

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2報)

加島隆洋、今泉茂巳、横山慎一郎

Research on Utilization and Processing of Mugwort(II)

Takahiro KASHIMA, Shigemi IMAIZUMI and Shin-ichiro YOKOYAMA

ヨモギの一次加工（水洗いーブランチングー水晒し）において、ブランチング条件（A: 0.2%重曹水、B: 1%食塩水、C: AとBの等量混液）の異なる乾燥粉末を作製し、各種成分の比較を行った。総ポリフェノール含量、抗酸化活性（DPPH ラジカル消去、親水性 ORAC）およびクロロゲン酸類は B>C>A となり、B でのブランチングにより、それらの流失が顕著に抑制された。一方、親油性 ORAC での抗酸化活性は、ブランチング条件に関係なく、ほぼ同じ値（A≧C≧B）となり、脂溶性抗酸化成分は重曹溶液でのブランチングでも流失されにくく、また、クロロゲン酸類はそれらに属さない成分であると推測された。各乾燥粉末を 1.6%配合したクッキーを試作し、脂質劣化をプレートタイプ（対照）と比較した結果、何れも低く抑えられた（POV = A: 24.5、B: 47.9、C: 34.7meq/kg、AV≦1.1、50°C、42 日保存時）。しかし、総ポリフェノール含量の高い B、C ほど POV が上昇し、これは総ポリフェノールの 50%以上（B では 80%）を占めたクロロゲン酸類がバターへ溶解せず、劣化抑制に作用しないこと、さらにブランチング時に脂質の酸化促進物質である鉄の流失が少なく、フェオフィチンの生成が多かったことも影響していると推測された。これらの結果より、クッキーの脂質劣化を抑制するのは、ブランチングで流失されにくく、バターへの溶解性に優れた脂溶性成分（ビタミン E、クロロフィル類等）であると考えられた。

1. はじめに

揖斐川町では、伊吹山の薬草文化を活用し、ヨモギのブランド化を進めている。ヨモギは、餅や団子に混ぜる「餅草」として、また、様々な効能を備えた「薬草」として古くから利用されており^{1), 2)}、他産地との差別化を図るには栽培技術の向上と優良品種の育種が重要となる。同時に食品の機能性に関する研究が進展し、艾葉の薬効成分として知られてきた 5-Caffeoylquinic acid (5-CQA) や 3,5-Dicaffeoylquinic acid (3,5-DCQA) などのクロロゲン酸類（ポリフェノールの一種）には、抗酸化作用や血糖上昇抑制作用等も報告されており³⁾⁻⁷⁾、これらの活用策を探ることも重要な課題と考えられる。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。そこで、ブランチング条件の異なる乾燥粉末を作成し、それらのポリフェノール含量等を比較した。また、クロロゲン酸類の抗酸化作用について、実際の加工食品での有効性を確認するため、脂質劣化が問題となるクッキーへ利用し、各ヨモギ乾燥粉末の添加効果を検証した。

2. 実験

2.1 原料

揖斐川町春日淀廻の試験圃場にて、平成 23 年 9 月 26 日に収穫した B 系統 No.2 株を使用した。

2.2 乾燥粉末の作成と総ポリフェノール含量等の比較

2.2.1 一次加工および乾燥粉末化

一次加工は、水洗い・水切りしたヨモギを 10 倍量の沸騰水（A: 0.2%重曹水、B: 1%食塩水、C: AとBの等量混液）で 3 分間ブランチングした。これを速やかに水晒しし、水切り後、冷蔵で一晩保存した。乾燥・粉末化は、既報⁸⁾に従い、恒温恒湿器（40°C、10%RH）で約 4 時間乾燥したものをアブソリュートミルで粉碎した。

