

大豆粉入りグルテンフリー麺の反栄養素含量の評価†

善野修平*, 原田舜典**, 小林卓**

Evaluation of anti-nutrient content of gluten-free noodles with soy flour†

Shuhei Zenno*, Shunsuke Harada** and Suguru Kobayashi**

Phytic acid (PA) and trypsin inhibitor (TI) were analyzed for rice flour based gluten-free noodles containing soy flour. Raw noodles and their boiled noodles have PA of 6.33 mg/g and 4.50 mg/g, TI of 8.70 TIU/mg and 0.29 TIU/mg, respectively. Dry noodles and their boiled noodles have PA of 5.93 mg/g and 5.83 mg/g, TI of 2.92 TIU/mg and 0.05 TIU/mg, respectively. And dry noodles added with mulberry flour and its boiled noodles have PA of 6.11 mg/g and 5.77 mg/g, TI of 5.43 TIU/mg and 0.55 TIU/mg, respectively. The above results suggest the following matters. In the manufacturing process of dried noodles from raw noodles, 70% of TI is inactivated and 30% of PA disappears. By boiling of dry noodles, most of TI activity and PA are disappear. On the other hand, when raw noodles are boiled, most of the TI activity is inactivated, but PA remains 70%. Adding of mulberry flour increases the TI activity to about twice.

Key words : Phytic acid, Trypsin inhibitor, Gluten-free noodles, Soy flour, Mulberry flour

1 はじめに

米国のスーパーでは、食料品売り場にグルテンフリーの文字が並ぶ。まだ、日本ではそれほど大きく取り上げられていないが、グルテンフリーの食事療方は世界的に広がっている。グルテンはラテン語の *glue* (接着) を語源とする。小麦などの穀物に多く含まれるグルテニンとグリアジンという 2 種のタンパク質が絡み合っ、粘りと弾力性を持つグルテンに変わる¹⁾。すなわち、グルテンはもともと小麦そのものに、含まれていなかった成分であるといえる。

小麦製品からのグルテンの大量摂取は、胃腸障害を伴うセリアック病やグルテン過敏症、リーキーガット症候群などを引き起こす。また、酸素毒性や中毒性も指摘されており、老化や癌、動脈硬化などをもたらす原因となると考えられている。そのような理由から、米国ではグルテンフリーの商品が人気となっている。

グルテンフリーである大豆は、タンパク質を非常に多く含む (35%)、「畑の肉」とも呼ばれている²⁾。ビタミン B1, B2, B6 等のビタミンやカリウム、カルシウム、マグネシウム、鉄、亜鉛等のミネラルも豊富に含んでいる。しかしながら、大豆には人体に有毒な作用を持つ植物性化学物質 (反栄養素) が多く含まれる。その反栄養素の代表として、フィチン酸、酵素阻害物質、ゴイトロゲン (甲状腺腫誘発物質) の 3 つがある。

フィチン酸は種子など多くの植物組織に存在する主要なリンの貯蔵形態で、*myo*-イノシトールの六リン酸エステルである (Fig.1)。キレート作用が強く、多くのミネラル (亜鉛, 銅, 鉄, マグネシウム, カルシウム) と強く結合して、ミネラルを水に溶けなくし、腸からのミネラル吸収を妨害し、体内のミネラル不足を招く。一方、その強いキレート作用は、腸管での酸化ダメージを軽減するので、大腸がん予防に効果があるとされている。

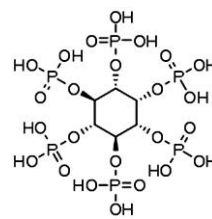


Fig.1 Structure of phytic acid.

