

前処理方法の違いが大豆のトリプシンインヒビター活性 に及ぼす影響（続報）

長野女子短期大学

龍野麻子
大日方洋

要旨

大豆はタンパク質と脂質を豊富に含み、動物性食品の摂取割合が高い今日でも貴重なタンパク源であることに変わりない。しかし生の大豆は組織が固く咀嚼できないだけでなく、消化酵素トリプシンの働きを阻害する物質、トリプシンインヒビターを含むことなどからも、消化不良をおこすとされている。

大豆のトリプシンインヒビターの活性は、丸大豆のまま加熱すると失活が早く、生大豆を磨砕した後に加熱した場合は活性が残しやすい。前報「前処理方法の違いが大豆のトリプシンインヒビター活性に及ぼす影響について」において得られた結果である。今回その続報として、その機序や条件について考察するため、前回とは異なる前処理を施した大豆抽出液を加えた反応系で、パンクレアチンによるカゼイン分解の残存量を比較することで、大豆のトリプシンインヒビターの活性がどのように変化するか、先行研究も参考に検討した。その結果、大豆のトリプシンインヒビターの失活には大豆たんぱく質中の11Sが関係しており、11Sが高濃度で、どれだけトリプシンインヒビターに密接に関与できるかがその残存性のカギとなることが考えられた。また大豆のトリプシンインヒビターは11Sと分離すると熱耐性になり、その後の加熱で失活させるのは容易ではなくなると考えられた。

キーワード：大豆トリプシンインヒビター、大豆たんぱく質、消化酵素阻害因子

1. はじめに

大豆は畑の肉と言われるほど良質なたんぱく質を含んでおり、豆腐、納豆、醤油、味噌等々その加工食品は古くから日本の食卓に欠かせないものとなっている。しかし、未加熱の大豆は特有の青味臭があり組織が固いだけでなく、消化酵素トリプシンを阻害する物質トリプシンインヒビター（以下TIとする）を有していることから消化不良をおこすとされている。著者らは前報¹⁾において大豆のTI活性は丸大豆のまま加熱すると失活が早い、生大豆を磨砕後に加熱した場合には活性が残りやすいという結果を報告した。しかし、このような結果に到った原因やTI失活の機序や条件についてまでは踏み込んで考察するに至らなかった。

一方、盛永は、大豆は焙煎大豆においても、湿式加熱においても、組織破壊の程度に応じてTIは加熱しても熱失活しにくくなると明らかにしている^{2,3)}。また棚橋らはTIをゲル汙過などにより精製すると加熱に対し安定となるのに対して、精製TIに大豆たんぱく質を添加するとTIの熱耐性が著しく低下することを認めたと報告している。さらに共存するたんぱく質がどのようにTIの耐熱性に影響するか調べた結果、大豆たんぱく質中の7Sおよび15SはTIの熱耐性に影響を与えず、11Sを添加すると著しく熱耐性が低下し、11Sの主要構成アミノ酸およびSH基を持つシステインをTIに添加して熱耐性を試験したところ、システインを添加した場合のみ11S添加と同様に著しい活性の低下を示したとのことである。そしてTIの熱耐性が大豆11S共存下で加熱すると著しく低下する現象を究明した結果、11S分子構造中のSH基が大きく関与していると報告している⁴⁾。

また、小野らは豆乳の白濁が何によるかについて超遠心による分画遠心分離を用いて研究し、粒子性のが油滴球だけでなく、豆乳中タンパク質の一部も粒子を形成していることを明らかにしている。生の豆乳では、油滴球は大量のたんぱく質と結合しており超遠心により沈殿するが、加熱すると油滴球か

らタンパク質が遊離し、オイルボディ様の粒子になること、そして、豆乳中のたんぱく質粒子は40～100nmの大きさで、加熱により可溶性のたんぱく質から形成され、量的にはタンパク質の約半分をしめるということである。またその組成は11S、7Sのβサブユニットを多く含んでいたという⁵⁾。

