煎り大豆の消化性について（第５報）
― 粉砕・圧扁処理後に焙煎した大豆中タンパク質の熱安定性増大 ―

Digestibility of Parched Soybeans (Part 5)
―Thermal Stabilization of Soybeans Protein by Parching after Crushing-Flaking Treatment ―

盛永　宏太郎
MORINAGA Koutarou

１．はじめに

大豆は“畑の肉”と称されるほどに良質のタンパク質を豊富に含み、豆腐や醤油、納豆など馴染み深い伝統食品の原料として利用されている。

しかし未加工の生大豆は加水して磨り潰すと青臭い臭気が発生し[1) 2)]、口にすると吐き気を催す不快味がある[3) 4)]。そして、生食すると消化不良[5) 6)]や膵臓肥大[6) 7)]などの有害作用がある。著者も加熱不充分の大豆粉原料ビスケットを故意に試作・試食して下痢を体験した。飼料として用いる場合も、例えば鶏に生脱脂大豆を給与するとその混合率が多くなるに従って発育は低下し、膵臓は肥大[8)]する。同様の報告がラットについてもある[9)]。これらの原因はすべて大豆にトリプシンインヒビター（以下TIと記す）が存在するためである[10)]。この他、不快な青臭い臭気成分ヘキサナール[11) 12)]をつくるリポキシゲナーゼ[13) 14) 15)]や、ヘマグルチニン[16) 17)]、サポニン[18)]等の有害物質が存在するので、生食はもちろん単なる加熱調理で大豆を食することも非常に少ない。多くは豆腐や大豆油のように有用成分を取り出して食する。または味噌、納豆のように微生物を用いて加工してから食する。

近年国民の健康食志向の広がりと共に大豆が再認識されて脚光を浴びている[19)]。この理由は大豆の不消化糖質のラフィノースやスタキオースがビフィズス菌を増殖させる整腸作用を有すること[20)]や、大豆タンパク質の消化過程で生じるペプチドの血漿コレステロール低下作用[21)]や、血圧降下作用[22)]、脂質の酸化防止作用[23)]などを有すること、大豆イソフラボンは坑骨粗鬆症効果を有すること[24)]などによる。そして既に、この効果を期待した特定保健用食品が製品化され市販されている。加えて従来、有害物質とされていたTIに抗ガン作用があること[25)]なども論じられている。

そこで大豆は有害成分を含むが、それを除去しなくてもその害作用が生じない程度にして食すれば、却って有効な生理効果が期待できて健康に良いという考えが成り立つ。しかしそれには先に述べた大豆TIによる消化不良や下痢作用を防止しなければならない。

大豆TIについては既にその分子構造が解明され、またトリプシンに対する阻害反応機構も解明されている[26)]。しかし、TIは熱に対して比較的安定であり、特に焙煎のように加水せずに焙煎法で加熱した場合は非常に安定であり失活し

