性を考慮し, いずれの測定にも凍結乾燥粉末を使用することとした. 測定に際し, 各サンプル粉末 200 mg を 50 mL 遠心管に量り取り, 60% エタノール 10 mL を加え, 振とう機 (ヤマト株式会社製, BW201) で 40 °C · 150 rpm で 2 時間抽出し, サンプル溶液を調製した. TPC は, Goldstein らの方法²⁰⁾ を参考に, フォーリン・チオカルト試薬を用いたフォーリン・チオカルト法によって測定し, 乾燥粉末 (Dry weight : DW) の (+) - カテキン相当量 (mg CTN eq/100 g DW) として表した. H-ORAC は渡辺らの方法²¹⁾ を参考に, 0.45 μm フィルター (Membrane Solutions 製, Syringe Filters) を用いて抽出したサンプル溶液をアッセイ緩衝液 (75 mM リン酸緩衝液, pH 7.4) で適宜希釈し, 96 ウェルマイクロプレート (#3072, Becton-Dickinson) の各ウェルに試験液または Trolox 溶液 (35 μL) を加えた後, フルオレセイン溶液 (115 μL, 110.7 nmol/L) と AAPH 溶液 (50 μL, 31.7 nmol/L) を加え, 37 °C に保ったマイク

ロプレートリーダー (コロナ電気株式会社製 SH-9000Lab) を使用して 2 分間隔で 90 分間継時的に蛍光強度 (励起波長 485 nm, 検出波長 520 nm) を測定した. H-ORAC 値は乾燥粉末のトロロックス (6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) 相当量 (μmol TE/g DW) で表した. DPPH ラジカル捕捉活性は, 安定的な DPPH ラジカルを用いる須田の方法²²⁾ に準じて測定し, 乾燥粉末のトロロックス相当量 (μmol TE/g DW) で表した.

4. 物性の測定方法

葉柄の物性測定に際し, 測定箇所の予備試験を行った. 葉柄の測定箇所を設定するため, 図 2 に示した 6 か所の荷重の変化を測定し, 結果を図 3 に示した. 測定結果を比較すると③, ④, ⑤, ⑥の荷重の変化がほぼ同じ軌道であるのに対し, ①および②の軌道は③~⑥と比べて明らかに外れているため, 除外した. また, 測定のしやすさを考慮し, ⑤と⑥も除外した. 以上のことから測定には③および④が適当であるとし, 最終的に葉柄の中心部を測定箇所に設定した. 測定項目は破断応力, もろさ応力, 葉柄の幅とした. 破断応力およびもろさ応力の測定にはクリープメーター (YAMADEN 製, RE2-33005) を用い, 測定条件はプランジャー : くさび形 (No.49) + L40, ロードセル : 20 N, SPEED : 1 mm/sec, 歪率 80% とした. 解析には破断強度解析 Windows (YAMADEN 製) を使用した. また, 葉柄の幅の測定には厚さ計 (Mitutoyo 製, CD-P15S) を使用した.

5. 統計処理

統計処理は SPSS22.0 を用い, 一元配置分散分析後, TukeyHSD 法で検定し, 有意水準は 5% とした.