そこで、本報ではこれらの先行研究を加味して著者らの前報における実験条件を見直すとともに、TIの失活に到る機序について考察を加えることとした。すなわち、生大豆を磨砕後に加熱した場合、大豆から得られた未加熱の豆乳（抽出液）では油滴球が大量のタンパク質と結合しており、その結合したタンパク質に7S、11Sが多く含まれている。しかし、磨砕後、未加熱の状態では遠心分離すると、これらのたんぱく質は油滴球とともに分離するため、TIに対する11Sの関与ができなくなるのではないかと。それに対し丸大豆をそのまま加熱すると、大豆中の11Sが分離されることなくTIの失活に十分に関与できたため短時間でTI活性が低下するのではないかと。この仮説を立てた。また磨砕後の熱耐性のある大豆TIを失活させる方法としては、システインの添加があるということが棚橋らの研究から考えられ、これらの確認と、更なる比較検討のため、前報とは異なる前処理を施し、以下の実験を行いカゼインの残存量を計測することで、TIの活性を確認したのでこれを報告する。

2. 実験方法

2.1. 試薬

1.5%システイン溶液（L-システイン和光純薬Lot. TPE3033試験研究用）

0.2Mリン酸緩衝液（pH8.0）、1%カゼイン液、5%トリクロロ酢酸、0.1%パンクレアチン液（和光純薬Lot.SKE0127試験研究用）、重曹（食品グレード市販品）

2.2. 試料の調整

大豆：市販の丸大豆「北海道産 大玉大豆（サンコク）」を使用した。

① A：システイン浸漬大豆抽出液

大豆10 gを20倍量の1.5%システイン溶液に一晩浸漬させ、溶液ごとミキサーで攪拌（30秒）し、遠心分離（5000rpm 5分）後、上澄みを汲み取り10倍希釈した。この希釈液を4つの試験管に分注し、沸騰浴中で10分、20分、30分間加熱を行い未加熱区とあわせて4種類の試料を得た。

② B：重曹浸漬大豆抽出液

大豆10 gを20倍量の0.2%重曹溶液に一晩浸漬させ、その後①と同様に調製した。

③ C：遠心分離前加熱大豆抽出液

大豆10 gを20倍量の精製水に一晩浸漬させ、ミキサーで攪拌（30秒）後、混濁液を90℃以上で加熱した。その後遠心分離（5000rpm 5分）し、上澄みを汲み取り10倍希釈した。なお加熱時間は10分、20分、30分とし、それぞれ別々に調製し、そのまま使用した。

④ D：水浸漬大豆抽出液

大豆10 gを20倍量の精製水に一晩浸漬させ、その後①と同様に調製した。

2.3. トリプシンインヒビター阻害活性の測定

前報と同様に、カゼイン溶液に酵素液と大豆抽出

液を加えて一定時間反応させ、トリクロロ酢酸により反応を停止させた後、残存するカゼイン量から大豆TI活性を測定した。以下にその具体的な測定方法を示した。

- ① 15本の試験管に0.2Mリン酸緩衝液（pH8.0）2 mlずつとパンクレアチン液を3 mlずつ加えた。
- ② 前項の条件で調製したそれぞれの大豆抽出液を15本の試験管にそれぞれ1 ml加えて恒温槽で37℃に加温した。
- ③ 予め加温しておいた1%カゼイン液2 mlを各試験管に加え、酵素反応を開始した。
- ④ 30分後、各試験管の反応液に5%トリクロロ酢酸2 mlを入れ酵素反応を止めた。
- ⑤ 各試験管をよく振り混ぜて分光光度計で600nmの吸光度を濁度として測定し、カゼインの残存量から大豆TIの活性を評価した。

