

# 地域資源を活用した食品加工技術に関する研究

## —ヨモギの利用加工研究(第3報)—

今泉茂巳、鈴木 寿、田中ありさ\*、千味由里子\*

### Research on Utilization and Processing of Mugwort (III)

Shigemi IMAIZUMI, Hisashi SUZUKI, Arisa TANAKA and Yuriko CHIMI

鮮やかな緑色と高いクロロゲン酸類含有量をあわせ持つヨモギ食材製造技術の確立を目的として、重曹によるブランチング液pHの最適化とブランチング液への塩化ナトリウム添加効果について検討した。ヨモギ粉末の総ポリフェノール量、クロロゲン酸類含有量、DPPHラジカル消去活性は、ブランチング液への塩化ナトリウムの添加による差はなく、重曹濃度0.01%以上で濃度とともに大きく減少した。一方、粉末の色については重曹濃度0.1%以上での処理により高い緑色度が得られた。しかし、重曹濃度に対する色の変化は1%塩化ナトリウム水溶液をベースにした方が蒸留水をベースにした時よりも緩やかであった。今回、高い抗酸化能と鮮やかな緑色をあわせ持つヨモギが得られる重曹濃度は見つけられなかったが、抗酸化能を重視する場合は0.01%以下の重曹溶液で、一方、色を重視する場合は0.1%以上の重曹溶液でブランチングする必要があることが明らかになった。

## 1. はじめに

現在、揖斐川町では「伊吹薬草」の1つであるヨモギのブランド化が進められており、町内の生産組織が優良系統の選抜と育種に取り組んでいる。

ヨモギは古くから草餅の材料や和漢薬(艾葉), 艾として利用されてきたキク科の多年草で、クロロゲン酸類を豊富に含む<sup>1)</sup>。クロロゲン酸類はポリフェノールの一種で、抗酸化作用や血糖値の調節等の生理活性を有する<sup>2)</sup>。

ヨモギを食用とする場合、鮮度低下に伴う褐変を防ぐため、収穫後速やかに一次加工(水洗いーブランチングー水晒し)されるが、特にブランチングはクロロゲン酸類の流失が最も懸念される工程でもある<sup>3)</sup>。そこで昨年度、0.2%重曹水や1%食塩水でヨモギのブランチングと乾燥粉末化を行い、ヨモギ粉末の総ポリフェノール量、クロロゲン酸類含有量、抗酸化活性、ヨモギ粉末配合クッキーの色の違い等についての知見を得た<sup>3)</sup>。

ポリフェノールは一般にアルカリ性では不安定で分解する<sup>4)</sup>ため、ヨモギをアルカリ溶液でブランチングすると分解によるクロロゲン酸類の消失が起こる可能性がある。故にブランチング液のpHはヨモギ食材のクロロゲン酸類含有量に影響する重要な因子であるが、ブランチング液の最適なpHについては調べられていない。また、同一株で食塩水ブランチングと蒸留水ブランチングとの比較がなく、食塩添加の効果については明らかでない。

本研究では、鮮やかな緑色と高いクロロゲン酸類(ポリフェノール)含有量をあわせ持つヨモギ食材製造技術の確立を目的として、ブランチング液のpHや食塩の添加がヨモギ乾燥粉末の抗酸化成分量や抗酸化活性、色に与える影響について検討した。

## 2. 実験

### 2. 1 ヨモギ材料

揖斐川町のNPO法人が管理する圃場(揖斐郡揖斐川町春日淀廻)で試験栽培されているヨモギの新芽部分を2012年8月27日に収穫した。

### 2. 2 方法

#### 2. 2. 1 生葉のブランチングおよび乾燥粉末化

蒸留水と1%塩化ナトリウム水溶液をベースに重曹でpHを段階的に調整した溶液によるブランチングを行った。重曹の濃度は表1のとおりとした。以下、蒸留水によるブランチングを処理A、塩化ナトリウム水溶液によるブランチングを処理Bとする。