もりなが　こうたろう（食物栄養学科）

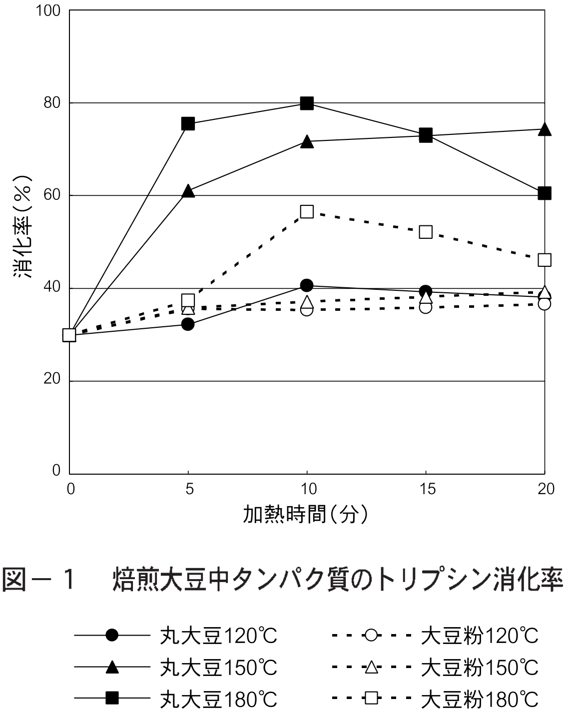
ない。

本論文は種子食品材料を簡便に丸ごと食する場合によく行なわれる焙煎加熱加工法において、無傷大豆を前処理することなく直接焙煎した場合は大豆中のTIがよく熱失活するが、生大豆粉や圧扁大豆のように組織を破壊すると焙煎加熱条件をいくら過酷にしてもこの大豆中TIは容易には熱失活しないということを見出して既に報告した[27)～31)]。この内容を基にして既報の原因と結果を再整理し、若干の新結果を加えて、TIおよび大豆タンパク質の焙煎加熱変性を考察したい。

2．粉砕処理後に焙煎した大豆中タンパク質のトリプシン消化[27)]

市販乾燥大豆（富山県産エンレイ）の無傷大豆と、これをブレンダーで粉砕した生大豆粉を供試料とし、この両者をアルミ製トレーに少量取り、120℃～180℃の熱風循環式恒温乾燥機に入れて加熱した。加熱後各試料を微粉末としpH 7.6のリン酸緩衝液に懸濁、トリプシン添加後37℃に一夜静置して消化した。この消化液にトリクロル酢酸を加えて沈殿区分と上澄液区分に分離し、沈殿区分は未消化タンパク質、上澄液区分は既消化タンパク質として各々タンパク質量をケルダール法にて測定して消化率を求め、その結果を図1に示した。

120℃で焙煎加熱した無傷大豆と大豆粉タンパク質のトリプシン消化率は加熱20分後も向上せず、共に生大豆に近い値を示してよくなかった。温度を150℃にすると無傷大豆の消化率は20分加熱で70数%にまで向上したが、大豆粉の消化率は依然よくなかった。180℃焙煎では加熱開始約10分で消化率が最高に達し以後急速に低下した。大豆粉の消化率はこの温度においても無傷大豆に比較してよくなかった。

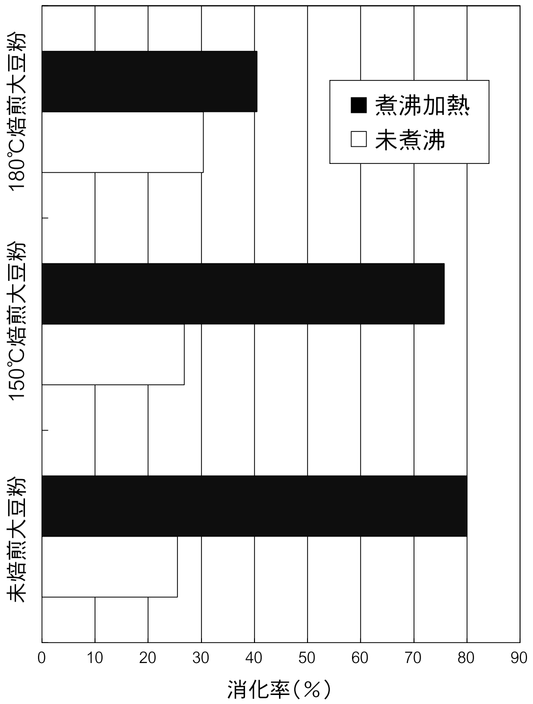


図－1　焙煎大豆中タンパク質のトリプシン消化率

この結果、120℃以下の温度では加熱が不充分であってTIは熱失活せず、大豆タンパク質のトリプシン消化率は生大豆と同様に悪い。150℃以上に加熱すると無傷大豆の場合はTIがよく熱失活して大豆貯蔵タンパク質のトリプシン消化率は向上する。しかし180℃以上の高温にすると、大豆貯蔵タンパク質自身が過度の高温に晒されて不消化態タンパク質に変化し、消化率は却って減少することが推測できた。