2.2.2 総ポリフェノール含量等の測定

A~C の各ヨモギ乾燥粉末の水分含量を 105°C 常圧加熱乾燥法⁹⁾により求め、その結果を基に 80%メタノール抽出液を調製した。これを試料原液とし、5-CQA を標品とした Folin-Denis 法⁵⁾により総ポリフェノール含量を、DPPH ラジカル消去法¹⁰⁾により抗酸化活性を測定した。また、クロロゲン酸類の定量は、大西ら²⁾の方法に準じ、高速液体クロマトグラフィーで測定した。

2.2.3 クロロフィル類の測定

各ヨモギ乾燥粉末から 80%アセトン抽出液を調製し、Mackinney 法¹¹⁾によりクロロフィル類（Chlorophyll a、Chlorophyll b）およびフェオフィチンへの変化率（%）を測定した。

2.2.4 ORAC 法による抗酸化活性の測定

各ヨモギ乾燥粉末からジクロロメタン・ヘキサン（1:1）抽出液を調製して親油性 ORAC（L-ORAC）を、抽出残渣の残溶媒を留去し、アセトン・水・酢酸（70 : 29.5 : 0.5）で再度抽出液を調製して親水性 ORAC（H-

ORAC) を測定した。

2. 3 クッキーの試作評価

2. 3. 1 クッキーの作成

既報⁸⁾に従い、薄力粉 200g、無塩バター90g、グラニュー糖 55g、卵白 39g (約1個分)、10mL、粗塩 0.43g をプレーンタイプ (対照) の配合とした。これに対し、無水物として 6.5g に相当する乾燥粉末 (生地重量の約 1.6%) を添加したものをヨモギ配合区とした。生地を混練後、直径 3cm 厚さ 5mm にスライスし、160°C で 13 分間焼成した。これを 50°C で 21 日間および 42 日間保存して検査に用いた。

2. 3. 2 測色検査

測色色差計 (日本電色工業 300A型) を用いて、保存前後の L*a*b*値を測定した。

2. 3. 3 脂質劣化の測定

測色検査を終えた各クッキーから脂質を抽出し、過酸化価 (POV) 及び酸価 (AV) を測定した。

3. 結果及び考察

3. 1 乾燥粉末の作成と総ポリフェノール含量等の比較

3. 1. 1 歩留りと総ポリフェノール含量等の測定

一次加工後および乾燥粉末化後の歩留りを表 1 に示した。一次加工後は C で 10%程度低くなったが、乾燥粉末化後には B>C>A となった。これは、各乾燥粉末の水分 (A: 5.3%、B: 5.8%、C: 5.3%) から無水物に換算しても変わらず、重曹でのアルカリ処理によってセルロースやペクチン、更にはカリウムや鉄等のミネラルが多く流失したためであると考えられた。¹²⁾煮汁の pH も A の 9.21 に対し、B では 7.05、C では 8.75 となっており、ヨモギの質感も B は硬くザラついていたが、A と C は軟化していた。

次に、総ポリフェノール含量、抗酸化活性およびクロロゲン酸類の測定結果を図 1 に示した。それらの数値を比較すると B>C>A となり、B でのブランシングにより流失が顕著に抑制された。一方、これらの数値に関して、総ポリフェノール含量に対する抗酸化活性はほぼ同等の数値となったが、クロロゲン酸類の定量値は用いた塩類によって異なっていた。総ポリフェノール含量に占めるクロロゲン酸類の比率を概算すると、51% (A)、80% (B)、54% (C) となり、重曹を用いたもので顕著に低下していた。これは、HPLC 分析でクロロゲン酸類よりも低極性の成分がいくつか検出されており、これらにも抗酸化ポリフェノールが存在すること、また、クロロゲン酸類よりも流失されにくい性質のため、A と C でその存在比を増していることが原因として考えられた。また、生葉にはほとんど含まれなかった 3,4-DCQA、4,5-DCQA と推定される成分が検出されたが、その比率は塩類の種類に関係なく、ほぼ同じであった。

