

## 機能性成分の効率的な利用による麺類の高付加価値化

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

### Study on Value-added Noodles with Efficient Use of Functional Component

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

#### 抄録

県産の農林 61 号の小麦粉にヤーコン葉粉末を添加した麺を試作し、ゆで麺のグリセミックインデックスを測定したところ、血糖上昇を抑制する傾向が見られた。ヤーコン葉の総ポリフェノール量は収穫時期や部位により異なり、これに伴いラジカル消去能も変化した。ヤーコン葉の機能性成分の含有量の指標としては、測定が容易である総ポリフェノール含量が有用であると示唆された。さらに、農林 61号への他の県産小麦粉のブレンドやシクロデキストリンの添加により、機能性成分の保持効果が向上する傾向が認められた。

キーワード：麺類，機能性，ヤーコン葉，ポリフェノール，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“体によい”機能性食品の需要が拡大しており、各種食品への機能性の付加は、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おり、食品の中でも幅広い年齢層に受け入れられやすい麺類について、機能性を付加した特徴ある麺製品の開発は、地場産業の活性化に直結するものと期待される。

麺類に各種成分を添加した例はこれまでも多くあるが、ゆで時の成分の溶出は明らかにされて

おらず、こうした影響を踏まえたうえで、効率的な添加方法の検討が必要とされる。

本研究では、機能性成分としてヤーコン葉に含まれ、血糖上昇抑制作用を有する 3,5-ジカフェオイルキナ酸(3,5-DCQA)に注目した。3,5-DCQAはキク科の植物に多く含まれるポリフェノールの一種であり、 $\alpha$ -グルコシダーゼを阻害することによる血糖上昇抑制効果を有することが報告されている<sup>1)</sup>。そこで、ヤーコン葉やこれを添加した麺中のポリフェノールの分析を行い、製麺方法を検討することとした。

#### 2 実験方法

##### 2.1 原材料

収穫時期、部位及びゆで処理の有無が異なる 11 種類のヤーコン葉粉末(表 1)を試験に供した。少量試験製麺用の小麦粉として、市販の外麦(日清製粉、白椿)と埼玉県産の農林 61 号(前田食品、

<sup>\*1</sup> 北部研究所 生物工学部 (現 新産業育成課)

<sup>\*2</sup> 北部研究所 生物工学部

<sup>\*\*</sup> (有)神川菜膳

<sup>\*\*\*</sup> 女子栄養大学

表1 ヤーコン葉粉末の性状

試料 No.	水分(%)	ゆで処理	色	苦み
1	10.4	有	黄緑	弱
2	9.0	無	深緑	強
3	9.9	無	深緑	やや強
4	8.6	有	緑	やや強
5	8.9	無	やや深緑	強
6	11.0	無	やや深緑	強
7	10.3	無	薄緑	弱
8	10.0	無	黄緑	強
9	11.2	有	やや深緑	やや強
10	9.1	有	薄緑	弱
11	10.1	有	やや深緑	やや強

桜つばめ)、あやひかり(同、茜)及びハルイブキを用いた。

## 2.2 少量試験製麺

小麦粉 300 g に対して、加水 36 ~ 38%、食塩 2%、ヤーコン葉粉末等を加え製麺した。大竹製麺機を用い、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。圧延 2 回で厚さ 2.2 ~ 2.5mm として、切刃 10 番で麺線を切り出した。

## 2.3 ゆで方法、歩留まり測定

ステンレス製の寸胴鍋に水道水 3 ~ 5l を入れ、pH 調剤(ニューメンソルト・S)を 1g/l 添加した。電熱ヒーターを用いて加熱沸騰後、生麺を 100 ~ 400g 投入し、所定の時間ゆでた後、水道流水下で冷やし、ステンレス製のざるで水を切った。ゆで麺の重量を測定し、(ゆで麺の重量)/(生麺の重量)から歩留まりを算出した。

## 2.4 水分測定

小麦粉、ヤーコン葉粉末の水分は 135、1 時間乾燥法により、ゆで麺の水分は 135、2 時間乾燥法により測定した。

## 2.5 ゆで麺のグリセミックインデックス測定

### 2.5.1 製麺

農林 61 号の小麦粉及びヤーコン葉粉末 No.1 を使用し麺を試作した。あらかじめゆで試験を行い、適切なゆで条件を設定するとともに炭水化物 50g に相当する麺の量を算出した。

### 2.5.2 グリセミックインデックス(GI値)の測定

GI 値の測定は杉山らの方法<sup>2)</sup>により行った。

被検者は 22 ± 2 歳の健常女性 11 人で、炭水化物 50 g に相当する基準食として無菌包装米飯(サトウ食品) 147g を、同様に試験食としてゆで麺 188g を糖質を含まないだしつゆと共に摂取した。被検者は 10 時間以上の絶食後に空腹時血糖を測定し、その後基準食または試験食を摂取した。咀嚼時間 3 分で嚥下後、15、30、45、60、90、120 分後の計 6 回、自己血糖測定器(グルテストエース三和化学研究所)を用い血糖値を測定した。