大豆粉の場合は150℃に加熱しても加熱が不充分であり、180℃にまで加熱してわずかに大豆貯蔵タンパク質のトリプシン消化が始まる。これは180℃の高温でようやくTIが熱失活し始めることを示す。しかし、180℃は大豆粉の貯蔵タンパク質にとっても加熱が過度であり不消化態タンパク質に変化し始めるため、無傷大豆と同様にTIが失活してもトリプシンの消化率は時間と共に減少する傾向が認められた。

大豆粉を焙煎した場合、150℃では加熱不充分で消化率は向上しなかった。この原因は大豆の粉砕によりTIが熱失活しなくなったことを示すも



図－２　煮沸再加熱したときの焙煎大豆粉中タンパク質のトリプシン消化率

のと思われた。

そこでこの原因を確認する目的で、生大豆粉と150℃焙煎大豆粉、180℃焙煎大豆粉の各々に水を加えて煮沸再加熱し、再度トリプシン消化率を調べた結果が図2である。

150℃で焙煎加熱した大豆粉のトリプシン消化率は未焙煎・未煮沸の生大豆と同等に良くなかったが、加水して煮沸再加熱した150℃焙煎大豆粉の消化率は向上した。従って大豆粉の150℃焙煎による不消化の原因はTIが熱失活しなかったためであり、大豆貯蔵タンパク質が不消化態タンパク質に変化したためではないことが確認できた。しかし180℃焙煎大豆粉は煮沸再加熱しても消化率は向上しなかった。この結果は大豆貯蔵タンパク質の過度の焙煎加熱による不消化態タンパク質への変化が原因していたことを示している。

３．大豆粉砕・圧扁処理が焙煎時のトリプシンインヒビター熱失活に及ぼす影響[30)]

150℃で焙煎した無傷大豆を微粉末にしてトリプシンで消化するとその大豆貯蔵タンパク質はよく消化されるが、同様に焙煎破砕大豆の微粉末は消化がよくないことが前項で示され、その原因は大豆中のTIの加熱失活の差異によるものと思われた。

TI活性値の測定はLiuらの測定法[32)]が新しいが、国内ではKakadeら方法[33)]を用いた測定値の報告が多い。両者は比色液に加える試料液量の違いが影響して同一試料を測定しても測定値に数倍の差異が生じる。そこで過去の国内文献値と比較する必要性も考慮して、一連のTI活性値はKakade法を用いて測定した。

破砕大豆の焙煎後のTI残存活性値を表１に示した。

生大豆を150℃ 20分間焙煎すると無傷大豆の残存TI活性値は約1／20に減少した。しかし、焙煎した破砕大豆のTIは、破砕の程度が増すほど熱安定性が増して失活しなくなった。粒径を２mm以下に破砕した大豆粉のTIは150℃焙煎ではほとんど熱失活せず、その値は生大豆の約80%残存することを示した。この結果からTIは大豆が無傷状態で存在する場合は熱失活しやすいが、組織破壊を受けるとその程度に応じて熱安定性が増すものと思われた。

表－１　焙煎破砕大豆のＴＩ活性

試　　料			TIU/大豆mg
焙煎（150℃,20分）	無傷大豆		4.6±0.7
	破砕大豆	粗粒（5-2mm）	39± 3
		中粒（2-1mm）	62± 8
		細粒（1-0.6mm）	61± 7
		微粉（<0.6mm）	67±12
対　照（生大豆）			75± 8

（n=３）

表－２　焙煎圧扁大豆のＴＩ活性

試料(厚み)		TIU/大豆mg
焙煎（150℃,20分）	丸大豆(4/4)	2.4±1.3
	圧扁(3/4)	12.0±1.6
	圧扁(2/4)	20.3±3.8
	圧扁(1/4)	35.0±0.8
対　照(生大豆)		71.7±3.4

（n＝３）

この結果から判断して、日本の伝統食品である“きなこ”や“炒り豆”は無傷大豆を焙煎したものであるから、TIは熱失活していて、その大豆貯蔵タンパク質のトリプシン消化は良好であることが確認された。しかし、生大豆粉や生脱脂大豆粉を利用する場合は焙煎ではTIが失活しないので加水加熱するなどの処理が必要であると思われた。

