

## 機能性成分の効率的な利用による麺類の高付加価値化

仲島日出男\*<sup>1</sup> 樋口誠一\*<sup>2</sup> 常見崇史\*<sup>2</sup> 茂木八千代\*\*  
矢嶋みづほ\*\*\* 川田由香\*\*\* 三浦理代\*\*\*

### Improvement on the Commercial Value of Value-added Noodles with Efficient Use of Functional Constituents

NAKAJIMA Hideo\*<sup>1</sup>, HIGUCHI Seiichi\*<sup>2</sup>, TSUNEMI Takashi\*<sup>2</sup>, MOTEGI Yachiyo\*\*  
YAJIMA Mizuho\*\*\*, KAWADA Yuka\*\*\*, MIURA Masayo\*\*\*

#### 抄録

血糖上昇抑制作用が報告されているヤーコン葉を使用した機能性麺を開発するため、原料葉に含まれるポリフェノール類を効率的に利用するための原料処理条件について検討した。ヤーコン葉の電子レンジ及び蒸し処理によりポリフェノールオキシダーゼを失活することができた。酵素失活処理を行ったヤーコン葉粉末を添加した生麺では、製麺中のポリフェノール類の損失を抑えることができると同時に、麺生地の色変も防止することができ、生麺の色調の保持にも効果的であった。

キーワード：ヤーコン葉，ポリフェノール，ポリフェノールオキシダーゼ、血糖上昇抑制

#### 1 はじめに

近年、高齢化や健康志向の高まりから、食品による生活習慣病の予防に対する関心が高まっている。このような背景から、機能性素材の添加による各種食品への機能性の付加は、製品の大きなセールスポイントになる。一方、埼玉県は良質な小麦の産地であるとともに全国一の生麺類製造量を誇っている。食品の中でも幅広い年齢層に受け入れられやすく、継続して摂取可能である機能性を付加した麺製品の開発は、消費者の健康志向に応えることができるだけでなく、地場産業の活性化

にも直結するものと期待される。

本研究では、機能性素材としてアンデス山地原産のキク科植物であるヤーコンの葉に注目した。このヤーコン葉の水及び熱水抽出物には食後血糖値の上昇を抑制する作用があることが報告されている<sup>1)4)</sup>。寺田らはヤーコン葉に含まれるポリフェノールの一種であるジカフェオイルキナ酸について、糖質の消化に関連した $\alpha$ -グルコシダーゼを阻害する作用があることを明らかにした<sup>3)</sup>。また、松井らは同じくキナ酸誘導体であるトリカフェオイルキナ酸についても強力なグルコシダーゼ阻害作用があることを報告している<sup>5)</sup>。これらのことから、ヤーコン葉を添加した麺では血糖上昇抑制作用が期待される。我々はこれまでにヤーコン葉添加麺の摂取により食後血糖値の上昇が抑制される傾向にあることを見出した<sup>6)</sup>。これらの機能性を高めていくためには、カフェオイルキナ酸

\*<sup>1</sup> 北部研究所 生物工学部  
(現 北部環境管理事務所)

\*<sup>2</sup> 北部研究所 生物工学部

\*\* (有) 神川薬膳

\*\*\* 女子栄養大学

などのポリフェノール類について、最終製品中での含量を高めることが効果的と考えられる。

ヤーコン葉中には機能性成分であるポリフェノール類と同時にこれを酸化する酵素であるポリフェノールオキシダーゼ(PPO)も存在する。PPOは、基質であるポリフェノールを酸化して褐色の酸化物を生成する<sup>7)</sup>。そのため、ヤーコン葉を添加した麺においては、この酵素により機能性成分であるポリフェノールが失われてしまうだけでなく、酸化生成物による製品の褐変も引き起こされる。そのため、酵素の失活処理が機能性成分や製品色調の保持のために必要である。この酵素の失活を目的とした簡易な処理として湯通しが行われることがある。ヤーコン葉に対してこの茹で処理を行うとポリフェノール含量が大幅に低下する<sup>8)</sup>。そのため、茹で処理によらないうえ、大量の葉の失活処理を効率的に行うことができる加熱処理方法が今後の商品化のためには必要である。本研究では、ヤーコン葉を添加した麺の機能性を向上させるため、原料葉の効果的な酵素失活処理方法について検討するとともに、この酵素失活処理の製品色調や生麺中のポリフェノール含量への効果について検討した。