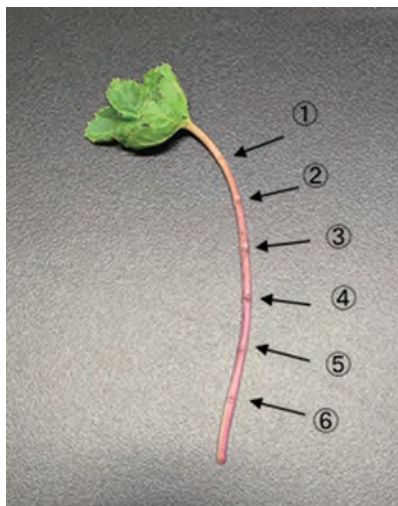


図 2 物性測定の測定箇所

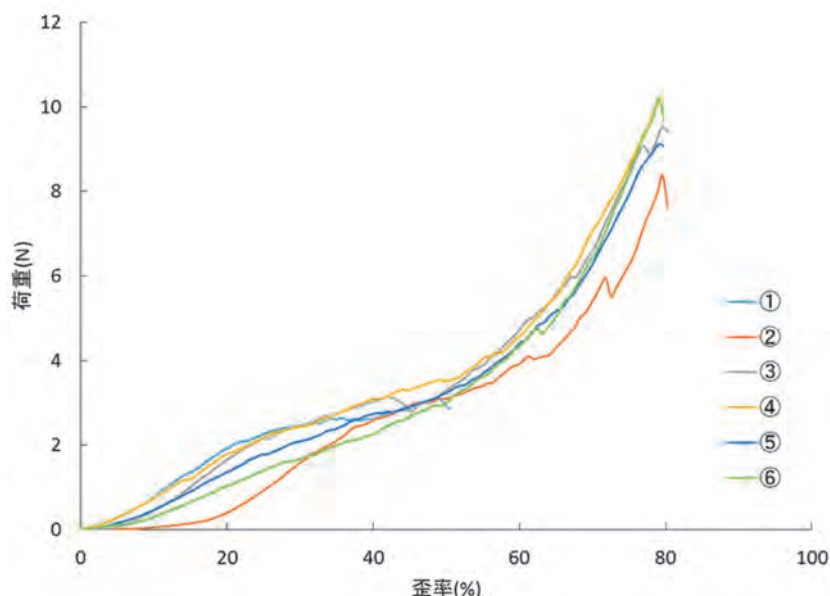


図 3 波形データ

Ⅲ. 結果および考察

1. TPC および抗酸化性

施設栽培品の加熱方法別の TPC, H-ORAC 値, DPPH 値をそれぞれ図 4 に示した。いずれの測定項目においても葉の方が葉柄より高い値を示した。葉の結果において, TPC は未処理の値が 2822.3 ± 95.5 mg CTN eq/100 g DW であったのに対して, 加熱処理区はいずれも有意に高い値または低い値を示した ($p < 0.05$) (図 4A)。中でも 5 つの加熱処理区のうち, 蒸しが 3294.8 ± 141.0 mg CTN eq/100 g DW と最も高い値を, 素揚げが 1409.5 ± 24.8 mg CTN eq/100 g DW と最も低い値を示した。また, H-ORAC 値は未処理で 894.8 ± 69.5 μ mol TE/g DW であり, 加熱処理区では茹で 1079.4 ± 69.9 μ mol TE/g DW, 蒸し 1090.3 ± 52.6 μ mol TE/g DW と 2 つが未処理に対して有意に高い値を示した ($p < 0.05$) (図 4B)。一方で炒めおよび素揚げはそれぞれ 630.3 ± 9.1 μ mol TE/g DW, 488.5 ± 15.5 μ mol TE/g DW と未処理に対して有意に低い値を示し, 加熱処理ごとの抗酸化性の変化は TPC と同様の傾向となった。さらに DPPH 値は未処理の値が 255.4 ± 6.2 μ mol TE/g DW であったのに対し, 茹では 273.8 ± 9.4 μ mol TE/g DW と未処理より高い値を示したが, 有意差はなかった (図 4C)。また, TPC と H-ORAC 値では蒸しが未処理に対して高い値を示したのに対し, DPPH 値では蒸しは 221.4 ± 7.6 μ mol TE/g DW と, 未処理に対して有意に低い値を示した。なお, 炒めおよび素揚げの DPPH 値はそれぞれ 160.7 ± 3.2 μ mol TE/g DW, 171.6 ± 1.5 μ mol TE/g DW と, 他の 2 つの測定方法と同様に未処理に対して有意に低い値となった。よって葉の結果からは 3 つの測定方法の共通の傾向として, 未処理に対して炒めおよび素揚げの値が有意に低下するということが挙げられた。なお, TPC は葉柄においても炒めや素揚げにより未処理に対して有意に低い値を示したが, 本研究で設定した 4 つの加熱処理条件のうち, 炒めおよび素揚げが油を用いた高温の加熱処理であることが原因と考えられる。ハマボウフウ施設栽培品の葉柄は赤紫色をしているが, これはアントシアニンと呼ばれる天然の色素成分によるものと考えられる。アントシアニンはシソやナス, ブドウ, リンゴなどの野菜・果物類に多く含まれ, 動脈硬化予防²³⁾などの作用が報告されており, 特にベリー類における視機能に対する作用に関する報告²⁴⁾²⁵⁾が多い。また, ポリフェノール成分として抗酸化作用をもつことも報告されている²⁶⁾。一般的に食品成分は加熱により分解されたり変化したりするが, 加熱はアントシアニンの