表 1 ブランシングの違いによる歩留り (%) の比較

一次加工後			乾燥粉末化後		
A	B	C	A	B	C
151	154	144	6.6	8.3	8.1

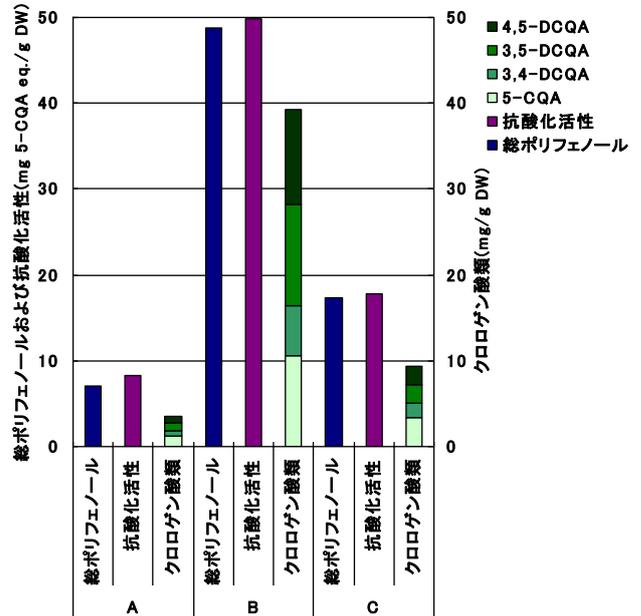


図 1 ヨモギ乾燥粉末の総ポリフェノール含量、抗酸化活性およびクロロゲン酸類の測定値

3. 1. 2 クロロフィル類の測定

クロロフィル類およびフェオフィチンへの変化率を表 2 に示した。重曹濃度が高い A ほどクロロフィル類の含量が高く、フェオフィチンへの変化率は低くなった。フェオフィチンは、クロロフィルのポルフィリンから Mg が脱落したもので、酸性条件下で顕著に生成されること、また、食用植物油に微量に残留する酸化促進成分として知られている。ヨモギには煮汁の pH を低下させるシュウ酸等の有機酸が含まれており、実際の煮汁の pH を良く反映した結果となった。

表 2 クロロフィル類とフェオフィチン変化率

	A	B	C
Chlorophyll a (mg/g)	9.6	7.6	8.4
Chlorophyll b (mg/g)	2.8	2.3	2.3
Pheophytin (%)	2.9	10.1	3.9

3. 1. 3 ORAC 法による抗酸化活性の測定

ORAC の結果を表 3 に示した。測定値は Trolox 当量 (μ mole/g F.W) で表されるが、図 1 の抗酸化活性を同じ単位で表すと 24 (A)、141 (B)、52 (C) となった。この数値と H-ORAC 値とは極めて高い相関 ($r^2=1$) を示し、両者はほぼ同じ評価をしていると考えられた。一方、L-ORAC 値は脂溶性成分の抗酸化活性と解釈されるが、

A、B、C でほとんど変わらないことが明らかになり、脂溶性抗酸化成分は重曹溶液でのブランシングでも流失されにくく、また、クロロゲン酸類はそれらに属さない成分であると推測された。

表3 ORAC 値(μ mole TE/g F.W)

	A	B	C
L-ORAC	75	59	73
H-ORAC	76	510	180
Total-ORAC	151	569	250

3. 2 クッキーの試作評価

3. 2. 1 測色検査

試作したクッキーを図2に、それらの測色値を図3に示した。保存前のヨモギ配合区を比較すると、-a*値(緑色)は A>C>B となり、乾燥粉末のクロロフィル含量と良く一致した。しかし、+b*値(黄色)の差はわずかであり、外観から A と C の判別は困難であった。50℃での保存により、-a*値は急速に低下し、その後+b*値も低下し、何れも一様に退色することが確認された。



図2 試作したクッキー (左からプレーン, A, B, C)