## 2 実験方法

### 2.1 試料

2005年5月に植え付けられ、同年11月に採取したヤーコン(品種、系統不明)の葉について、以下に示す加熱処理試験を行うとともに、比較として洗浄後の収穫葉をそのまま凍結乾燥した粉末試料と、同時期に収穫した葉を天日乾燥した試料を併せて試験に供した。

### 2.2 加熱処理試験

加熱処理方法として電子レンジによる処理、日本茶の茶葉の酵素失活に用いられている釜炒り及び蒸し処理の3種類を検討した。電子レンジによる熱処理では、ペーパータオル上に広げたヤーコン葉が乾燥するまで加熱処理を行った。釜炒り及び蒸し処理は、緑茶製造の最初の段階で茶葉のPPO活性を失わせるために行われている<sup>8)</sup>。本研

究では、埼玉県農林総合研究センター茶業特産研究所の加工施設を利用して試験を行った。蒸し処理では30及び60秒間の処理時間を変えた試料を測定に供した。釜炒り処理、蒸し処理ともに加熱処理後、60℃で2時間熱風乾燥処理を行った。

また、原料葉の加熱処理と合わせて、ポリフェノール測定時の酵素による影響を除くために、乾燥粉末試料を電気定温乾燥器を用いて135℃で2時間再加熱処理した試料についても合わせて試験を行った。

### 2.3 PPO活性の測定

基質液として10mMのカテコールを含む0.1Mリン酸バッファー(pH 6)を使用し、比色法<sup>9)</sup>によりPPO活性を測定した。50mgのヤーコン葉粉末試料に0.1Mリン酸バッファー(pH 6)を5ml加え、10秒間攪拌した。これを直ちに0.45  $\mu$ mのメンブレンフィルターでろ過し、ろ液200  $\mu$ lを30℃に加温した基質液3mlに注入した。ろ液注入1分後から2分後までの吸光度変化を測定し、これを酵素活性とした。

### 2.4 粉末試料のポリフェノール量の測定

ヤーコン葉粉末0.2gを精秤し、蒸留水45mlを加えて、30秒間攪拌した。この溶液を50mlに定容後、No.2ろ紙を使用してろ過し、測定溶液を得た。この測定溶液の総ポリフェノール量をFolin-Denis法<sup>10)</sup>により測定した。標準としてクロロゲン酸を使用し、試料のポリフェノール量をクロロゲン酸換算で表した。クロロゲン酸標準液及び試料溶液200  $\mu$ lに水4ml、フェノール試薬5倍希釈液を1ml加えた。この溶液に10%(w/v)炭酸ナトリウム水溶液1mlを添加し、暗所で1時間反応させた後、760nmの吸光度を測定した。

### 2.5 生麺中のポリフェノール量の測定

レンジ処理葉加熱葉及び凍結乾燥葉粉末ヤーコン葉を添加した生麺を試作し、この生麺中に含まれるポリフェノール量を測定した。

埼玉県産農林61号の小麦粉を使用し、加水44%、食塩添加量4%で製麺した。小麦粉200gに対して、ヤーコン葉粉末を6%加え、縦型ミキサ

一により低速で3分間ミキシングを行った。この混合粉末に食塩水を加えてミキシング後、ロールギャップ 4.0mm で粗延べ 1 回、複合 2 回を行い麺生地を調製した。1 時間熟成後、圧延 2 回で厚さ 2.5mm として、切刃 10 番で麺線を切り出した。製麺直後及び 4 °C で 24 時間保存後の生麺を凍結乾燥後、乳鉢を使用して粉碎し、生麵粉碎試料を調製した。

この生麵粉碎試料 0.5g を 50%メタノール水溶液 8ml に溶解し、室温で 20 分間超音波処理を行った。処理後 10ml に定容し、15000 × g で 20 分間遠心分離した。得られた上清について既報<sup>6)</sup>と同様の条件で HPLC 分析を行った。