生葉20gを水洗い、水切りした後、10倍量の沸騰した処理液に入れ、軽い沸騰状態で3分間ブランチングした。この際、処理前後の処理液のpHをpHメータF-14((株)堀場製作所)により測定した。処理したヨモギは水に晒して冷まし、晒し水と共に一旦冷凍保存した。後日解凍後、40°Cで4時間ほど乾燥し、乾燥物をアブソルートミル(大阪ケミカル(株)製)により粉碎した。

#### 2. 2. 2 分析試料の調整

生葉3gおよび粉末0.5gから80%メタノール抽出液を調整し、総ポリフェノールとクロロゲン酸類の定量、および、抗酸化能の評価に使用した。

一方、粉末0.5gから80%アセトン抽出液を調整して、フェオフィチン変化率の測定に使用した。

#### 2. 2. 3 総ポリフェノール量の測定

Folin-Denis法<sup>5)</sup>により測定した。上記80%メタノール抽出液を80%エタノール水溶液で10倍に希釈した試料液3 mlにフェ

\*岐阜女子大学家政学部健康栄養学科

ノール試液(ナカライテスク(株))の4倍希釈液3mlを加えて軽く混ぜた。3分後に10%炭酸ナトリウム水溶液3mlを加えて暗所で1時間静置後、遠心分離した。クロロゲン酸を標準とし、上清の波長760nmの吸光度を分光光度計UV-2450((株)島津製作所)により測定した。

### 2. 2. 3 クロロゲン酸類含有量の測定

高速液体クロマトグラフAlliance HPLCシステム(Waters Corp.) を使用したリニアグラジエント分析を行った。Mightysil RP-18 150-4.6(5 $\mu$ m)(関東化学(株))カラムを使用し、カラム温度40 $^{\circ}$ C、検出波長326nm<sup>3)</sup>(PDA検出器)で分析した。移動相には10mMリン酸(A)とアセトニトリル(B)を使用し、Bの割合を0~20分:5~25%, 20~30分:25~95%, 30~40分:95%と変化させ、流速1.0ml/minで展開した。モノカフェオイルキナ酸3成分とジカフェオイルキナ酸3成分について定量し、それらの合計をクロロゲン酸類量とした。定量はクロロゲン酸を標準とし、クロロゲン酸は絶対検量線法で行い、他の成分はモル吸光係数から算出した<sup>6)</sup>。

### 2. 2. 4 DPPHラジカル消去活性の測定

徳江ら<sup>7)</sup>の方法により測定した。上記80%メタノール抽出液を80%エタノール水溶液で適宜希釈した試料液1mlに200mM MES Buffer(pH6.0)と20%エタノール水溶液を1mlずつ加えた。そこへ400 $\mu$ M DPPHエタノール溶液を1ml加えて正確に20分間静置後、クロロゲン酸を標準として、分光光度計で波長520nmの吸光度を測定した。

### 2. 2. 5 生葉および粉末の水分の測定

105 $^{\circ}$ C常圧加熱乾燥法<sup>9)</sup>により測定した。

### 2. 2. 6 粉末の測色

分光測色計CM-3600d(コニカミノルタオプティクス(株))によりL\*a\*b\*表色系で測色した。得られた数値から彩度を表すabクロマC\*<sub>ab</sub>と色相を表すab色相角h<sub>ab</sub>をそれぞれ式(i)と式(ii)により求めた<sup>8)</sup>。

$$C_{ab}^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (i)$$

$$h_{ab} = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (ii)$$

### 2. 2. 7 フェオフィチン(Pheo)変化率の測定

田中らが緑茶および生茶葉について行った方法<sup>9)</sup>に準拠した。粉末の80%アセトン抽出液をNo.5Aのろ紙でろ過し、ろ液を2本の試験管に10mlずつ採取した。一方に80%アセトン、もう一方にシュウ酸飽和80%アセトンを0.3mlずつ加え、暗所で2時間静置後、それぞれの波長534nmと556nmの吸光度比(A<sub>534</sub>/A<sub>556</sub>)を求めて(それぞれR<sub>x</sub>, R<sub>100</sub>とする)、式(iii)によりPheo変化率を算出した。なお、R<sub>0</sub>=0.950とした。