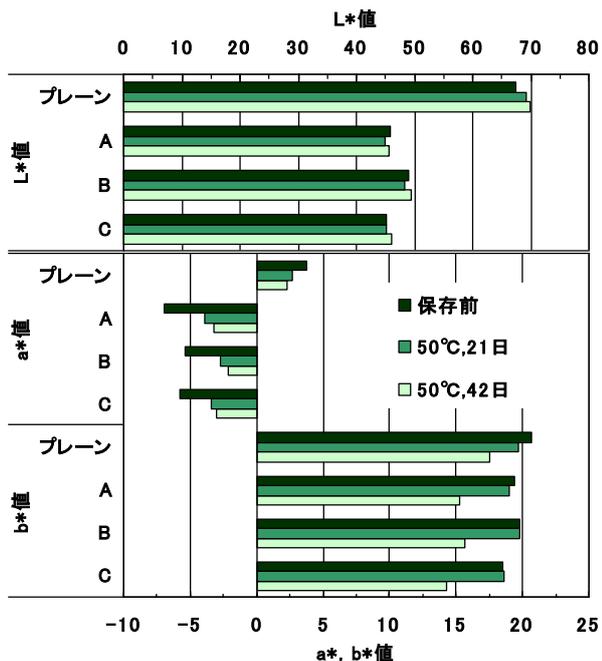


図3 クッキーの測色値

3. 2. 2 脂質劣化の測定

各クッキーの POV の測定結果を図4に示した。42日間の保存でプレーンは著しく上昇したのに対し、ヨモギ配合区は何れも低く抑えられた。また、この際の AV を比較してもプレーンは 5.0 に達したが、ヨモギ配合区は何れも 1.1 であった。しかし、ヨモギ配合区で生地中の総ポリフェノール (A: 0.11mg/g、B: 0.79mg/g、C: 0.28mg/g) が多いほど POV が上昇した。これは総ポリフェノール含量の50%以上(Bでは80%)を占めたクロロゲン酸類のバターへの溶解性が悪く、劣化抑制に作用しないこと、さらにブランシング時に脂質の酸化促進物質である鉄の流失が少なく、フェオフィチンの生成が多かったことも影響していると推測された。これらの結果より、クッキーの脂質劣化を抑制しているのは、ブランシングで流失されにくく、バターへの溶解性に優れた脂溶性成分(ビタミン E, クロロフィル類等)であると考えられた。

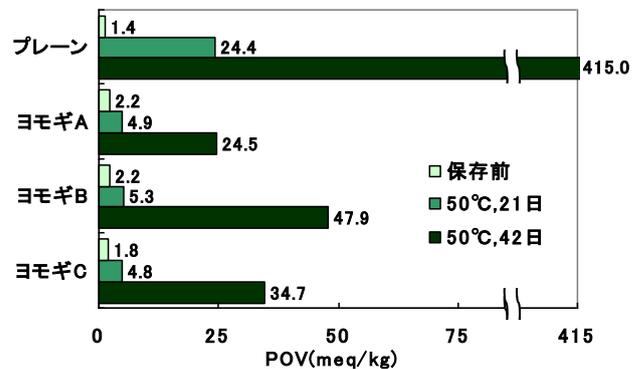


図4 クッキーの POV 測定結果

4. まとめ

ヨモギの一次加工(水洗い-ブランチング-水晒し)において、ブランシング条件(A: 0.2%重曹水、B: 1%食塩水、C: A と B の等量混液)の異なる乾燥粉末を作製し、各種成分等を比較した。総ポリフェノール含量、抗酸化活性(DPPH ラジカル消去、親水性 ORAC)およびクロロゲン酸類は B>C>A となり、B でのブランシングにより、それらの流失が顕著に抑制された。一方、親油性 ORAC での抗酸化活性は、ブランシング条件に関係なく、ほぼ同じ値(A≧C≧B)となり、脂溶性抗酸化成分は重曹溶液でのブランシングでも流失されにくく、また、クロロゲン酸類はそれらに属さない成分であると推測された。以上の結果より、抗酸化活性が高く、鮮緑色も保持された食品を製造するには、B と C のブランシングが参考になると考えられた。しかし、B、C を配合したクッキーほど POV が上昇し、これは主要抗酸化ポリフェノールであるクロロゲン酸類がバターの劣化抑制に作用しないこと、さらにブランシング時に脂質の酸化促進物質である鉄の流失が少なく、フェオフィチンの生成が多かったことも影響していると考えられた。クロロゲ