物理的な分解要因のひとつであり, 加熱温度が高いほどアントシアニンの分解速度は速くなる傾向にある²⁷⁾²⁸⁾。従って, ハマボウフウの葉や葉柄に含まれる割合の大きい抗酸化成分が熱に弱いもので, 高温の加熱処理によってそれらが分解または変化したことで, TPC が低下したと考えられた。しかし, 本研究においては各サンプルに含まれる抗酸化成分の同定および含量の測定は行っていないため, 今後分析を行う必要がある。

葉柄の結果についても記述する。未処理の葉柄の TPC は 1088.4 ± 58.8 mg CTN eq/100 g DW であった。加熱処理区では茹での値が 1046.6 ± 94 mg CTN eq/100 g DW となり, 茹でのみが未処理に対して有意差を示さなかった。また, 蒸し, 炒め, 素揚げの値はそれぞれ 594.8 ± 9.4 mg CTN eq/100 g DW, 737.7 ± 21.8 mg CTN eq/100 g DW, 742.5 ± 24.5 mg CTN eq/100 g DW で未処理に対して有意に低い値を示したが, 蒸し, 炒め, 素揚げ処理区間では有意差は生じず, 全体として葉柄の TPC の加熱による変化は葉に比べて小さい結果となった。また, 葉柄の H-ORAC 値は未処理が 338.1 ± 45.2 μ mol TE/g DW であったのに対し, 有意差を示したのは蒸し (146.5 ± 5.1 μ mol TE/g DW) と素揚げ (176.7 ± 22.0 μ mol TE/g DW) となった。なお, 5 処理区間の有意差は TPC と同様に葉よりも小さかった。さらに, 葉柄の DPPH 値は未処理が 52.2 ± 2.1 μ mol TE/g DW であったが, 加熱処理区はそれぞれ茹で 57.3 ± 1.1 μ mol TE/g DW, 蒸し 40.7 ± 0.8 μ mol TE/g DW, 炒め 45.4 ± 1.1 μ mol TE/g DW, 素揚げ 47.7 ± 2.0 μ mol TE/g DW となり, 5 つの処理区間においての有意差はなかった。葉柄の TPC および抗酸化性が葉よりも低い値を示し, 有意差が出にくかった要因として, 植物における養分の生成や貯蔵を葉が担う傾向にあることが考えられる。植物は葉で光合成により養分の合成を行い, 作られた養分は葉や花といった植物の生育や繁殖に重要な部位に多く蓄えられるため, 葉柄や茎は水や養分の通路として利用される。故に未処理の状態での葉柄の TPC が葉に比べて少ないために, 葉に比べて TPC や抗酸化性が低く, 変化も小さく有意差が出にくかったと推察された。

また, 本研究のハマボウフウ栽培種の加熱処理による抗酸化性変化は, 他の機能性植物および野菜におけるものとは一部異なった。多くの野菜や果物は茹で処理を行うと, 熱により細胞組織が崩壊し, 機能性成分を含む様々な成分が茹で汁に溶出するため, 抗酸化性は低下する傾向にある²⁹⁾³⁰⁾。しかし, 本研究では茹で処理を行った葉の TPC や H-ORAC 値が未処理よりも有意に高い値を示しており, 抗酸化性が高まったという結

果となった。一般的に茹で処理は抗酸化性を低下させる傾向にあるが、一部の植物および野菜では茹で処理によって抗酸化性が向上する場合もある。池羽ら³¹⁾は、13品目の野菜の茹で処理による抗酸化の変化を測定した結果、セリ、シュンギク、アシタバなど一部の品目において短時間の茹で処理によって抗酸化性が大きく増加する傾向にあったと報告している。また、池羽ら³¹⁾はそ