次に、無傷大豆の厚みを3／4から1／4に押し潰した圧扁大豆を焙煎し、残存TI活性値を測定して表２に示した。

焙煎圧扁大豆においても破砕大豆と同様に圧扁の程度に応じて熱安定性が増しTIは熱失活しなくなった。

次に剥皮大豆とナイフで切断分割した大豆を同様に焙煎し、残存TI活性値を測定して表３に示した。

大豆種子を傷付けないように単に種皮を除去した大豆であっても焙煎後の残存TI活性は剥皮しない大豆に比較して数倍高い値を示した。

表－３　焙煎剥皮分割大豆のＴＩ活性

試　　料		TIU/大豆mg
焙煎（150℃,20分）	無傷大豆	2.5
	剥皮大豆	13
	2分割大豆	12
	4分割大豆	17
	8分割大豆	17
	粉砕大豆	53
生大豆(対照)		61

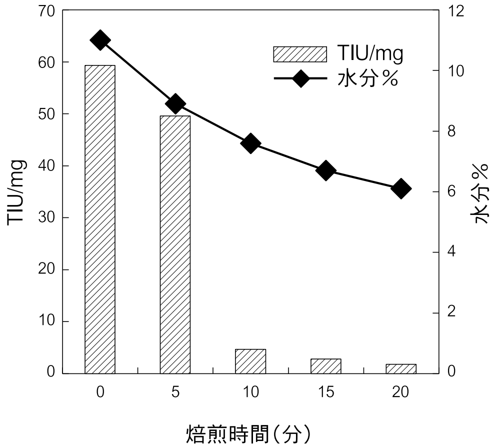
またナイフで大豆組織を潰さないよう切断分割して焙煎した大豆も分割の程度に応じて残存TI活性値が増す傾向が見られた。

以上の結果より、大豆中のTIは大豆種皮の剥皮も含めて、大豆が破壊されるほど、その程度に応じて熱安定性が増すことを認めた。

この結果は虫食い大豆などの不良大豆が存在すると、焙煎してもこの不良大豆はTIが失活し難いので、このような原料の“炒り豆”や“きなこ”は結果的に製品全体が焙煎不充分に仕上がることを意味する。従って焙煎製品を製造する場合は原料精選の良否が製品の品質に致命的に影響するものと思われた。

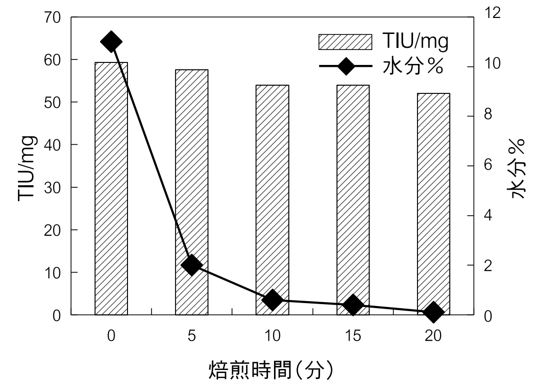
４．乾燥大豆中微量水分が焙煎時のトリプシンインヒビター熱失活に及ぼす影響[31)]

大豆中のTIは加水加熱すれば容易に熱失活するが、焙煎法での加熱ではTIは容易に失活しない。これは焙煎法は無水状態で加熱することが影響しているものと思われ、本報の一連の結果もそれを示唆している。