3. 実験結果及び考察

3.1.1. 大豆抽出液の加熱時間からみたカゼインの残存量

上記実験法に従って得られた結果について加熱前の吸光度をカゼイン残存率100%とし、加熱時間による変化を図1にあらわした。カゼインの残存率が

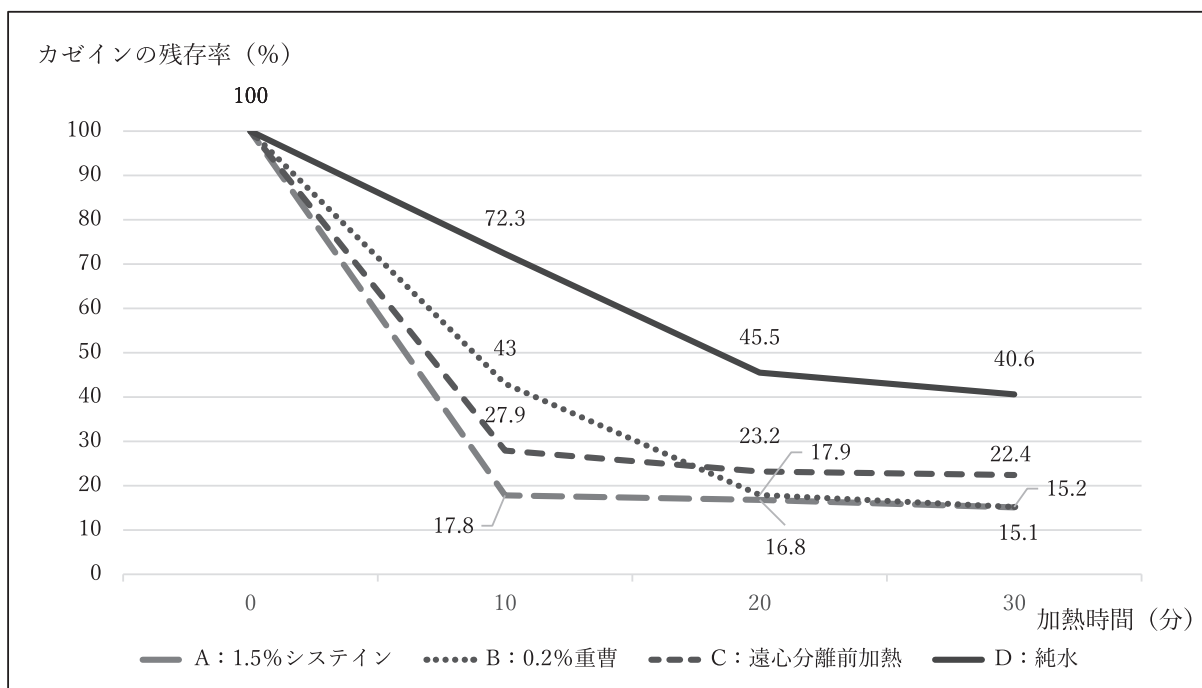


図1 大豆抽出液の加熱時間とTI失活

低下することはTIがそれだけ失活したことを表している。(ただし著者らの前報¹⁾より大豆TI無添加の場合でもカゼインの残存量は濁度が0にはならず4.9%であったことから4.9%程度がTIの完全失活であると考えられる。(表1参照)

表1 前報¹⁾から得られたカゼインの残存率
(加熱0分を100%としたとき)

大豆抽出液なし	4.9 %
10分茹で大豆抽出液	6.3 %
30分茹で大豆抽出液	6.3 %
60分茹で大豆抽出液	4.5 %
10分煎り大豆抽出液	7.1 %
10分圧力鍋茹で大豆抽出液	6.3 %

図1より酵素反応停止後の反応液の濁度から得られたカゼインの残存率について、10分加熱ではA 17.8%、B 43.0%、C 27.9%、D 72.3%とかなり数値の差が見られた。30分加熱ではA 15.1%、B 15.2%、C 22.4%、D 40.6%となった。Aのシステイン添加では早い段階で数値が低下したが、Bの重曹添加の場合も20分後にはAとほぼ同じ程度まで低下した。Cの遠心分離前加熱大豆抽出液では数値の低下は早かったがその後低下が緩やかになり30分後はA、Bほど低下しなかった。Dの水浸漬大豆抽出液では数値の低下は最も緩やかであった。

3.1.2. 丸大豆と磨砕大豆のTI活性の違い

前報¹⁾より得られた数値(表1)によると、大豆を丸大豆のまま加熱処理した抽出液のカゼイン残存率は大変低くなっており、10分茹でたものでも6.3%であった。TIの完全失活を4.9%程度と考えると十分浸漬した丸大豆であれば10分の加熱でTIはほぼ失活することが分かった。それに対し、今回の実験で得られた結果では、30分加熱であってもその残存率は最も低いもので15%程度となった。また、10分加熱では72.3~17.8%となっており、磨砕大豆のTIを完全に失活させることは困難であることが考えられた。これらの結果から、生大豆を磨砕後に加