酵素阻害物質は、栄養分であるタンパク質や炭水化物を加水分解する酵素 (プロテアーゼやアミラーゼ) の消化作用を妨害する。その影響で身体に吸収できる栄養素が減り、腸内細菌叢に乱れが生じ、不快感や鼓腸、機能障害が生じる。酵素阻害物質の代表格であるトリプシンインヒビターは、タンパク質分解酵素トリプシンの作用を阻害するタンパク質であり、体内でトリプシンに結合

† 原稿受理 平成30年2月28日 Received February 28, 2018

* 生物工学科 (Department of Biotechnology)

** 生物工学科学生 (Department of Biotechnology)

して機能させなくする。その結果、不足したトリプシンを補うために、膵臓の肥大化を導く。一方、大豆由来のクニッツ型トリプシンインヒビターはウロキナーゼの発現を抑えて、がん転移を抑制するといわれている³⁾。

ゴイトロゲン⁴⁾はヨウ素の取込みを阻害し、甲状腺の機能障害を引き起こし、甲状腺ホルモンの生成を妨害する。大豆ではサポニンとイソフラボンがゴイトロゲンである。大豆サポニンはソヤサポゲノール（非糖部）に糖が付加したソヤサポニン I (soyasaponin I, Fig.2) などの配糖体である。Soyasaponin I には、抗高脂血症作用⁴⁾やがん増殖抑制作用^{5), 6)}が報告されている。大豆イソフラボンはフラボノイドで、ゲニスチン、ダイゼイン、グリシチンなどの配糖体と、グリシテイン、ダイゼイン、ゲニステイン (genistein, Fig.2) などの非配糖体がある。代表格であるゲニステインには、甲状腺の機能低下の他に、発毛の減退、記憶喪失の進行、子宮内膜症の危険性などのマイナスな面がある一方、エストロゲン（女性ホルモン）様の機能による月経不順や更年期障害の改善、美肌効果、がんや骨粗鬆症の予防、悪玉コレステロールの排除などのプラスな面も持っている。2006年5月、厚生労働省は「大豆イソフラボンを含む特定保健用食品の安全性評価の基本的な考え方」を発表した⁷⁾。75 mg/day をヒトの安全な大豆イソフラボンの1日上限摂取目安量と定めている。

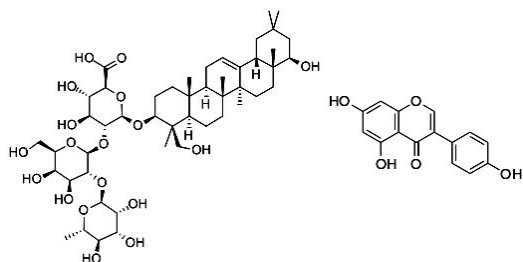


Fig.2 Structure of soyasaponin I (left) and genistein (right).

上記に示したように、大豆を加工した食品を製造し販売する際には、反栄養素がどれだけ最終製品に残存しているかを評価しておくことは大変重要である。本研究では、反栄養素としてのフィチン酸とトリプシンインヒビターについて、大豆粉を含んだ米粉麺の最終製品である乾麺・生麺、そして食する前の茹麺と、原材料である大豆粉にどれだけの含量が存在するかを明らかにする。

2 フィチン酸量の評価

グルテンフリー麺に使用する大豆粉に、どれだけのフィチン酸が存在するかを評価し、製麺加工過程でどれくらいのフィチン酸が軽減したかを明らかにする。試験するグルテンフリー麺には、大豆粉入り乾麺、大豆粉桑粉入り乾麺、大豆粉入り生麺がある。これらの麺を茹でた後の茹麺には、どれほどのフィチン酸が残存しているかを評価し、最終的に消費者が口にするフィチン酸量を明らかにする。

2・1 材料と方法

2・1・1 測定サンプル

測定サンプルとしては、原材料である反栄養素を含む大豆粉(Fig.3)と大豆粉入りのグルテンフリー麺(Fig.4)を用いた。

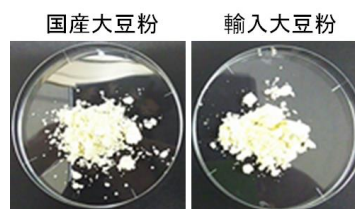


Fig.3 Domestic soy flour (left) and imported soy flour (right).



Fig.4 Gluten-free noodles with soy flour.