のような結果に対し、茹で処理により成分が抗酸化性の高い構造に変化したためか、細胞壁の崩壊により細胞内の抗酸化成分が溶け出しやすくなったため、または熱に強い成分であるクロロフィル系色素のはたらきが関係しているためと考察している。従って本研究における茹で処理区の葉も同様に成分が高次のものに変化した可能性が考えられた。

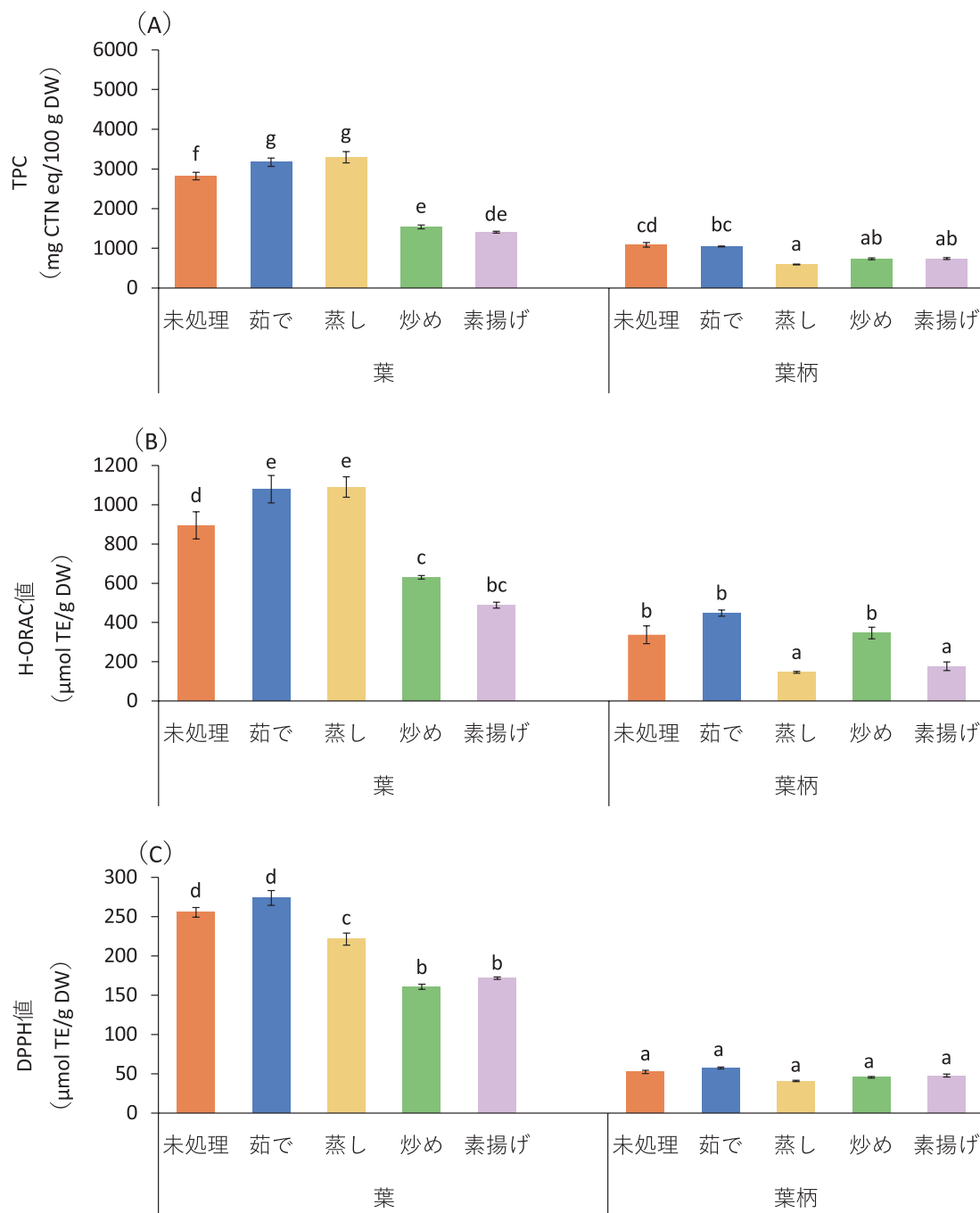


図4 ハマボウフウ施設栽培品の部位別および加熱方法別の総ポリフェノール含量 (A) と H-ORAC 値 (B) と DPPH ラジカル捕捉活性 (C)