図－３　無傷大豆焙煎時のＴＩ失活と水分乾燥の経時変化

（焙煎温度：150℃）



図－４　大豆粉焙煎時のＴＩ失活と水分乾燥の経時変化

（焙煎温度：150℃）

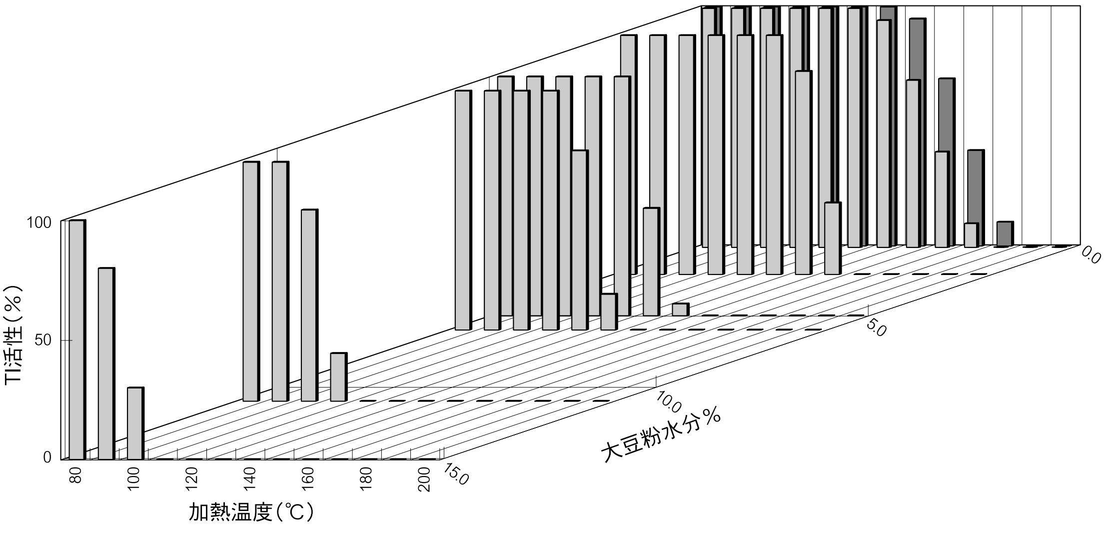
そこで実験に供した通常の市販無傷大豆とそれを粉砕した大豆粉を150℃で焙煎し、両者中に存在する水分の焙煎中の変化と、TI活性値の変化を比較測定して図３及び図４に示した。

乾燥貯蔵大豆は通常約10％の水分を含む。この無傷大豆を焙煎すると無傷であるために水分は蒸発しにくく図３に示すように多少は焙煎中に減少するが、それでも焙煎後も約６％は残存した。そしてこのときのTI残存活性値はほぼ０に近い値に激減した。

大豆粉の結果は図４に示した。大豆粉は組織が破壊されているために粉中の水分の蒸発は著しく、焙煎開始直後から水分が蒸発激減して、10分後には１％以下になった。しかしTI活性は20分後も失活することなく焙煎前と変わらぬ高い値を示した。これは大豆粉は水分の蒸発が容易であるために、TIが熱失活温度に達する前に大豆粉中の水分が蒸発してなくなる。そのために加熱しても、TI分子の立体構造を変化させるような加水分解が起こらず、従ってTIの加熱安定性が増すのではないかと思われた。

そこで、含水量０～15％の生大豆粉を調整してガラスアンプルに封管し、80～200℃までの各温度に20分間加熱して、加熱後の残存TI活性値を測定して図５に示した。

水分15％の封管大豆粉は90℃以上に加熱すると加熱温度に比例してTIは失活し、約110℃で完全に失活した。



図－５　水分含量の異なる大豆粉をガラス管に封入して20分間加熱したときのTI残存率（％）

同様に水分11％では約100℃から失活を始め120℃で完全失活した。TIは大豆粉の水分含量が減少するのに比例して、より高温に加熱しないと失活しなくなった。そして完全失活するには水分６％で約140℃以上、水分５％で約150℃、水分２％で約160℃、水分０％では約180℃の高温を必要とした。

一方、封管大豆粉の加熱温度が120℃以上になると、温度に比例して黄色に褐変して着色度が増した。そして180℃では大豆粉が黒変した焦げた状態になり、アンプルの開封時に破裂音を発した。これは加熱時に炭化分解反応が起こり、ガスが発生してアンプル管内が高圧になったことを示唆する。