グルテンフリー麺については、米粉ベースに大豆粉20%添加の「大豆粉入り乾麺」とその生麺、および米粉ベースに大豆粉20%添加にさらに桑粉も加えた「大豆粉桑粉入り乾麺」の3つを、茹でる前と後のフィチン酸量を評価した。乾麺の茹で時間は5分間とし、生麺の茹で時間は2分間とした。

2・1・2 生麺の調製

大豆粉を含んだ米粉生麺(大豆粉入り生麺)は、Fig.5に示す大豆粉入り生麺用粉(左)とつなぎ水(中)と製麺器(右)を用いて製造した。



Fig.5 Powder for raw noodles (left), connecting water (middle) and noodle making machine (right).

具体的には、大豆粉入り生麺用粉 83.6 g に麺にするためのつなぎ水 41 g を加え、ボールを使ってしっかりと練ってから、Fig.6に示すように製麺器に入れて押し出し、大豆粉入り生麺を作製した。



Fig.6 A state of extruding raw noodles from a noodle making machine.

2・1・3 フィチン酸の抽出

乾麺サンプルについては、フィチン酸抽出作業に入る前に、ビニール袋に入れ木づちでできるだけ粉々にしてから、さらに乳鉢で細かくした。その他のサンプルはそのまま抽出作業に使用した。各サンプルを 50 mL 容量のファルコンチューブに 1 g ずつ分取し、それに 2.4%(v/v)塩酸を 10 mL (サンプルの 10 倍量) ずつ加えた。ここで、生麺や茹麺については葉さじでかき混ぜてある程度小さくした。その後、全てのサンプルはボルテックスミキサーにて十分混合してから、1~24 時間、室温にて振とう混合し、フィチン酸を抽出した。ここで抽出されるフィチン酸量は、1 時間と 24 時間で大差がなく、抽出時間は 1 時間で十分であることを確認した。その抽出作業後の混合懸濁液を 13,000g で遠心分離して、その上清を測定用原液サンプルとした。この遠心分離は上清がほぼ透明になるまで行った。具体的に 4~5 回、この遠心分離作業を繰り返した。

2・1・4 フィチン酸の定量

フィチン酸の定量は Wade 法⁹⁾により行った。2・1・3のように調製した原液サンプル(上清)を、純水で 5~30 倍に希釈して測定サンプルとした。陰性コントロールとしては純水を用いた。その測定サンプル 2.25 mL を 10 mL 容量の透明チューブにとり、Wade 試薬(0.3%(w/v)スルフォサリチル酸/0.03%(w/v)塩化第二鉄水溶液) 0.75 mL を加え、ボルテックスミキサーにて十分混合してキレート反応させた。その反応試料をディスポーザブルセルに移し、500nm における吸光度を測定することで、色の消失度合を定量した。その標準として、フィチン酸二カリウム塩(シグマ・アルドリッチ社製、P5681-5G)を用いた。付け加えて、各測定用原液試料の透明度に差異があることを考慮し、各測定用原液試料の 500nm の吸光度を、2.4%(v/v)塩酸をブランクにして測定した。この値から希釈率を加味し、キレート反応させた測定試料の吸光度の増加分を補正した。最終的に、この補正吸光度から真の 500nm の吸光度の減少値を求め、フィチン酸を見積もった。

2・2 結果と考察

2・2・1 大豆粉のフィチン酸量

大豆粉に含まれるフィチン酸量を測定した結果を、Table 1 に示す。輸入粉と国産粉のフィチン酸量を比較すると、輸入粉の方が国産粉よりも 1.05 倍多いと見積もられた。大豆には 10~23 mg/g のフィチン酸が含まれているとされている⁹⁾。試験した国産大豆粉と輸入大豆粉はともにその範囲内に入っていた。

Table 1 Phytic acid content of soy flours.