いずれも平均値 ± 標準誤差 (TPC: n = 6, H-ORAC 値および DPPH 値: n = 4) として表記

(A) TPC: サンプル乾燥粉末 100g あたりのカテキン相当量として表記

(B) H-ORAC 値: サンプル乾燥粉末 1g あたりのトロロックス相当量として表記

(C) DPPH 値: サンプル乾燥粉末 1g あたりのトロロックス相当量として表記

グラフ棒上部の異なるアルファベットは有意差を表す ($p < 0.05$)

2. 物性

各処理区の葉柄における破断応力ともろさ応力、および葉柄の幅を図5に示した。破断応力においては、素揚げが 2.3×10^6 Paと最も高い値を示したが、5つの処理区間にはいずれも有意差はなかった(図5A)。また、未処理の値が 1.6×10^6 Paであったのに対し、蒸しのみが 1.4×10^6 Paと下回った。野菜や果実の細胞壁を接着する成分のひとつにペクチンという複合多糖類があ

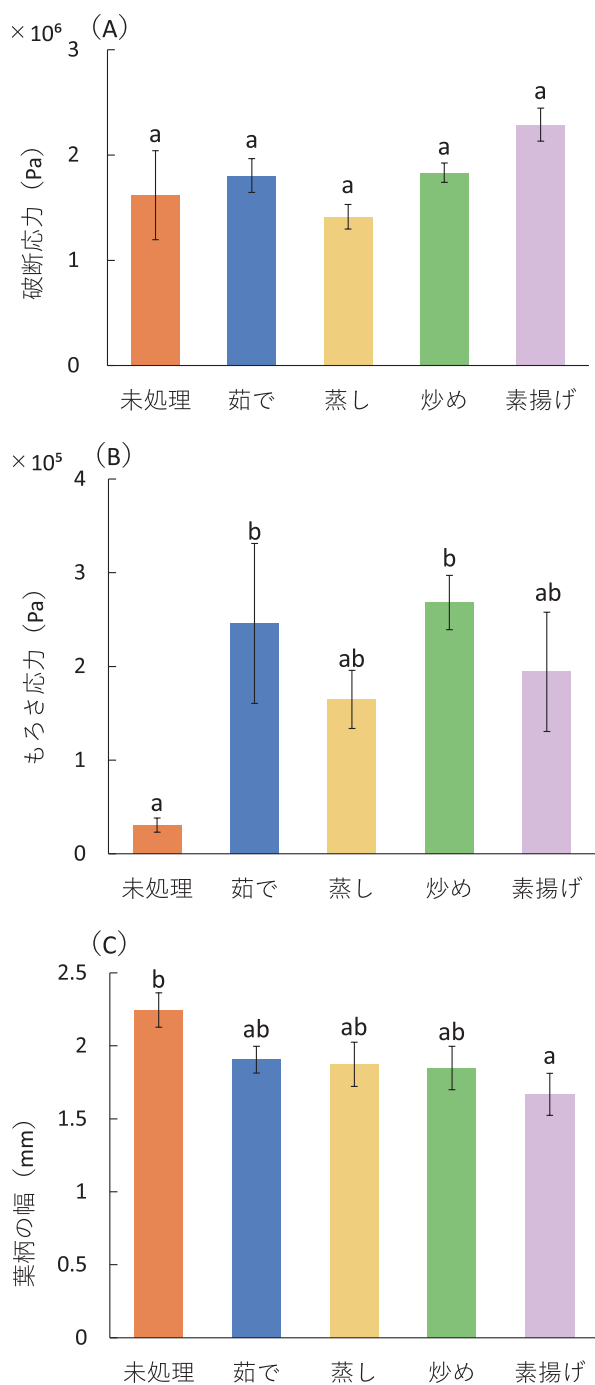


図5 ハマボウフウ施設栽培品の加熱方法別の破断応力(A)ともろさ応力(B)と葉柄の幅(C)いずれも平均値 \pm 標準誤差 ($n=9$)として表記。グラフ棒上部の異なるアルファベットは有意差を表す ($p < 0.05$)