水分０％の封管大豆粉は水分2％と同じ約140℃の温度からTIが失活し始めた。そして約180℃で残存TI活性値は０になった。これはこの加熱脱水・炭化反応で生じた水蒸気が大豆粉のTIに作用したために本来の無水状態よりも低い温度で失活したものと思われた.もしこの水蒸気が発生しなかったと仮定すれば、TIの失活温度は開封状態で水分０％の大豆粉を加熱したときの温度に一致すると思われたので、その開封状態での図を水分０％の場合のみ黒棒で図示した。この場合の水分０％での残存TI活性が０になるのは約190℃でこのときの大豆粉は過度の加熱により黒変していた。

以上の結果より、市販無傷大豆を焙煎する場合、図３が示すように焙煎後も６％程度の水分が存在するから、140℃以上の温度で焙煎すれば無傷大豆中のTIはほぼ完全に失活する。しかし大豆粉を焙煎する場合は水分が焙煎直後に蒸発してなくなるので190℃の炭化黒変するほどの高温に晒さないとTIは充分には失活しないことを認めた。

またこれらの結果は大豆の水分が乾燥することにより０％付近になると、焙煎加熱してもTI分子の高次構造を支える水素結合などの諸結合が加熱加水分解によって分解しなくなる。従って加熱安定性が増大するということを示唆するものと思われた。

５．乾燥大豆中の微量水分が貯蔵タンパク質熱失活に及ぼす影響

大豆タンパク質の加熱変性については、日本食品科学工学会誌に斎尾の詳細な解説がある[34]。その中で希薄溶液状態では11Sグロブリンや7Sグロブリンは加熱すると分解消失して可溶性サブユニットになる。丸大豆はそのまま蒸煮するとタンパク質の抽出率が著しく低下するが、圧扁、粉砕するとその破壊程度に応じて抽出率は低下しなくなることなどを紹介している。また、別に低水分下における大豆タンパク質の加熱変性現象については、Kitabatake[35]らが示差走査熱量計を用いて水分が少ないほどタンパク質の変性温度が高くなることを報告している。

前節では焙煎加熱による大豆TIの熱失活は微量に存在する水分の影響を顕著に受けることを認めた。炒り豆やキナコを水に懸濁したときに見られる焙煎大豆中貯蔵タンパク質の加熱不溶化についても、Kitabatake[35]らの報告のようにこの微量水分が影響しているものと思われた。

そこで表４に示した各区窒素含量の生大豆粉を使用し、図６に示す各々水分量に調整した大豆粉を作成した。そして前項と同様、水分の蒸

表４　大豆粉の窒素分布

区分	窒素量(％)
不溶性N	35.07 ± 1.79
可溶性タンパク質N	57.25 ± 1.24
非タンパク質態N	7.68 ± 0.60

（n＝４）

発を防止するためにこの大豆粉をガラスアンプルに封入して20分間加熱した。加熱後、大豆粉はpH7.6リン酸緩衝液に懸濁して加熱未変性の可溶性タンパク質を抽出し、遠心分離して不溶区分を分離除去。上澄液にトリクロル酢酸を加え、生じた沈殿を可溶性タンパク質区分としてその窒素量を測定した。そして生大豆粉を同様に処理して得た可溶性タンパク質窒素量を100%として各焙煎大豆粉の値を%で表示し図６に示した。

大豆可溶性タンパク質は焙煎加熱において、共存する水分が多いと加熱不溶化しやすく、微量になるほど不溶化しにくくなった。これは前項のTIの熱失活にも見られた現象であり、大豆可溶性タンパク質は焙煎加熱時の失活変性においてTIと同様の性質があることを示した。すなわち可溶性タンパク質は水分14%の大豆粉では約110℃から熱不溶化が始まり約130℃で完全不溶化した。同様に水分９%では120℃～140℃、５%では130℃～150℃、３%では130℃～160℃であった。水分０%の大豆粉は水分０%にするためにあらかじめ130℃で乾燥した粉を使用したので、それ以下の温度で加熱したデータは得られなかった。完全不溶化温度は約170℃であった。これらの可溶性タンパク質熱変性温度をTIの熱失活温度を示した前項の図５と比べると両者に大差は認められなかった。