サンプル	フィチン酸量 (mg/gサンプル)
国産大豆粉	11.9 ± 0.2
輸入大豆粉	12.5 ± 1.0

2・2・2 グルテンフリー麺のフィチン酸量

試験するグルテンフリー麺には、大豆粉入り乾麺、大豆粉桑粉入り乾麺、大豆粉入り生麺がある。これらの麺を茹でた後の茹麺には、どれほどのフィチン酸が残存しているかを明らかにするために、茹でる前と後でフィチン酸量を測定した。この定量評価を基にして、消費者が口にするフィチン酸量を明らかにすることができる。

グルテンフリー麺に含まれるフィチン酸量の測定結果を、Table 2 に示す。茹でる前の大豆粉入り乾麺が 5.93 mg/g のフィチン酸を含むのに対して、茹でた後の茹麺では 5.83 mg/g (乾麺換算) のフィチン酸を含んでいた。この結果は、5 分間の煮沸で乾麺からは 2% のフィチン酸しか消失していないことを示している。同様な試験を大豆粉桑粉入り乾麺においても行った。その乾麺ではフィチン酸量が 6.11 mg/g であるのに対して、その茹麺では 5.77 mg/g (乾麺換算) であった。同じ 5 分間の煮沸で、フィチン酸が 6% 消失していた。大豆粉入り乾麺の茹麺と大豆粉桑粉入り乾麺の茹麺でのフィチン酸の喪失率の違いは、麺の水に対する浸透性などの物性の違いによるものと考えられる。実際に、大豆粉桑粉入り乾麺の茹麺の方が、大豆粉入り乾麺の茹麺よりも明らかに切れ易いもろい茹麺となっていた。

Table 2 Phytic acid content of gluten-free noodles.

サンプル	フィチン酸量	
	(mg/gサンプル)	残存率(%)
大豆粉入り乾麺	5.93 ± 0.05	100
大豆粉入り乾麺の茹麺	5.83 ± 0.15	98
大豆粉桑粉入り乾麺	6.11 ± 0.26	100
大豆粉桑粉入り乾麺の茹麺	5.77 ± 0.03	94
大豆粉入り生麺	6.33 ± 0.31	100
大豆粉入り生麺の茹麺	4.50 ± 0.50	71

さらに、大豆粉入り生麺では茹でる前でフィチン酸量が 6.33 mg/g、茹でた後で 4.50 mg/g (生麺換算) と見積もられた。2 分間の煮沸処理で 28.9% のフィチン酸が除去された。生麺の方が乾麺よりフィチン酸が溶け出しや

すい構造になっていることが分かる。実際に、3つの茹麺の中で最も生麺の茹麺が、ふやけてもろく崩れやすかった。

大豆粉入り生麺のフィチン酸は 6.33 mg/g、原材料の国産大豆粉のフィチン酸は 11.9 mg/g であった。大豆粉入り生麺は大豆粉 20%と米粉 80%からできている。大豆粉由来のフィチン酸分 (2.38 mg/g) を差し引くと、米粉由来のフィチン酸は 3.95 mg/g (米粉 100%換算) と計算できる。この値は全フィチン酸量の 62.4%を占める。白米には 1.4~6.0 mg/g のフィチン酸が含まれるとされている¹⁰⁾。使用した米粉のフィチン酸は 4.9 mg/g であり、その範囲内であった。

大豆粉入り乾麺、生麺は茹麺にすると水を吸って、それぞれ 198%、142%に重量が増加する。この重量増加分を加味して(茹麺と同じ水分量に補正して)、乾麺と生麺のフィチン酸量を評価してみると、乾麺は 2.99 mg/g (茹麺換算)、生麺は 4.46 mg/g (茹麺換算) のフィチン酸を含むことになる。この水分量合わせによる推測値から考えると、生麺から乾麺を製造する過程で、フィチン酸は 33%消失すると見積もれた。