熱した場合には、そのTIの活性は残りやすいということを確認することができた。

3.2. 前処理方法の影響

3.2.1. システインの影響

Aのシステイン浸漬大豆抽出液でのカゼインの残存率の変化をみると、カゼインは速やかに分解されていることがわかる。棚橋らの報告⁴⁾にもあるように大豆TIの失活にはシステインが関与していることが確認できた。

大豆のたんぱく質含有量は33%程度で⁶⁾、たんぱく質の80%がグロブリン、アルブミンも少々ふくまれる。大豆のグロブリンは数種のタンパク質で構成されており、遠心沈殿により2S(16%)、7S(48%)、11S(31%)15S(数%)グロブリンに分離される。7Sグロブリンおよび11Sグロブリン(グリシニン)の割合が高い⁷⁾。これら大豆主要タンパク質である7Sおよび11Sの分子構造上の差異としてSH含有量の差があげられる。11Sは1分子当たり40もの半シスチンをもち、その一部は活性のシステインの形(-SH)で分子の内部に埋め込まれている。これに反し、7Sタンパク質は1分子当たり4個の半シスチンしかもたず、しかもそれらは不活性のシスチンの形(-S-S-)で存在している⁸⁾。そのため、システインが大豆TIの失活に関与していることを確認することで、7Sよりも11SがTI失活に大きく関わっていることを推測させる結果となった。

3.2.2. 重曹の影響

B重曹浸漬大豆抽出液については、カゼインの残存率の低下速度はA、Cに及ばないものの、30分加熱後では15.2%となり、大部分のTIが失活したと思われる結果となった。大豆たんぱく質の溶解性については、原料の加熱処理、溶出時の液比、pH、共存塩類、温度等によって大きな影響をうける⁹⁾。大豆たんぱく質の溶解性に及ぼすpHの影響は、古くSmithによって明らかにされた。溶解性はpH 4

(等電点)付近において最低を示し、中性からアルカリ性pH 8 付近及びpH 2 付近で高い値を示している¹⁰⁾。今回の実験で使用した重曹溶液はpH8.5であったことから、多くのたんぱく質が加熱前に溶出されると同時に油滴球と分離し、その中に11Sも多く含まれていたためにこれがTIの失活に関与したのではないかと推測された。ただしこれは推測であり実際に11Sの関与であるのか、またはTIそのものの変性であるのかなど、様々な可能性があると考えられる。重曹と同じように酸についてもpHを下げることで、たんぱく質が溶解しTIの失活が進むとも考えられるが、今回、食酢を使った実験を実施したところ、酸によりカゼインが沈殿し、濁度の測定不可であったため、結果得ることが出来なかった。

3.2.3. 遠心分離前加熱大豆抽出液について

C 遠心分離前加熱大豆抽出液は、浸漬大豆をミキサーで磨砕後に混濁液を加熱処理したものである。カゼイン残存率をみると10分後27.9%であり、比較的速やかにTI活性が低下していた。理由として、非加熱状態で磨砕された混濁液では大量のたんぱく質が油滴球と結合しているが、混濁液を加熱することで、そのたんぱく質は油滴球と分離し、その中の11SがTIの失活に関与したと考えられた。ただし30分後も22.4%となっていることから、混濁液の加熱であっても、完全に失活させるにはかなりの時間を要すると思われる結果であった。またTIの失活には関与する11Sの濃度も関係すると考えると、より大豆濃度の高い混濁液ではさらにTIの失活が早く進むことが予想された。

3.4. 豆腐の製造とTIについて

3.4.1. 豆腐の製造工程

日本においては、大豆を浸漬して磨砕し、おからを分離した豆乳に凝固剤を加え凝固させた豆腐を型箱で成型、脱水後、水さらしを行う木綿豆腐が豆腐製造の基本であり、古来の製法である¹¹⁾。豆腐製造においては、大豆を浸漬する方法が一般的であるが、

おからを全く発生させないか、少なくすると同時に浸漬時間を短縮し、大豆の強い風味と繊維質を残した乾式製法も採用されている。この方法は一晩の浸漬工程を省略し大豆粉を溶解するためすぐに豆腐製造が可能である¹²⁾。