る。一般に野菜や果実を加熱すると、細胞壁のペクチンでトランスエリミネーション (β -脱離) という分解反応が生じ、細胞間の結合が失われることで軟化する²⁹⁾。ハマボウフウの葉柄にもペクチンが含まれ、蒸しによって分解されたことで軟化し、破断応力が低下したと推察される。もろさ応力においては、未処理 (0.3×10^5 Pa) に対して加熱処理を施した4つの区全てが高い値を示し、茹で (2.5×10^5 Pa) および炒め (2.7×10^5 Pa) は有意差が認められた ($p < 0.05$) (図5B)。葉柄の幅は未処理と比較して低い順に素揚げ、炒め、蒸し、茹でのとなった。特に、最も低い値となった素揚げの葉柄の幅は 1.7 ± 0.1 mm であり、未処理の葉柄の幅 2.3 ± 0.1 mm に対して有意に低い値を示した ($p < 0.05$) (図5C)。通常、野菜等の植物は細胞内部に水分を多く含んでいるが、加熱を行うと細胞壁のペクチンが溶出し、それに伴い細胞壁の破壊が生じて内部の水分が流出する。また、田村ら³²⁾の報告では、タマネギの炒め調理において、同一の炒め時間の場合、油量が多いほど細胞組織内部への炒め処理の影響が大きいという結果が出ている。本研究において加熱処理区のそれぞれの加熱温度は高温の順に素揚げ、次に炒め、茹でと蒸しはほぼ同程度となるよう設定した。また、素揚げ処理時間は30秒と短かったが、ハマボウフウ栽培種自体の全長が短く、全草が油に浸かる状態であった。素揚げ処理は短時間であるが、加熱温度が高く、油を用いかつ油量も多かったことから加熱による水分流出量が多くなり、結果的に葉柄の幅が有意に低い値となったと考えられた。

IV. 総合考察

本研究では島根県松江市の大根島にて生産されているハマボウフウ施設栽培品における加熱処理(茹で、蒸し、炒め、素揚げ)によるTPCおよび抗酸化性(H-ORAC値、DPPH値)と物性(破断応力、もろさ応力)への影響について検討した。TPCおよび抗酸化性に関しては、本研究の結果からTPCや抗酸化性を有意に向上させる加熱処理方法は明らかとならなかったが、一方で炒め処理や素揚げ処理が葉のTPCおよび抗酸化性を有意に低下させることが明らかとなった。炒めおよび素揚げによりTPCや抗酸化性が低下した原因としては、茹でや蒸しに比べて高温(炒め200 $^{\circ}$ C、素揚げ180 $^{\circ}$ C)であったことが考えられた。また、蒸し処理を行った葉のTPCとH-ORAC値は高い値を示したが、DPPH値は低い値を示した。原因としては加熱方法の条件設定、抗酸化能測定法の原理の相違などが考えられ、今後実験条件や抗酸化能測定法の選択の再検討を行う必要が

ある。物性においては物性（破断応力、もろさ応力）と葉柄の幅の3項目間において、加熱処理による影響について一定の傾向は見られなかった。破断応力ではいずれの加熱処理条件も未処理に対しての有意差はなかった。もろさ応力では未処理に対して茹でと炒めが有意に高い値を示した。また、葉柄の幅においては、加熱処理区はいずれも未処理よりも低い値を示したが、有意差があったのは素揚げのみであった。これらの要因として、植物細胞に含まれるペクチンの加熱による溶出とそれに伴う細胞壁の破壊、および水分流出が考えられた。以上のことから、ハマボウフウ施設栽培品における加熱処理の影響について、炒め処理や素揚げ処理が葉のTPCおよび抗酸化性を有意に低下させること、物性については加熱処理による影響に関して一定の傾向はないことが明らかとなった。