3 トリプシンインヒビター活性量の評価

グルテンフリー麺の製造に使用する大豆粉に、どれだけのトリプシンインヒビターが存在するかを評価する。この評価を基にして、製麺加工過程でどれくらいのトリプシンインヒビターが軽減されるかを明らかにする。また、グルテンフリー麺である大豆粉入り乾麺、大豆粉桑粉入り乾麺、大豆粉入り生麺に、どれほどのトリプシンインヒビターが存在し、それを調理することでどれだけのトリプシンインヒビターが失活するかを明らかにし、最終的に消費者が口にするトリプシンインヒビター活性量を明らかにする。

3・1 材料と方法

3・1・1 測定サンプル

2・1・1 のフィチン酸の定量に用いたものと同じものを使用した。すなわち、Fig.3 に示した国産大豆粉と輸入大豆粉、Fig.4 に示した米粉ベースのグルテンフリー麺 3種(大豆粉入り乾麺、大豆粉桑粉入り乾麺、大豆粉入り生麺)とその茹麺 3種を用いた。

3・1・2 トリプシンインヒビターの抽出

Liu and Markakis の方法¹¹⁾¹²⁾に準じて行った。具体的には、大豆粉サンプルを 50 mL 容量のファルコンチューブに 0.2 g ずつ分取し、純水を 20 mL (サンプルの 100 倍量) 加えた。一方、麺サンプルについては、2 g ずつ分取し、純水を 20 mL (サンプルの 10 倍量) 加えた。それらのサンプルはボルテックスミキサーにて十分混合してから、1 時間、37°Cにて振とう混合しトリプシンインヒビターを抽出した。その抽出作業後の混合懸濁液を 20,000g で遠心分離して、上清を回収した。その上清 5 mL に、50mM Tris-HCl[pH8.2]/10mM CaCl₂ を 5mL 加えて混合し、5 分間静置した後、20,000g で遠心分離して、その上清を測定用原液サンプルとした。この遠心分

離は上清がほぼ透明になるまで行った。調製した原液サンプルを 100%とし、純水で 20~80%に希釈した測定サンプルも作製した。陰性コントロールとして、5mM CaCl₂/25mM TrisHCl[pH8.2]水溶液を 100%とし、それぞれ純水で希釈した 20~80%のコントロールサンプルも用意した。

3・1・3 トリプシンインヒビター活性の測定用試薬の調製

トリプシンインヒビターの活性測定に使用する試薬を、以下のように調製した。酵素としては、生化学用ブタ膵臓由来トリプシン (和光純薬工業社製, 201-19181) を用いた。トリプシン 10 mg を 50 mL の 1mM HCl /2.5mM CaCl₂[pH2.5]に溶解して、0.2 mg/ml 保存用トリプシンを調製し 4°Cに保存した。その 0.2 mg/ml トリプシン 2 mL を 1mM HCl[pH2.5]/2.5mM CaCl₂ で 25 mL にメスアップして、16 µg/mL 反应用トリプシンを調製して、反応系に使用した。基質としては、BAPA : N^ε-Benzoyl-DL-arginine-*p*-nitroanilide Hydrochloride (和光純薬工業社製, 027-10843) を用いた。400 mg の BAPA を 10 mL の Dimethyl sulfoxide に溶解して、40 mg/ml 保存用 BAPA を調製し室温に保存した。その 40 mg/ml BAPA 0.25 mL を 50mM Tris-HCl[pH8.2]/10mM CaCl₂ で 25 mL にメスアップして、400 µg/mL (0.92mM)反应用 BAPA を調製して、反応系に使用した。