$$\text{Pheo変化率(\%)} = (R_x - R_0) / (R_{100} - R_0) \times 100 \quad (iii)$$

## 3. 結果及び考察

### 3. 1 ブランチング液のpHの変化

ブランチング液の重曹濃度と、その調整時および処理後のpHを表1に示す。調整時は、処理A, B共に重曹無添加では弱酸性を示したが、重曹濃度の増加に伴いpHも大きく

なり、0.1%以上では一定の値を示した。一方処理後のpHは、重曹濃度0~0.01%で6.6~7.1(処理A)および6.2~6.7(処理B)とあまり変化せず、0.01~0.05%の間で8以上にまで増加し、0.05%以上では再び変化が緩やかになった。

重曹濃度0.05%以下ではブランチングによる処理液のpH低下が大きく、1以上の低下が起こる場合もあった。これは、ブランチング時にヨモギからシュウ酸などの種々の有機酸が溶出してくるが、重曹濃度が低いため処理液のpH緩衝能が不十分で、有機酸の影響をカバーできないためであると思われる。

表1 処理前後のブランチング液のpH

重曹濃度 (%)	処理A (重曹水)		処理B (重曹-1% NaCl)	
	調整時	処理後	調整時	処理後
0.000	5.6	6.6	5.8	6.2
0.001	7.2	6.6	7.0	6.3
0.002	7.7	6.7	7.4	6.3
0.005	8.0	6.9	7.8	6.5
0.01	8.3	7.1	8.1	6.7
0.05	8.8	8.1	8.5	7.8
0.10	8.8	8.7	8.6	8.1
0.15	8.8	8.8	8.6	8.3
0.20	8.8	8.9	8.6	8.6

### 3. 2 ヨモギ粉末と生葉の総ポリフェノール量、クロロゲン酸類含有量および抗酸化能

粉末と生葉の乾燥重量あたりの総ポリフェノール量(クロロゲン酸相当量)を図1に、クロロゲン酸含有量を図2に、DPPHラジカル消去活性(クロロゲン酸相当量)を図3に示す。これらは似たような傾向を示し、重曹濃度0.01%まではほぼ横ばいであったが、それを超えると重曹濃度とともに減少した。また、処理Aと処理Bで違いはほとんど見られなかった。

総ポリフェノール量は、重曹濃度0.01%以下では24.4~25.7(処理A) および23.4~30.4(処理B) mg 5-CQA eq /g DWであったが、重曹濃度0.20%では6.52(処理A)および5.63(処理B) mg 5-CQA eq /g DWと、0.01%重曹溶液処理時の27%および24%まで減少した。

クロロゲン酸類含有量は、重曹濃度0.01%以下では12.0~13.3(処理A)および9.33~14.0(処理B) mg/g DWであったが、重曹濃度0.2%では1.55(処理A) および9.30 $\times 10^{-1}$ (処理B) mg/g DWと、0.01%重曹溶液処理時の12%および10%まで減少した。

DPPHラジカル消去活性は、重曹濃度0.01%以下では20.2~23.1(処理A) および19.8~28.8(処理B) mg 5-CQA eq /g DWであったが、重曹濃度0.20%では4.84(処理A) および3.63(処理B) mg 5-CQA eq /g DWと、0.01%重曹溶液処理時の22%(処理A) および18%(処理B)まで低下した。

生葉の総ポリフェノール量は51.0 mg 5-CQA eq /g DW、

クロロゲン酸類含有量は34.5mg/g DW、DPPHラジカル消去活性は47.4mg 5-CQA eq /g DWであった。一方、粉末の総ポリフェノール量、クロロゲン酸類含有量、DPPHラジカル消去活性はそれぞれ最大で30.4mg 5-CQA eq /g DW(生葉の60%)、14.0mg/g DW(生葉の41%)、28.8mg 5-CQA eq /g DW(生葉の61%)であり、かなりのポリフェノールがブランチング時に流出し、それに伴い抗酸化能の低下が起こることが明らかになった。