### 2.6 ヤーコン葉粉末添加生地の色調変化

凍結乾燥粉末、電子レンジ処理、30 秒間蒸し処理を行ったヤーコン葉を 2% 添加した麺生地について、圧延直後、20 °C で 2 時間保存後、4 °C 及び 20 °C で 24 時間保存後に日立 U-3210 分光光度計によりその色調を測定した。

## 3 結果及び考察

### 3.1 加熱処理試験

図 1 に加熱処理葉粉末と天日乾燥及び凍結乾燥ヤーコン葉粉末のポリフェノール含量と PPO 活性を示す。釜炒り葉、天日乾燥葉及び凍結乾燥葉では、再加熱試料のポリフェノール検出量が大きかった。サンプルからのポリフェノール抽出中に、酵素活性の残る乾燥葉粉末では PPO による酸化を受け、ポリフェノール検出量が低下したと考え

られる。この検出量の差は、酵素活性が最も高かった凍結乾燥葉で最も大きかった。このため、ポリフェノール量は酵素の影響を除去した再加熱葉での検出量をもとに評価することとした。

釜炒りと蒸し処理を比較すると、釜炒り葉のポリフェノール量が少なく、加熱処理時にポリフェノールが失われたと考えられた。また、ごくわずかではあるが酵素活性を検出しており、酵素失活処理も不十分であった。これに対して、蒸し処理では、30 秒間の処理で酵素活性は不検出となった。ポリフェノール検出量については、凍結乾燥と比較すると少なく、蒸し処理においても処理中のポリフェノールの損失は避けられないと思われた。しかしながら、従来まで行われていた天日乾燥と比較しても、ポリフェノール含量の差は小さく、この損失は許容できるレベルであると判断された。天日乾燥粉末でも酵素活性を検出したことをあわせて考えると、蒸し処理が酵素を完全に失活することができ、かつ従来法と同程度のポリフェノール残存量が得られる効果的な加熱処理方法であるといえることができる。

電子レンジ処理においても、乾燥葉と再加熱処理葉のポリフェノール検出量の差が小さく、同時に酵素活性も検出されなかった。ポリフェノール量は蒸し処理や天日乾燥と同程度であった。電子レンジ処理では同時に大量の葉の処理は難しいものの、完全な酵素失活処理と葉の乾燥処理を同時に行うことができ、小規模の処理方法としては有効であることが確認された。

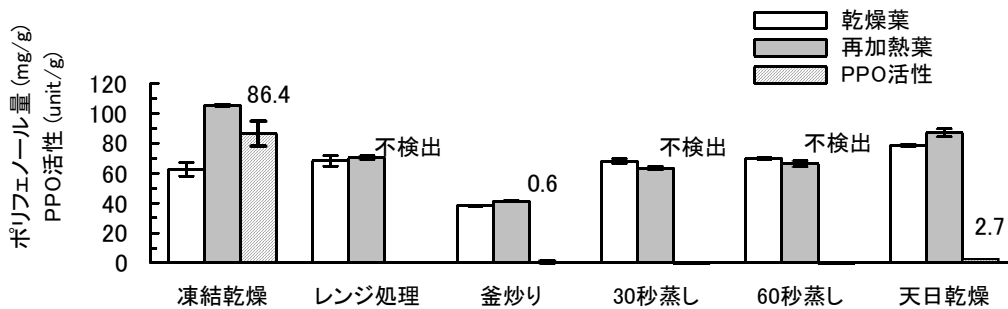


図 1 ヤーコン葉粉末のポリフェノール含量と PPO 活性

誤差線は標準偏差を表す。ポリフェノール含量は 3 回の、PPO 活性は 4 回の測定の平均値である。PPO 活性の数値をグラフ中のラベルでも示した。再加熱葉粉末は乾燥葉粉末を 135 °C で 2 時間加熱したものである。

### 3.2 生麺中のポリフェノール量

凍結乾燥葉及びレンジ処理葉について、それぞれの乾燥葉粉末と再加熱葉粉末を添加した生麺の、製麺直後と 24 時間後のポリフェノール量を図 2 に示す。凍結乾燥葉を添加したものでは、乾燥葉粉末と再加熱葉を比較すると製麺直後の段階からポリフェノール検出量に大きな違いが見られた。これは、凍結乾燥葉では PPO 活性が高く、製麺中にポリフェノールが酸化されたためであると考えられた。また、4 °C 24 時間保存によりポリフェノール量がさらに半分以下となっており、酵素の失活処理を行わないヤーコン葉を添加した生麺では、ポリフェノールが大幅に減少することが明らかとなった。