3・1・4 トリプシンインヒビター活性の測定

Liu and Markakis の方法¹¹⁾¹²⁾に準じて行った。具体的には 400 µg/ml BAPA 基質 2.0 mL を 10 mL 容量の透明チューブにとり、それに測定サンプル 1.0 mL 加えて混合し、37°Cで 5 分間プレインキュベーションした。その混合液に 16 µg/mL トリプシンを 0.5 mL 加えて混合し、37°Cで 10 分間正確に反応した。反応開始 10 分後、その反応液に 30%(v/v)酢酸を加えて混合し、反応を停止した。その反応停止後の液をディスポーザブルセルに移し、410nm における吸光度を測定した。トリプシン反応による発色を阻害する色の消失度合を定量することで、トリプシンインヒビター活性 (TIU (Trypsin Inhibitory Units) : 410nm の吸光度を 0.01 低下させる活性) を見積もった。この際、トリプシン活性の阻害割合が 30~70%を与えるサンプル量をトリプシン反応系に用いることにより、トリプシンインヒビター活性を±3.5%の精度で測定できるようにした。付け加えて、各測定用原液サンプルの透明度に差異があることを考慮し、各測定用原液サンプルの 410nm の吸光度を、25mM Tris-HCl [pH8.2]/5mM CaCl₂ をブランクにして測定した。この値から希釈率を加味し、トリプシンインヒビター反応させた測定サンプルの吸光度の増加分を補正した。

3・2 結果と考察

3・2・1 大豆粉のトリプシンインヒビター活性量

大豆粉に含まれるトリプシンインヒビター活性量を測定した結果を、Table 3 に示す。輸入粉の方が国産粉よりも、1.07 倍トリプシンインヒビター活性が高かった。この傾向は、フィチン酸量が 1.05 倍輸入粉の方が高かつ

た事実と類似していた。丸大豆のトリプシンインヒビター活性は 59 TIU/mg と報告されている¹³⁾。本研究で使用了大豆粉も、同レベルのトリプシンインヒビター活性量を持っていた。

Table 3 Trypsin inhibitor activity of soy flours.

サンプル	トリプシンインヒビター活性 (TIU/mgサンプル)
国産大豆粉	52.6
輸入大豆粉	56.5

3・2・2 グルテンフリー麺のトリプシンインヒビター活性量

大豆粉入り乾麺、大豆粉桑粉入り乾麺、大豆粉入り生麺とそれらの茹麺に存在するトリプシンインヒビター活性を測定した結果を、Table 4 に示す。大豆粉入り乾麺と大豆粉入り生麺の活性値の比較から、生麺から乾麺を製造する過程で、トリプシンインヒビターが 66%失活することが分かる。また、グルテンフリー麺 3 種のどれもが、茹でることで大部分のトリプシンインヒビター活性を失った(残存活性: 1.6~10%)。この結果から考えると、加熱調理することで酵素阻害タンパク質の活性の大部分を失活させることができると思われる。

Table 4 Trypsin inhibitor activity of gluten-free noodles.

サンプル	トリプシンインヒビター活性	
	(TIU/mgサンプル)	残存率(%)
大豆粉入り乾麺	2.92	100
大豆粉入り乾麺の茹麺	0.05	1.6
大豆粉桑粉入り乾麺	5.43	100
大豆粉桑粉入り乾麺の茹麺	0.55	10
大豆粉入り生麺	8.70	100
大豆粉入り生麺の茹麺	0.29	3.3

大豆粉桑粉入り乾麺のトリプシンインヒビター活性は、Table 4 に示すように、桑粉なしの大豆粉入り乾麺の活性のほぼ 2 倍であった。このことは、桑粉にも大豆粉に匹敵する高いトリプシンインヒビター活性量があることを示している。また、茹でた後のトリプシンインヒビター活性の残存率も、桑粉ありの大豆粉入り乾麺の方が桑粉なしの乾麺よりも 6 倍程度高かった。桑粉のトリプシンインヒビターは、大豆粉のものより熱安定であると推測される。

フィチン酸の場合と同様に、茹麺にした際の重量に換算して、トリプシンインヒビター活性を評価してみると、大豆粉入り乾麺で 198%、その生麺で 142%に重量が増すので、大豆粉入り乾麺は 1.47 TIU/mg (茹麺換算)、大豆粉入り生麺は 6.13 TIU/mg (茹麺換算)となる。この茹麺と同じ水分量を持つ状態での活性値の比較から、ト