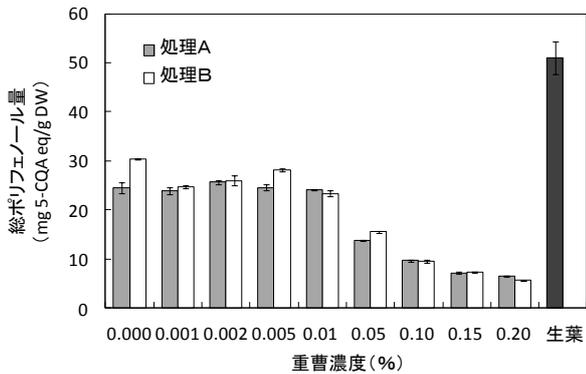


図1 ヨモギ粉末の総ポリフェノール量

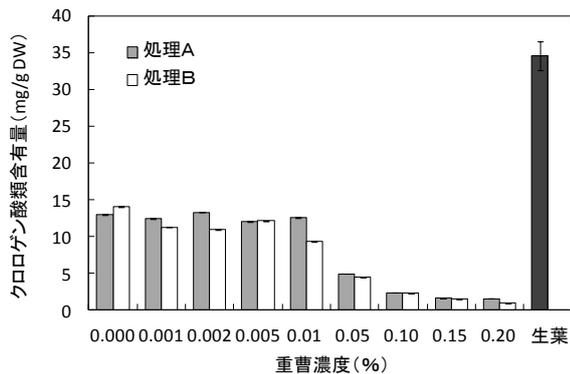


図2 ヨモギ粉末のクロロゲン酸類含有量

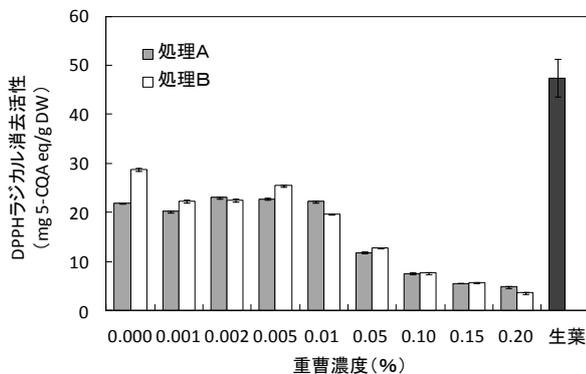


図3 ヨモギ粉末のDPPHラジカル消去活性

### 3. 3 粉末の色の評価

図4に粉末のL\*値およびabクロマ(C\*<sub>ab</sub>)、ab色相角(h<sub>ab</sub>)を示す。C\*<sub>ab</sub>値が大きいほど色は鮮やかになる。また、h<sub>ab</sub>値は

90°付近で黄色の色相を、180°付近で緑色の色相を表す。

L\*値については誤差が大きく、重曹濃度に対する明確な傾向は見られなかった。C\*<sub>ab</sub>値は重曹濃度0.01%以下で重曹濃度とともに若干増加したが、さらに重曹濃度を増すと一旦減少し、その後再び増加した。h<sub>ab</sub>値は処理A、Bともに高い重曹濃度で処理すると大きくなり、緑色度が増した。しかし、処理Aにおいて重曹濃度0.01~0.1%の間で急激にh<sub>ab</sub>値が増加する一方で、処理Bでは実験した重曹濃度範囲全体にわたり緩やかに増加した。重曹濃度0.1%以上では、h<sub>ab</sub>値はほぼ一定であったが、C\*<sub>ab</sub>値が重曹濃度とともに増加しており、0.2%重曹溶液で処理したヨモギが最も鮮やかな緑色を呈した。また、処理Aの場合、重曹濃度0.01%以下では重曹濃度とともに黄色味が若干増し、単純に蒸留水でブランチングをした方がまだ緑色を維持できた。