一般的な浸漬大豆からの豆腐の製造については、まず一晩浸漬した大豆に水を入れながらグラインダーで磨砕する。この作業を「水挽き」、磨砕したものを「生呉」という。それ以降の処理には2種類が知られている。1つは生絞り製法と呼ばれるもので、磨砕後におからと豆乳を分離した、おからを含まない生呉のみを加熱する伝統的な方法であり、沖縄の島豆腐や中国、韓国などにおいて今でも用いられている。もう一方は、煮絞り（煮とり・加熱絞り）製法と呼ばれるもので、生呉を煮釜で加熱後に豆乳とおからに分離する製法である。気温の高い日本では未加熱の生呉は変質し風味や収量が低下するため風土に合った製法である¹³⁾。その後、豆乳を再加熱し、凝固剤を混合し固める。豆乳の温度・濃度・pH・煮沸条件（たんぱく質の熱変性の程度）と凝固剤の種類・量・攪拌の方法などで豆腐の特性が決まる¹⁴⁾。

豆乳の製法の違いを今回の実験に関連付けると、Cの遠心分離前加熱大豆抽出液については磨砕後に加熱してから遠心分離したため、豆腐における煮絞り製法に近い抽出法である。またDについては生絞り製法に近いと考えC、Dについて比較し以下に考察する。

3.4.2. 豆腐の製造工程の違いによるTI活性

Cの結果から、日本で主に行われている煮絞り製法で得られる豆乳については、生呉をしぼる前に加熱することで、生呉の中に含まれる加熱可溶性のタンパク質が油滴球から分離され、その中の11SがTI失活に関与すると考えられる。そのため煮しぼり製法で得られた豆乳ではTI残存率が低く、その後に凝固、成形された豆腐のTIの活性も低いものではないか。一方で、生絞り製法で得られた豆乳では、TI失活に影響する11Sが、未加熱の段階では油滴球に結び付いたまま豆乳中に含まれているが、

その豆乳を加熱することで11Sは油滴球と分離しTIの失活に関与すると考えられる。しかし11Sの一部は豆乳とおからを分離した際のおから移行し、TIに関与する11Sの濃度が煮絞り製法より薄くなってしまう為、そのTIは活性が残りやすくなるのではないか。絞るという過程ではどれほどの11Sがおから中に分離してしまうか不明であるが、今回の実験結果C、Dの比較より、製造工程において何らかの原因で11SがTIの失活に十分に働かない場合、TIは残存しやすくなることが予想される。

また、著者らの前報¹⁾にもあるように、TIは、熱に強く、活性が残りやすいものであったこと、Cの抽出液では20分加熱、30分加熱共にカゼインの残存量があまり変化しなかったことから、出来上がった豆腐をその後の調理で加熱しても、TIは完全に失活しない、あるいは相当時間がかかると思われる。大豆加工食品のうち豆腐から加工される油揚げ、生揚げ、焼き豆腐などに関しても、同じように調理の段階でのTIの失活はどれほどのものであるのかと疑問が残った。また11SがTIの失活に関与できるかがTI活性の低下に関係すると考えると、豆腐の製造工程では生絞りであるか、煮絞りであるかによりTIの活性が違う可能性があると考えられる。大豆粉を使った乾式製法の場合も、生絞り、煮絞りと同様に分離した11Sとの反応程度によりTI活性は違ってくることが考えられた。

3.5. 大豆たんぱく質について

たんぱく質の栄養価は、それを構成するアミノ酸(特に不可欠アミノ酸)組成により評価される。食品中のタンパク質のアミノ酸スコアは、科学的に分析された食品中のアミノ酸組成を用いて計算されたものである。しかし、ヒトが摂取する場合は、たんぱく質の消化吸収率やアミノ酸の有効性についても考慮する必要がある¹⁴⁾。そこでたんぱく質の消化吸収率を加味したPDCAAS(たんぱく質消化補正アミノ酸スコア)が1990年代より用いられてきた。さらに2013年にFAOが提唱したDIAAS(可消化性必須アミノ酸スコア)が新たな指標として用いられる