ン酸類の脂質過酸化抑制⁶⁾およびヨモギ茶熱水抽出物の食用油脂に対する抗酸化活性⁷⁾は報告されているが、何れも人為的に油脂への分散を図ったものであり、加熱調理過程でのバターへの溶解性は低いものと推測された。しかし、生地への乳化剤（シュガーエステル）の配合によりクロロゲン酸類の油脂分散性を高めることが可能であり、また、キレート剤の併用で鉄の影響も軽減できるため、改善は可能であると考えられた。ヨモギの脂溶性抗酸化成分についてはあまり注目されていないが、ビタミンE（4mg/100g F.W）が含まれており、ゆで葉においても減少しないとされる。⁹⁾今回、乾燥粉末でそれらを定量していないが、温和な条件（40℃、4時間）での乾燥後、粉末化しており、この過程での酸化消失は少ないと考えられた。また、クロロフィルやクロロフィリンも暗条件下では酸化抑制に作用することが知られており、これら脂溶性成分が脂質劣化を抑制していると考えられた。また、クロロフィルの酸化生成物（フェオフォルバイド等）については、今後検討を進め、安全性を確認したい。

【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、共同実験者である岐阜女子大学 宍村直美 様、當房あいか 様、福田梨佳 様、岸上明生 様、ORAC試験にご協力頂きました（財）日本食品分析センター名古屋支所 後藤浩文 様、伊藤 猛 様に感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 大城，食べて健康！よもぎパワー，農文協，pp47, 2007.
- 2) 大西ら，関西鍼灸短期大学年報，pp24-26, 1990.
- 3) 湯浅，つくば生物ジャーナル，2004.
- 4) 寺田ら，薬学雑誌，126(8)，pp665-669, 2006.
- 5) 小島ら，埼玉県産業技術総合センター研究報告，3, 2005.
- 6) 藤田ら，薬学雑誌，108(2)，pp129-135, 1998.

- 7) 梶本ら，日本栄養・食糧学会誌，52(4)，pp209-218, 1999.
- 8) 加島，岐阜県産業技術センター研究報告，No. 5, pp49-52, 2011.
- 9) 香川，五訂増補食品成分表 2010，女子栄養大学出版，2009.
- 10) 徳江ら，群馬県工業試験場研究報告，2002.
- 11) 新・食品分析法，pp647-652, 1996.
- 12) 出雲ら，調理科学，12(2)，pp37-40, 1979.

Abstract

For food application of mugwort (*Artemisia indica* var. *maximowiczii*), primary processing (blanching) condition was researched. Blanchings were performed in the boiling water with 0.2% sodium hydrogen carbonate (NaHCO₃), 1% sodium chloride (NaCl), and 0.1% NaHCO₃ and 0.5% NaCl for 3 minute (3 tests). Total polyphenol, DPPH antioxidant property (5-CQA eq) and chlorogenic acid was most retained in the blanching with 1% NaCl (48, 50 and 39 mg/g dry weight, respectively). Total oxygen radical absorption capacity (ORAC) of the blanching with 1% NaCl was also highest (569 μmole TE/g F.W) of all the tests.

The blanched mugwort powder was also applied to butter cookie (1.6% w/w), and peroxide value (POV) of the lipid at 50℃ was monitored for 42 days. Although, POV was lowered in all of the tests (24.5-47.9 meq/kg) comparing with the plane cookie (negative control, 415 meq/kg), the rate was not correlated with the total polyphenol, chlorogenic acid, or antioxidant properties. On the other hand, POV rate correlated with content of pheophytin, an oxidative product from chlorophylls.

These results indicate that polyphenol such as chlorogenic acid does not lower the POV in butter cookie. Prevention of chlorophyll oxidation and retention of vitamin E might contribute for suppressing the POV.