これに対して、酵素の失活処理を行ったレンジ

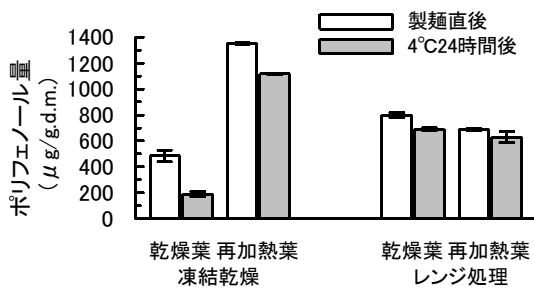


図 2 ヤーコン葉を添加した生麺のポリフェノール含量

誤差線は標準偏差を表す (n=2)

処理葉では、製麺直後と 24 時間後のポリフェノール量の差が小さく、添加したポリフェノールが安定して生麺中に存在していた。このことから、酵素失活処理がポリフェノール量の維持に効果的であることが確認された。酵素失活を目的とした場合には、乾燥粉末の再加熱によってもポリフェノールの保持効果が得られた。しかしながら、再加熱により焦げ臭が強くなることから、製品に添加することは難しいと思われた。レンジ処理や蒸し処理葉粉末では、再加熱葉で見られたような食味の低下が見られなかったことから、生麺の段階での酵素失活処理が食味の点でも好ましいといえることができる。

### 3.3 麺生地の色調変化

凍結乾燥、天日乾燥、レンジ及び蒸しによる加熱処理葉を添加した麺生地の色調測定結果を図 3 に示す。上段に示した生地の明度 (L\*) は、いずれの試料においても 24 時間の保存中に低下していた。4 °C の冷蔵保存の明度低下は、室温下での 2 時間保存と同程度であった。いずれの測定時間においても、レンジ処理、蒸し処理及び天日乾燥葉の L\* 値は同程度であった。これに対して凍結乾燥葉を添加したものでは L\* 値が最も低く、また 24 時間での値の低下も最も大きかった。