ようになってきている。PDCAASが糞便中のたんぱく質を評価に用いている一方、DIAASはより正確な消化率を評価するため回腸末端での測定で評価されたものである。良質なたんぱく質とされる乳、たまご、牛肉、大豆のアミノ酸価は最高スコアの100であるが、PDCAASやDIAASでの評価では牛乳、卵、牛肉は1.0以上(又は100%以上)となっている一方で大豆の評価は様々なようである。

Lisaらによる報告では、大豆製品全体で平均DIAASは 84.5 ± 11.4 、PDCAASは 85.6 ± 18.2 となっており、たんぱく質品質スコア全体に大きなばらつきが観察され、大豆たんぱく質品質スコアの違いと変動は、様々な形態の後処理や研究条件にも起因する可能性がある¹⁶⁾。このことから、大豆たんぱく質の評価は、消化率を加味した場合ばらつきが大きく、これらは大豆の加熱処理等によるTI活性の残存も影響しているのではないかと考えられる。

3.6. 大豆の活用と大豆たんぱく質の消化に関して

大豆は、その特性をとらえた加工により様々な調理され、食品となり、古くから良質なたんぱく源として活用されてきた。特に我々の住む長野県のような海のない地域では欠かすことのできない食材であったと思われる。伝統的な大豆食品である豆腐及び豆腐加工品、納豆、きな粉、おから、煮豆やしょうゆ、味噌といった調味料など、どれも人間が美味しく食べ、上手に消化するための様々な工夫や処理が施されている。改めて昔の人の知恵には驚かされる。更に最近では脱脂大豆を加工したものが大豆ミートとして利用されている。これら大豆ミートは健康や環境への意識の高まりもあり、スーパーやレストランでも様々な食品や料理に姿を変え提供されている。大豆は昔から健康的な食品としても欠かせないものであるが、伝統的な大豆食品だけでなく、代替肉として利用することは、欧米化した現代社会にも適応しやすく、よい健康効果をもたらしてくれると期待している。例えばハンバーガーのビーフパテを大豆ミートに変えることで、飽和脂肪酸の摂取を減らし、赤身肉の過剰摂取を抑えることができる。子供たち

が好きなチキンナゲットも大豆ナゲットにすれば大豆とは気が付かずに食べてしまうことだろう。さらに大豆たんぱく質は血清コレステロール低下作用が期待でき、大豆イソフラボンは乳がんの発生抑制や、更年期障害の緩和、骨粗しょう症や虚血性心疾患などの予防にも有効であるという¹⁷⁾。

気候変動緩和のためにも、大豆は大変注目されている食材である。世界の動物性食品の需要増に伴い家畜生産は増加しているが、それとともに温室効果ガスの家畜生産に占める割合も増加している。家畜の中でも牛は特に温室効果ガスの排出量が多く、これは反芻動物の腸内発酵によるメタンの排出が一因である¹⁸⁾。植物原料である大豆の温室効果ガスは牛肉やその他の食肉よりも少なく、環境への負荷の点からも優れた食品である。

世界人口の増加に伴い、それを支える良質なたんぱく質として持続可能な食糧供給、環境、栄養、健康の面から大豆はさらに重要なものになっていくであろう。人のたんぱく質の消化に影響をあたえる可能性のあるトリプシンインヒビターを失活させ、大豆たんぱく質の性質を理解し利用することは、大豆の価値をさらに高めることにつながると考えられる。

4. まとめ

- (1) システイン添加により大豆TIの失活が進んだことにより、大豆TI失活には11S中のシステインが関与しているという先行研究が確認できた。
- (2) 大豆磨砕液を遠心分離後加熱した場合、TI活性の低下は穏やかだった。これは豆乳中に存在していた11Sを含むたんぱく質が遠心分離により減少し、そのことによってTIは失活しにくくなったと考えられた。
- (3) 丸大豆をそのまま加熱した場合や遠心分離前加熱では、TIの活性は素早く低下した。これは大豆たんぱく質中の11SがTIと反応しやすい状態であるためだと考えられた。
- (4) 未加熱磨砕の場合でも浸漬に重曹を使用することで、その後の加熱でTI活性を低下させることができた。加熱に対し耐性のあるTIが失活した