謝 辞

本研究を行うにあたり、研究の機会を与えていただき、懇切丁寧なご指導を賜った齊藤真苗さん、中務奈美さん、試料を提供いただきましたJAしまねくにびき地区本部 八束町はまぼうふう生産組合 組合長 安部敏樹さまに心から感謝申し上げます。

付 記

本試験は、「地熱を中心とした再生可能エネルギー利活用の委託研究事業（朝鮮人参・薬草類等健康志向事業）」により実施された成果の一部である。

参考文献

- 1) 三橋博. “原色牧野和漢薬草大圖鑑.” 北隆館, 1998.
- 2) 大橋広好; 門田裕一; 木原浩; 邑田仁; 米倉浩司. 改訂新版 日本の野生植物 5 ヒルガオ科～スイカズラ科. 株式会社平凡社, 2017.
- 3) 厚生労働省. 第十七改正日本薬局方. 2016.
- 4) 株式会社ウチダ和漢薬. “生薬の玉手箱 | 浜防風 (ハマボウフウ).” <https://www.uchidawakanyaku.co.jp/kampo/tamatebako/shoyaku.html?page=186> (入手日: 2022. 1.13).
- 5) 石原美香; 小林伸雄; 坂本咲子; 石橋正美. 島根半島周辺地域に自生するハマボウフウに関する研究—自生状況, フェノロジーならびに冷湿処理下の胚の発達について—. 園芸学研究. 2008, Vol.7, 469-473.
- 6) SASAKI, H.; TAGUCHI, H.; ENDO, T.; YOSIOKA, I. The Constituents of *Glehnia littoralis* FR.

- Schmidt et MIQ. Structure of a New Coumarin Glycoside, ostheno-7-O- β -gentiobioside. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 1980, Vol.28, 1847-1852.
- 7) Kitajima, J.; Okamura, C.; Ishikawa, T.; Tanaka, Y. Coumarin Glycosides of *Glehnia littoralis* Root and Rhizoma. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 1998, Vol.46, 1404-1407.
- 8) Li, W.; Xiong, P.; Zheng, W.; Zhu, X.; She, Z.; Ding, W.; Li, C. Identification and Antifungal Activity of Compounds from the Mangrove Endophytic Fungus *Aspergillus clavatus* R7. *Marine Drugs*. 2017, Vol.15, 259.
- 9) Jain, P.; Joshi, H. Coumarin: Chemical and Pharmacological Profile. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 2012, Vol.2, 236-240.
- 10) Kadhum, A. A. H.; Al-Amiery, A. A.; Musa, A. Y.; Mohamad, A. B. The Antioxidant Activity of New Coumarin Derivatives. *International Journal of Molecular Sciences*. 2011, Vol.12, 5747-5761.
- 11) McCutcheon, A.; Stokes, R.; Thorson, L.; Ellis, S.; Hancock, R.; Towers, G. Anti-Mycobacterial Screening of British Columbian Medicinal Plants. *International Journal of Pharmacognosy*. 1997, Vol.35, 77-83.
- 12) Yang, M.; Li, X.; Zhang, L.; Wang, C.; Ji, M.; Xu, J.; Zhang, K.; Liu, J.; Zhang, C.; Li, M. Ethnopharmacology, Phytochemistry, and Pharmacology of the Genus *Glehnia*: A Systematic Review. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2019, Vol.2019, 1-34.
- 13) Choe, S.-Y.; Hong, J.-H.; Gu, Y.-R.; Kim, I.-D.; Dhungana, S.; Moon, K.-D. Hot Water Extract of *Glehnia littoralis* Leaf Showed Skin-whitening and Anti-Wrinkle Properties. *South African Journal of Botany*. 2019, Vol.127, 104-109.
- 14) Miyazawa, M.; Kurose, K.; Itoh, A.; Hiraoka, N.; Kameoka, H. Components of the Essential Oil from *Glehnia littoralis*. *Flavour and Fragrance Journal*. 2001, Vol.16, 215-218.
- 15) Ishikawa, T.; Segal, Y.; Kitajima, J. Water-Soluble Constituents of *Glehnia littoralis* Fruit. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 2001, Vol.49, 584-588.
- 16) 増田隆広; 姉帯正樹; 堀義宏; 高杉光雄. ハマボウフウ若芽の保存とストレス化合物の産生. 食品衛生学雑誌. 1999, Vol.40, 241-245.
- 17) 福井県. “改訂版 福井県の絶滅のおそれのある野生動植物 維管束植物解説 (2016).” https://www.pref.fukui.lg.jp/doc/shizen/rdb/syokubutu_list_d/fil/465_syoku_p515.pdf (入手日: 2022. 1.13).
- 18) 千葉県環境生活部自然保護課. “千葉県の保護上重要な野生生物 千葉県レッドリスト 植物・菌類 編<2017年改訂版>.” <https://www.bdcchiba.jp/>