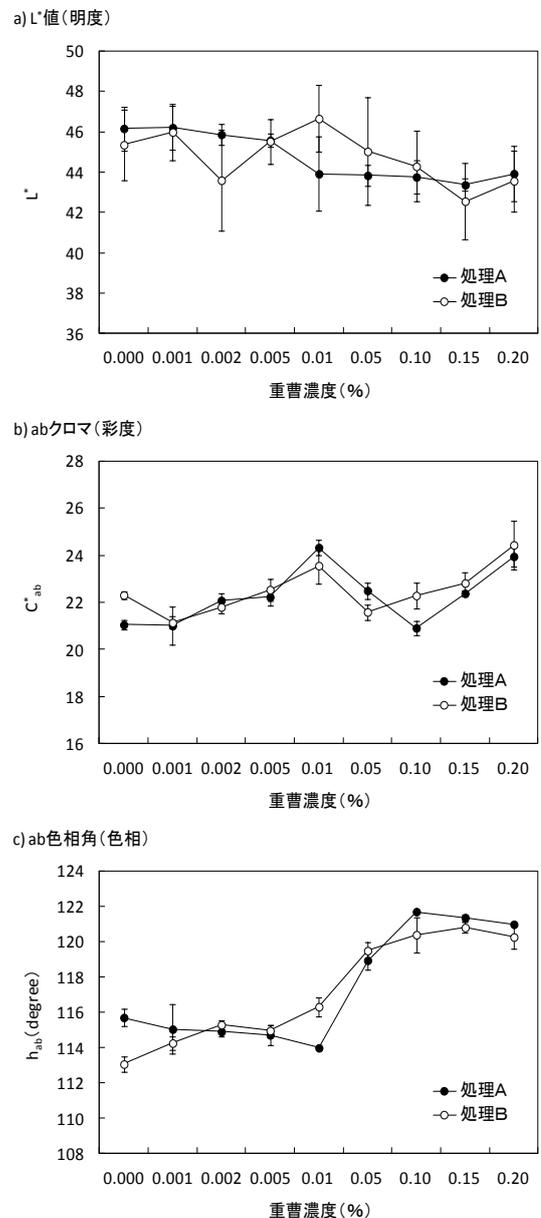


図4 重曹濃度に伴うヨモギ粉末の色の变化

粉末のフェオフィチン変化率は $h_{ab}$ とは反対に、高い重曹濃度で小さくなった(図5)。フェオフィチンはクロロフィル中の $Mg^{2+}$ が酸性環境下で $H^+$ に置換された黄褐色の色素である<sup>4)</sup>。低重曹濃度溶液でのブランチングでは処理液が弱酸性に変化しフェオフィチン化が進み粉末が黄色化する一方、高重曹濃度では処理液のpHがアルカリ性で低下もほとんどなく、フェオフィチン化が抑制され緑色が保持されたと考えられる。

重曹濃度0.1%以上ではフェオフィチン変化率はほとんど変化しないが、粉末の緑色は重曹濃度とともに鮮やかさを増した。これにより、クロロゲン酸類のオルトキノン体とアミノ基を有する成分との反応により生成される緑色色素も粉末の色に寄与していると思われる<sup>4)10)</sup>。

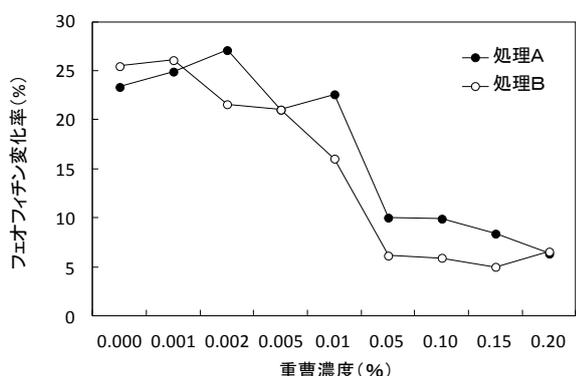


図5 ヨモギ粉末のフェオフィチン変化率

### 3. 4 ブランチング条件のまとめと今後の検討事項

重曹溶液によるヨモギのブランチングにおいては、高いクロロゲン酸類含有量の維持には重曹濃度0.01%以下の処理液を使うのが良く、鮮やかな緑色の保持には重曹濃度0.1%以上の処理液を使うのが良いという結果になり、両方を満足する重曹濃度を見出すことはできなかった。もしかすると重曹濃度0.01~0.05%の範囲に比較的良好な重曹濃度が存在するかもしれないが、この濃度範囲では処理液のpH緩衝能が小さいためpHを制御するのが困難であり、現実的ではないと思われる。