要因として、pH8.5の状態では大豆たんぱく質が常温であっても溶解し、その後の遠心分離で減少することなくTIと反応した可能性があると考えられた。

- (5) 前報と今回の実験より、大豆TIの失活には大豆たんぱく質中の11Sが関係しており、11Sが高濃度で、どれだけTIに密接に関与できるかがTIの残存を減らすカギとなることが考えられた。また大豆TIは11Sと分離すると熱耐性になり、いったん分離してしまうと、その後の加熱でTIを失活させるのは容易ではなくなると考えられた。

5. 終わりに

大豆のトリプシンインヒビターは、たんぱく質分解酵素トリプシンの働きを阻害する面では、人には有害であると思われる。一方でインスリン分泌細胞(β細胞)を増殖させる働きがある¹⁶⁾とも言われ有益な面も併せ持っている可能性がある。また、通常の加熱調理や加工された大豆に関しては、精製TIが生じることは考えにくく、加熱に対して安定なTIが多く残存することはないと考えられる。そのためTIが私たちの健康に害を与えるほど残存することは、ほぼ無いのではないかと。とは言え、消化の妨げとなるTIを最も失活させ、大豆たんぱく質を消化良く調理する方法は、大豆を丸大豆のまま加熱することである。市販の茹で大豆、蒸し大豆、煎り大豆などを利用するのも手軽であるが、生大豆を購入し、十分に浸漬させた後、調理するのもお勧めである。蒸し大豆の作り方として、一晚浸漬した大豆2カップを蒸し板や蒸し籠をいれた圧力鍋で5分程度加圧加熱し、圧が抜けるまで自然放冷すると、やわらかく、短時間で調理することができる。圧力鍋がない場合は1時間程度蒸すことで出来上がる。まとめて作って冷凍保存も可能なため、サラダやスープなど様々な料理に活用することが出来る。

学生実験から生じた小さな疑問から始まった研究であったが、大豆について理解するきっかけになった。日本人にとって身近な食材である大豆だが、大変奥が深く、その特性や健康面など今後もまた新たな

な研究が発表されるだろう。また美味しさだけでなく、健康や環境面でも重要さが増していくに違いない。

文 献

- 1) 龍野麻子, 大日方洋. (2022) 前処理方法の違いが大豆のトリプシンインヒビター活性に及ぼす影響. 長野女子短期大学 研究紀要 第19号
- 2) 盛永宏太郎. (1997) 焙煎大豆粉のたんぱく質の消化とトリプシンインヒビター活性に及ぼす粉碎と加熱処理の影響. Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi Vol.44, No.3, 219~225
- 3) 盛永宏太郎. (2001) 大豆種子の組織破壊が加水加熱時のトリプシンインヒビター失活に及ぼす影響. Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi Vol.48, No.6, 416~421
- 4) 棚橋勝道, 高野克己, 松本信二, 鴨居郁三, 小原哲二郎. (1988) 大豆トリプシンインヒビターの熱失活におよぼすたんぱく質の影響. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi Vol.35, No.8, 534~540
- 5) 小野伴忠. (2008) 大豆から豆乳・豆腐が生成する機構とそれに影響を与える諸因子, Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi Vol.55, No.2, 39~48
- 6) 日本食品成分表 (2023) 八訂. 医歯薬出版
- 7) 青木正. 齋藤文也. (2015) コンパクト食品学. 初版. 新興社. p.133
- 8) 青木宏, 伊藤清枝. (1977) 調理と大豆. 第1版. 学建書院. p.27
- 9) 青木宏ほか・前掲. p.9
- 10) 青木宏ほか・前掲. p.12, 13
- 11) 青山隆. (2022) 豆腐入門. 改定2版. 日本食料新聞社. p.66
- 12) 青山・前掲.p.78
- 13) 青山・前掲.p.88
- 14) 青山・前掲.p.90
- 15) 伊藤貞嘉, 佐々木敏. (2020) 日本人の食事摂取基準. 初版. 第一出版. p.118
- 16) Lisa A van den Berg. Jurriaan J Mes. (2022) Protein quality of soy and the effect of processing: A quantitative review.
- 17) 青木正・前掲. p.134
- 18) Report of an FAO Expert Consultation. (2011) Dietary protein quality evaluation in human nutrition, FAO FOOD AND NUTRITION PAPER, 92.