### 2.5.3 GI値の評価

食品の GI 値は試験食摂取後の血糖曲線下面積の比率として定義されている<sup>2)</sup>。少なくとも 2 回測定した基準食と試験食の血糖曲線下面積の平均を被検者ごとに計算した。2 回の血糖曲線下面積の差が 25%を超える場合は、再度 GI を測定した。平均値の有意差検定は Excel 統計 2000 を用いて解析した。

## 2.6 グルコシダーゼ阻害活性の測定

ヤーコン葉粉末 No.1 及び No.2 の水溶性画分について、 $\alpha$ -グルコシダーゼ阻害活性を小腸粘膜固定化酵素系<sup>3)</sup>を用いて検討した。ブタ小腸粘膜より硫酸塩析により部分精製した  $\alpha$ -グルコシダーゼを CNBr-Activated Sepharose 4B 上へ固定化し、 $\alpha$ -アラニンを用いてブロッキングを行った。試料 500 $\mu$ l 及び基質として 20mM p-nitrophenyl-D-glucoside を 500 $\mu$ l 加え、37℃ で 90 分間インキュベートした。加圧濾過により酵素反応を止め、濾液を 100 $\mu$ l 採取し、1M 炭酸ナトリウム 100 $\mu$ l を加えた。室温で 3 分インキュベート後、マイク

口プレートリーダーで 415nm の吸光度を測定した。

## 2.7 ポリフェノール測定

### 2.7.1 抽出

ヤーコン葉粉末 0.1g を遠心管に精秤し 80%メタノールを 5ml 加えて、40℃ で 30 分間超音波処理した。その後 3000 × g で 10 分間遠心分離した。この抽出操作を合計 3 回行い、各回の上清を合わせて 25ml にメスアップして測定試料とした。

また、生麺については試料 2.5g を、ゆで麺については試料 5.0g をそれぞれ遠心管に精秤し、メタノール 6ml を加え、90 秒ホモジナイズ(日立製 HG30)した後、ヤーコン葉と同様の超音波抽出を計 3 回行い、各回の上清を合わせて 25 ml にメスアップし、測定試料とした。なお、抽出溶媒については、2 回目まではメタノールを使用した。3 回目については 80%メタノールを用いた。

### 2.7.2 総ポリフェノール量の測定

Folin-Denis 法はフェノール試薬を用いた反応で特殊な技術や機械が必要なく簡易迅速な方法であることから<sup>4)</sup>、この手法を用いてヤーコン葉中の総ポリフェノール量を測定した。標準として D-(+)-カテキン (SIGMA) を用いた。カテキン標準液 (10 ~ 100µg/ml) 及び抽出液 200µl に水 4ml、フェノール試薬(関東化学)5 倍希釈液を 1ml を加え、10 % (w/v)炭酸ナトリウム溶液 1ml を入れ、暗所で 1 時間反応させた後 760nm の吸光度を測定した。

### 2.7.3 ポリフェノール測定 (HPLC)

11 種類のヤーコン葉粉末と、No.5 のヤーコン葉粉末を添加した少量試作麺中のポリフェノールの成分について HPLC による定量を試みた。逆相系カラム (Nacalai 5C18-MS) を用い、流速 0.8ml/min で、溶離液 A (10 mM リン酸/CH<sub>3</sub>CN = 10/90) 100% から 15 分で A を 50%、B (CH<sub>3</sub>CN) を 50%とし、検出波長 326 nm で測定を行った。標準としてクロロゲン酸 (和光純薬)、カフェ酸 (同、1 級) 及びヤーコン葉粉末 No.5 から分離精製した 3,5-DCQA を用いた。

## 2.8 ヤーコン葉粉末の抗酸化性の評価

### 2.8.1 抽出

ヤーコン葉粉末試料 0.1g を精秤し、80%エタノール 4ml を加え、ホモジナイザーにより 1 分間抽出した。シャフトの洗浄液 4ml と合わせて 5 分間遠心分離し、上清を 25ml メスフラスコに入れた。この抽出操作を 2 回繰り返す、各回の上清を合わせて 25 ml にメスアップし、濾紙を用いて濾過した。