赤色に関連した指標である a\* 値は、PPO によ

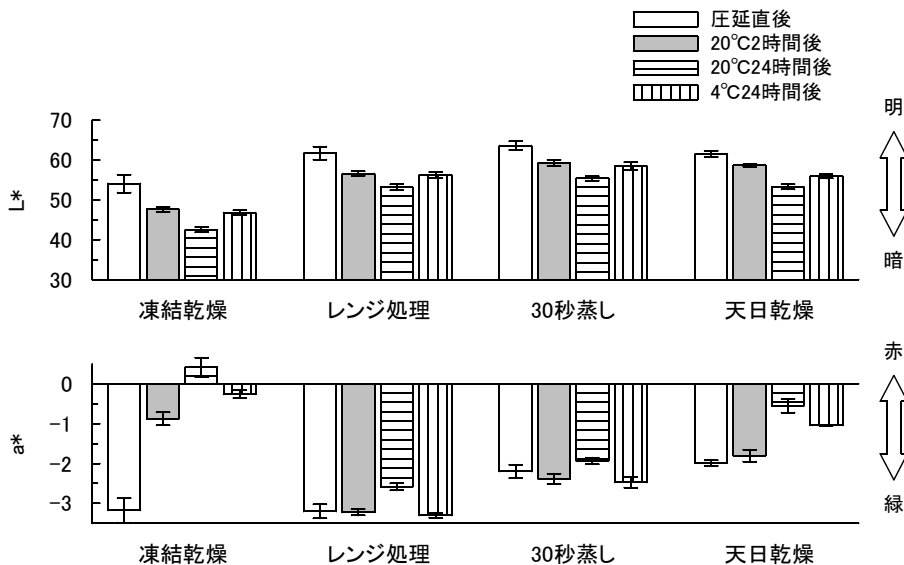


図 3 ヤーコン葉を添加した生地の色調測定結果

上段から L\* 値、a\* 値。誤差線は標準偏差を表す (n=4)。

る生地の変色に最も関連した数値であるということが出来る。4種類のヤーコン葉試料について比較すると、圧延直後においては凍結乾燥とレンジ乾燥で  $a^*$ 値が最も小さく、生地の緑色が強いことを示していた。30秒蒸しと天日乾燥は、これらと比較するとやや緑色が薄くなっていた。24時間までの保存中に、PPO活性が最も高かった凍結乾燥葉を添加したもので最も大きな変化を示しており、4℃の保存でも  $a^*$ 値の増加は大きかった。一方、わずかながら PPO 活性を検出した天日乾燥粉末でも 24時間の保存で褐変が進んだ。これらに対して、酵素の失活処理を行ったレンジ及び30秒蒸し処理をしたものでは、24時間の冷蔵保存中に値の変化は見られなかった。このように、原料葉の加熱処理により酵素を失活することで、製品の褐変が抑制され、麺の緑の色調が保持されることが確認できた。

#### 4 まとめ

ヤーコン葉に含まれるポリフェノール類を効率的に利用できる原料処理条件について検討した。熱処理方法として、電子レンジによる葉の熱処理及び乾燥処理、日本茶の製法である釜炒り処理及び蒸し処理について検討したところ、電子レンジ処理及び蒸し処理が PPO の失活処理方法として有効であることが確認された。酵素失活処理を行ったヤーコン葉粉末を添加した生麺では、製麺中のポリフェノール類の損失を抑えることができると同時に、麺生地の褐変も防止することができ、生麺の色調の保持に効果的であった。これらの加熱処理がヤーコン葉添加麺の機能性向上及び製品品質向上に有効であると考えられた。

#### 謝辞

本研究を進めるに当たり、客員研究員として、埼玉大学工学部の松岡浩司助教授から御指導をいただき、深く感謝の意を表します。また、ヤーコン葉の加熱処理にご協力いただいた埼玉県農林総合研究センター茶業特産研究所の小川英之専門研

究員と岸保宏技師に心より感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 高道広, 近藤洋史, 大沢弘宜, 小幡淳雄, 伊藤紀久夫, 小出祐治, 寺田純男, 坂登光夫: ヤーコン葉による食後過血糖の抑制, 和漢医薬学雑誌, **14**, (1997) 352
- 2) 寺田澄男, 伊藤紀久夫, 高道宏, 生越直仁, 野口直人, 小出祐治: ヤーコン地上部の  $\alpha$ -グルコシダーゼ阻害活性成分と血糖上昇抑制活性, Natural Medicines, **57**, 3 (2003) 89
- 3) M. J. Ayber, A. N. S. Riera, A. Grau and S. S. Sanchez: Hypoglycemic effect of the water extract of *Smallanthus sonchifolius* (yacon) leaves in normal and diabetic rats, J. Ethnopharmacol., **74**, (2001) 125
- 4) T. Miura, Y. Itoh and T. Ishida: Hypoglycemic and hypolipidemic activity of the leaf of *Smallanthus sonchifolius* in genetically type 2 diabetic mice, J. Trad. Med., **21**, (2004), 275
- 5) T. Matsui, S. Ebuchi, T. Fujise, K. J. M. Abesundara, S. Doi, H. Yamada and K. Matsumoto: Strong antihyperglycemic effects of water-soluble fraction of Brazilian propolis and its bioactive constituent, 3,4,5-Tri-*O*-caffeoylquinic acid, Biol. Pharm. Bull., **27**, 11 (2004) 1797
- 6) 小島登貴子, 仲島日出男, 常見崇史, 茂木八千代, 矢嶋みづほ, 川田由香, 三浦理代: 機能性成分の効率的な利用による麺類の高付加価値化, 埼玉県産業技術総合センター研究報告, **3**, (2005) 73
- 7) 村田容常, 本間清一: ポリフェノールオキシダーゼと褐変制御, 食科工, **45**, (1998) 177
- 8) 村松敬一郎編: 茶の科学, 朝倉書店, (1991) 52
- 9) 農林水産技術会議事務局編: 昭和 48 年度食品分析研究会報告書, p278
- 10) 鈴木誠, 渡辺敏郎, 三浦麻子, 原島恵美子, 中川靖枝, 辻啓介: Folin-Denis 法による総ポリフェノール量測定のための抽出溶媒の検討, 食科工, **49**, (2002) 507