今後の改善策としては、処理液にpH7の緩衝液を使いpHを制御する、処理液の量を増やして有機酸のpHへの影響を小さくする、生葉を事前にアルカリ性の液に浸漬しヨモギ中の有機酸を中和する<sup>4)</sup>などのことが考えられる。しかし、そもそも熱水ブランチングでは処理中に大量のポリフェノールが流出するため、スチームブランチングなどの手法を検討するのも良いと思われる。

### 4. まとめ

鮮やかな緑色と高いクロロゲン酸類(ポリフェノール)含有量をあわせ持つヨモギ食材製造技術の確立を目的として、蒸留水と1%塩化ナトリウム水溶液をベースに重曹でpHを調整した処理液を使ったヨモギのブランチングと乾燥粉末化を行い、試作粉末の抗酸化性と色に関する評価を行った。鮮

やかな緑色と高いクロロゲン酸類含有量の維持を同時に満足する重曹濃度条件は見つからなかったが、商品のコンセプトに応じて、色を重視する場合は重曹濃度0.1%以上の溶液でブランチングを行う必要があり、一方、ポリフェノール含有量を重視する場合は重曹濃度0.01%以下の溶液でブランチングを行う必要があることが明らかになった。今後はスチームブランチングも選択肢に入れた上で、ヨモギ食材の色と機能性、機能性成分含有量に検討を続ける予定である。

### 【謝 辞】

ヨモギをご提供いただきましたNPO法人山菜の里いび様に心より感謝申し上げます。

### 【参考文献】

- 1) 戸田, 関西医療大学紀要 6, pp.20-32, 2012.
- 2) 吉田ら, 植物ポリフェノール含有素材の開発—その機能性と安全性—, シーエムシー出版, 337pp., 2007.
- 3) 加島ら, 岐阜県産業技術センター研究報告 6, pp.32-35, 2012.
- 4) 木村ら, 食品の変色の化学, 光琳, 415pp., 1995.
- 5) 科学技術庁資源調査会食品成分部会, 五訂日本食品標準成分表分析マニュアル, 資源協会, 153pp., 1997.
- 6) Morishita *et al.*, *Bull. Fac. Edu. Wakayama Univ. Nat. Sci.* 38, pp.33-39, 1989.
- 7) 徳江ら, 群馬県工業試験場研究報告 平成14年度, pp.92-94, 2002.
- 8) 日本規格協会, JIS Z 8729 : 2004.
- 9) 日本食品科学工学会, 新・食品分析法, 光琳, 950pp., 1996.
- 10) 堀川, 東京女子医大学雑誌 45(2), pp.136-142, 1975.

### Abstract

For the purpose of acquisition of mugwort ingredients for foods with vivid green properties and high chlorogenic acids contents, optimization of pH of blanching bath using sodium bicarbonate ( $NaHCO_3$ ) was attempted and effect of addition of sodium chloride ( $NaCl$ ) to the bath was examined. Contents of total polyphenol and chlorogenic acids, and DPPH radical scavenging activities of blanched-mugwort powders decreased with  $NaHCO_3$  concentration over 0.01% and they were not influenced by addition of  $NaCl$  in the baths. On the other hand, the powders of mugwort blanched in  $NaHCO_3$  solutions of 0.10% and above colored most greenly and tendencies of their greennesses to  $NaHCO_3$  concentration were a little different whether  $NaCl$  was added or not. After all,  $NaHCO_3$  concentration which satisfied both of the demands simultaneously was not able to be defined, however, the ranges of  $NaHCO_3$  concentration which were suitable for each of the demands were able to be determined respectively.