### 2.8.2 ラジカル消去能測定

1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH、和光純薬) を用いラジカル消去能を測定した<sup>5)</sup>。80%エタノールによるポリフェノール粗抽出液を 2ml 試験管にとり、200mM 2-Morpholinoethanesulphonic Acid (MES) buffer (pH6.0) を 1ml、蒸留水を 0.2ml、50%エタノールを 0.8ml 加えて試料液とした。試験管に 200mM DPPH を 1ml、200mM MES buffer (pH6.0) を 0.5ml、蒸留水を 0.5ml 加え、さらに試料液 aml (0.2 ~ 1.6ml) と 50mM MES buffer (pH6.0) / 50%エタノールを(2-a)ml 加え、2 分後に 520nm の吸光度を測定した。試料が着色していたので、DPPH の代わりにエタノールを加えた溶液の吸光度を差し引き DPPH50%消失量を算出した。

## 3 結果及び考察

### 3.1 ゆで麺のGI値

ヤーコン葉粉末 (No.1) の添加及び無添加の試

作麺の GI 値の測定結果を表 2 に示す。被検者 11 人の GI 値の平均は、ヤーコン添加麺で 86、標準偏差は 23、無添加の麺でそれぞれ 95、33 であった。いずれも基準食に比べ

表 2 GI 値測定結果

被験者	添加	無添加
1	75	71
2	102	86
3	54	99
4	78	146
5	83	79
6	50	37
7	71	62
8	100	130
9	123	131
10	117	128
11	90	71
平均	86	95

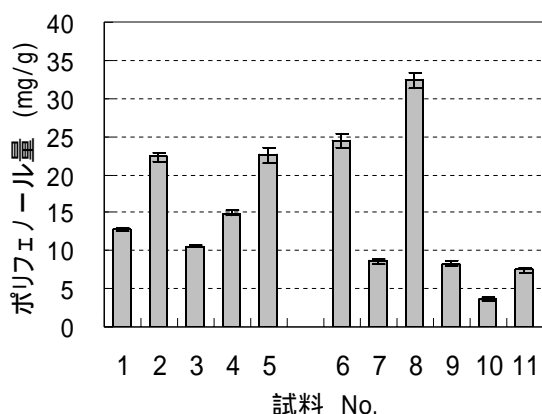


図1 ヤーコン葉粉末中の総ポリフェノール含量 (カテキン換算)

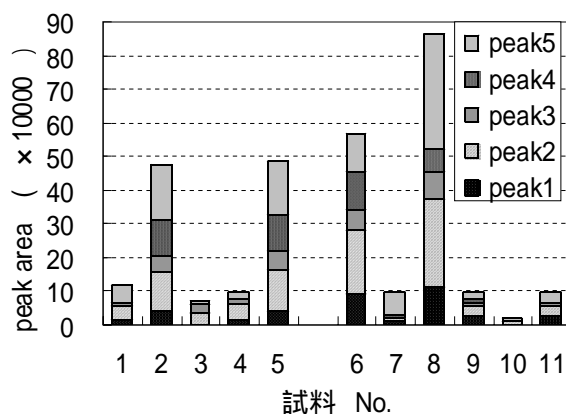


図2 HPLC測定結果  
peak1: クロロゲン酸  
peak4: 3,5-DCQA

表3 ヤーコン葉粉末中の3,5-DCQAの定量結果 (単位: mg/g)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3,5-DCQA	ND*	1.76	ND	0.18	1.84	1.49	0.16	0.70	0.24	ND	ND

\* 検出限界以下

GI 値が低下した。これらの間に有意差は認められなかったもののヤーコン葉粉末添加麺での低下幅が大きかった。

### 3.2 グルコシダーゼ活性阻害

ヤーコン葉粉末 No.1、No.2 とともに グルコシダーゼを強力に阻害し、IC<sub>50</sub> が No.1 で 0.4%、No.2 で 0.09%と No.2 の方がより阻害の程度が大きいことが認められた。

### 3.3 ヤーコン葉粉末のポリフェノール量

11種類のヤーコン葉のポリフェノール総量(カテキン換算)を図1に、HPLCによる測定結果を図2及び表3に示す。この結果、葉の収穫時期や部位により総ポリフェノール量が異なることが分かった。ゆで処理の有無(No.6 ~ 11)について比較すると、ゆで処理により総ポリフェノール含量が半分以下となった。また、総ポリフェノール含量が高い試料ほど苦み強い傾向にあった。

一方、HPLC 測定から得られた主要な5つのピークを図2に、3,5-DCQA の定量結果を表3にそれぞれ示す。ピーク1及び4はそれぞれクロロゲン酸、3,5-DCQA であり、ピーク2、3及び5については、竹中らの報告<sup>9)</sup>からそれぞれジカフェオイルアルトラル酸、ジカフェオイルオクツロン