リプシンインヒビター活性が、生麺から乾麺を製造する過程で 76%消失すると見積もられる。

4 まとめ

本研究で、以下のことが明らかとなった。

グルテンフリーの大豆粉はフィチン酸を多く含んでいたが、桑粉にはフィチン酸がほとんど含まれていなかった。一方、トリプシンインヒビター活性は大豆粉にも桑粉にも多く含まれていた。20%大豆粉入りの米粉麺のフィチン酸はその 40%が大豆粉由来で、60%が米粉由来であると見積られた。材料として使用した米粉にも、大豆粉の 40%くらいのフィチン酸が含有している。生麺から乾麺を製造する工程で、約 70%のトリプシンインヒビター活性と約 30%のフィチン酸が消失すると見積られた。乾麺を茹でても含有するフィチン酸は殆ど減らなかったが、生麺を茹麺に調理した場合、約 30%のフィチン酸が消失した。一方、トリプシンインヒビター活性は茹麺に調理する過程で、その大部分が失われた。

5 おわりに

厚生労働省は臨床研究に基づき、大豆イソフラボンの 1 日上限摂取目安量を 75mg と定めている。この 1 日上限摂取目安量から、大豆粉入り乾麺が 1 日何人前まで摂取可能かを考えてみる。大豆のイソフラボン含量は 140.4 mg/100g である¹⁴⁾。大豆粉を 20%含んでいるので、一人前 100g の乾麺には 28.1 mg のイソフラボンが含まれると計算できる。この値から 1 日上限摂取目安量を計算してみると、グルテンフリーの大豆粉入り乾麺なら 2.6 人前となる。1 日 2 人前くらいまでなら、摂取しても問題ないと考えられた。

本研究の分析から、フィチン酸は茹でた後でもかなり多く残ることが分かった。このフィチン酸のキレート活性を抑える工夫が必要かもしれない。フィチン酸含量の少ない米粉を選んで使用したり、大豆粉を鉄やカルシウムが豊富なグルテンフリー粉(ソルガム粉やオーツ麦粉)とブレンドしたりすることで、フィチン酸のキレート活性を抑えることができる。このような低フィチン酸米粉の使用や新たなグルテンフリーブレンド粉の開発は、今後の大豆粉の有効な利用に重要であると考えられる。

謝辞

大豆粉とグルテンフリー麺を提供して下さった有限会社ビーエーアシストの田代治是氏に感謝いたします。

参考文献

- 1) 長尾精一, <http://www.seifun.or.jp/kisochishiki/tanpakusituguruten.html>
- 2) 豆類協会, <https://www.mame.or.jp/eiyuu/eiyuu.html>
- 3) 小林浩, 鈴木美香, 大豆たん白質研究 **7**, 137 (2004).
- 4) M. Murata, Soy Protein Res., **8**, 81 (2005).
- 5) A. A. Ellington, M. Berhow and K. W. Singletary, Carcinogenesis, **26**, 159 (2005).

- 6) A. A. Ellington, M. Berhow and K. W. Singletary, *Carcinogenesis*, **27**, 298 (2006).
- 7) 食品安全委員会 (2006), http://www.fsc.go.jp/hyouka/hy/hy-singi-isoflavone_kihon.pdf
- 8) 樋口誠一, 高橋学, 山路明俊, 埼玉県産業技術総合センター研究報告, **5**, (2007).
- 9) R. L. Anderson and W. J. Wolf, *J. Nutr.*, **125(3)**, Suppl., 581S (1995).
- 10) “ガンを予防する食事・玄米/豆類/ナッツ類のフィチン酸”
<http://aaa.ably.biz/abe5/aabbcc5000/index.html>
- 11) K. Liu and P. Markakis, *Cereal Chemistry*, **66(4)**, 415 (1989).
- 12) 守田律子, 富山短期大学紀要, **40**, 37 (2005).
- 13) 盛永宏太郎, 日本食品科学工学会誌, **49(3)**, 44 (2002).
- 14) 農林水産省 “大豆及び大豆イソフラボンに関する Q&A”
http://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/kome/k_daizu_qa/
- 15) “自家製グルテンフリー粉配合レシピ” <http://i-eat.carrots.jp/home-made-gluten-free-flour-blends/>