- endangered/2017/redlist2017.pdf (入手日:2022.1.13).
- 19) JA しまね. “つながるコラム「絆」vol.22 松江市・大根島のハマボウフウ.” <https://ja-shimane.jp/report/vol22/> (入手日:2022.1.13).
- 20) Goldstein, J. L.; Swain, T. The Inhibition of Enzymes by Tannins. *Phytochemistry*. 1965, Vol.4, 185-192.
- 21) 純, 渡.; 智之, 沖.; 純, 竹. “H-ORAC 分析法標準作業手順書.” <http://fmric.or.jp/ffd/ffmanual/manual4020101.pdf> (入手日:2022.1.14).
- 22) 須田郁夫. 抗酸化能 ①分光学的抗酸化機能評価. 食品機能研究法. 2000, 218-223.
- 23) Ellingsen, I.; Hjerkin, E.; Seljeflot, I.; Arnesen, H.; Tonstad, S. Consumption of Fruit and Berries is Inversely Associated with Carotid Atherosclerosis in Elderly Men. *British Journal of Nutrition*. 2008, Vol.99, 674-681.
- 24) Matsunaga, N.; Chikaraishi, Y.; Shimazawa, M.; Yokota, S.; Hara, H. *Vaccinium Myrtillus* (Bilberry) Extracts Reduce Angiogenesis *In Vitro* and *In Vivo*. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2010, Vol.7, 47-56.
- 25) Tanaka, J.; Kadokaru, T.; Ogawa, K.; Hitoe, S.; Shimoda, H.; Hara, H. Maqui berry (*Aristotelia chilensis*) and the constituent delphinidin glycoside inhibit photoreceptor cell death induced by visible light. *Food Chemistry*. 2013, Vol.139, 129-137.
- 26) Kong, J.-M.; Chia, L.-S.; Goh, N.-K.; Chia, T.-F.; Brouillard, R. Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*. 2003, Vol.64, 923-933.
- 27) Morais, H.; Ramos, C.; Forgács, E.; Cserhádi, T.; Oliviera, J. Influence of storage conditions on the stability of monomeric anthocyanins studied by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography B*. 2002, Vol.770, 297-301.
- 28) Wang, W.-D.; Xu, S.-Y. Degradation kinetics of anthocyanins in black berry juice and concentrate. *Journal of Food Engineering*. 2007, Vol.82, 271-275.
- 29) 渕上倫子. 野菜の加熱とペクチン質. 日本調理科学会誌. 2007, Vol.40, 1-9.
- 30) Yamaguchi, T., Oda, Y., Katsuda, M., Inakuma, T., Ishiguro, Y., Kanazawa, K., Takamura, H. and Matoba, T. Changes in Radical-scavenging Activity of Vegetables during Different Thermal Cooking Processes. *Journal of Cookery Science of Japan*. 2007, Vol.40, 127-137.
- 31) 池羽智子; 鹿島恭子. 県産野菜の抗酸化性の評価と加熱調理による変化. 茨城県農業総合センター園芸研究所研究報告. 2006, Vol.14, 27-33.
- 32) 田村咲江. 調理科学領域における組織学的研究 主

として加熱野菜の軟化と細胞壁の微細構造変化の関係について. 日本家政学会誌. 1994, Vol.45, 773-781.