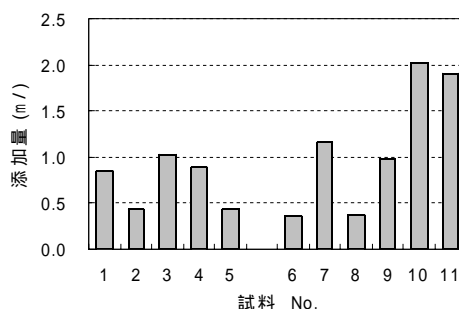


図3 DPPHラジカル50%消去能

酸の誘導体、トリカフェオイルアルトラル酸であると推定された。そして、これらのピーク面積の合計は、総ポリフェノール含量と高い相関( $r=0.96$ )を示した。また、GI値測定に用いた葉No.2の3,5-DCQA含有量はごく微量であったが、

- グルコシダーゼ活性阻害を示したことから、3,5-DCQA以外のポリフェノールも活性阻害を持ち、阻害能は総ポリフェノール含量と関連することが推察された。

### 3.4 ヤーコン葉粉末のラジカル消去能

ヤーコン葉粉末のDPPHラジカル50%消去能を試料液の添加量で比較した(図3)。図中、添加量がいほど抗酸化性が高いことを示している。そしてこの添加量と先の結果得られた総ポリ

フェノール量との間には高い負の相関( $r = -0.902$ )が認められた。つまり、ポリフェノール含量の高いヤーコン葉を用いることで、高い抗酸化性の付与も期待されるといえる。

### 3.5 ゆで麺の歩留まり

図4に、各種粉末を添加し少量試作した麺を10分ゆでたときの麺の水分と歩留まりを、使用した小麦粉別に示す。

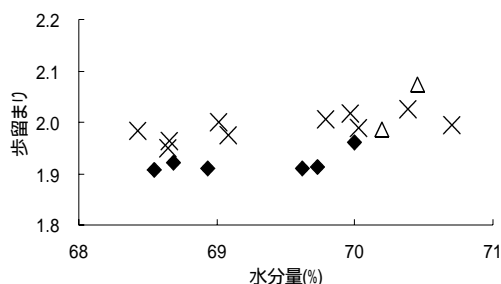


図4 試作麺の水分と歩留まり  
農林61号, ● あやひかり, x ASW

この結果、農林61号の麺はASWやあやひかりの麺に比べて歩留まりが低く、ゆで溶けしやすい傾向にあることが示された。

### 3.6 ブレンド粉による少量試作麺

これまでの研究<sup>7)</sup>から示された製麺性の良好な小麦粉ブレンド割合(農林61号:あやひかり:ハルイブキ = 5:4:1)のブレンド粉にポリフェノール含量の比較的高いヤーコン葉粉末(No.5)を添加した麺、さらに $\beta$ -シクロデキストリン(CD)を添加した生麺をそれぞれ10分ゆでた後、麺に含まれるポリフェノールを抽出し、HPLCで定量した。農林61号、ブレンド粉、ブレンド粉+CDの麺の順に、歩留まりは2.069、2.096、2.074で、ゆで麺の水分は69.9、70.0、69.8%、3,5-DCQAの含量は $3.0 \pm 0.19$ 、 $4.0 \pm 0.02$ 、 $4.1 \pm 0.31$ であった。このように、ブレンド粉使用やCDの添加によりゆで麺中の3,5-DCQA含量の上昇傾向が見られるとともに、CD添加では無添加に比べゆで後の緑色がやや勝り、色調が良好な麺となった。

## 4 まとめ

ヤーコン葉中のポリフェノール含有量は収穫期や部位により異なり、これに伴いラジカル消去能

も変化することが分かった。このためヤーコン葉添加麺の品質を一定に保つためには、葉の収穫時期の適正化と機能性成分の把握が重要である。そして成分含有量の指標として、測定が容易である総ポリフェノール含量の測定が有用であると示唆された。また、製麺において農林61号に他の県産小麦粉をブレンドしたり、CDを添加することで、3,5-DCQAの保持効果が向上する傾向が認められた。

## 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、並びに独立行政法人食品総合研究所の竹中真紀子研究員から御指導を頂き、深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 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 $\beta$ -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
- 2) 杉山みち子他: ごはん食とGlycemic Indexに関する研究, *日本健康・栄養システム学会誌*, **3**, 1(2003) 1
- 3) 松本利郎: 食品成分による糖尿病予防, *New Food Industry*, **45**, (2003) 1
- 4) 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
- 5) 食品総合研究所編集・発行, “食品の機能性評価マニュアル集” 農林水産省 農林水産技術会議事務局 食品総合研究所(1999) p.16-18
- 6) Makiko Takenaka, Xiaojun Yan, Hiroshi Ono, Mitsuru Yoshida, Tdaihiro Nagata, and Tateo Naknishi :Caffeic Acid Derivatives in the Roots of Yacon, *J. Agric. Food Chem.*, **51**, (2003) 793
- 7) 仲島日出男, 小島登貴子, 鈴木敏正: 小麦タンパク質成分と製麺性に関する研究, 埼玉県工業技術センター研究報告, **3**, (2001) 261