この結果は生大豆粉の性状を維持しながら焙煎加熱することでTIのみを熱失活させることは困難であることを示唆している。

以上の結果が示すように、焙煎加熱における大豆中タンパク質熱変性は水溶液として存在する豆乳中タンパク質の熱変性とは性状を異にする。すなわち豆乳では加熱すると11Sグロブリン等の可溶性タンパク質は可溶性を保ったサブユニットに分解して加熱後もよく水に溶解する。しかし焙煎加熱ではタンパク質は熱変性して凝集凝固し、水に不溶になる。特に共存する水分が多いほど加熱時に凝集凝固しやすくなる傾向が認められた。

焙煎によりタンパク質が熱凝集・凝固する理由を考察すると、生の食品中各タンパク質は生

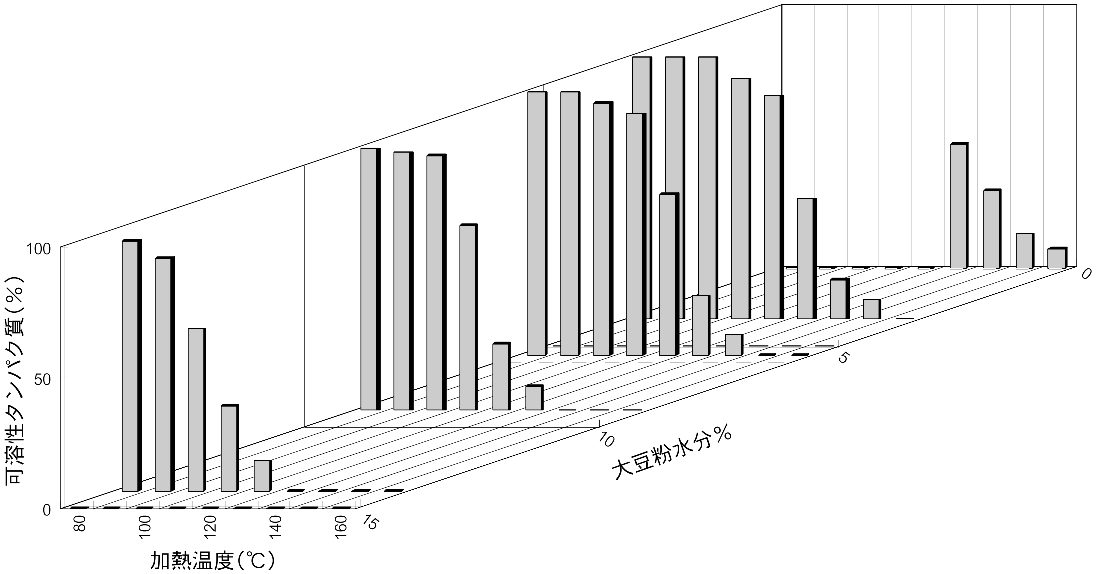


図６　水分含量の異なる大豆粉をガラス管に封入し加熱したときの可溶性タンパク質の不溶化

（加熱時間：20分）

理活性を有する固有の規則的に折り畳まれた立体構造を保持しながら相互に結晶体として、または他の成分との混合体として固体の状態で食品中に存在する。ただし豆乳のように水溶液中に溶解・分散していないので、互いの分子は固有の立体構造を保持しながら隣の分子と接触した状態に置かれる。この状態に置かれたタンパク質分子が加熱を受けたとき、共存する水分子の加熱による激しい分子運動を受けて、立体高次構造を支える水素結合などの結合が分解し、規則的に折り畳まれた高次構造が破壊される。その結果分子が膨化して互いに接触するタンパク質分子が相互に不規則に絡まり合って、見掛け上巨大分子化し、その結果、凝集・凝固・水不溶になるものと思われた。

6．おわりに

大豆タンパク質の構造については日本食品科学工学会誌に山内の詳細な解説がある[36]。そして大豆タンパク質の変性についても斎尾の詳細な解説がある[34]。しかし、焙煎加熱のように加水せずに加熱したときの大豆タンパク質の不溶化については不明な点が多いと柴崎らも述べている[37]。

本報は密封状態で大豆粉を焙煎すると、微量に存在する水分がTIに作用して大豆TIを加熱失活させる。しかし、開放状態で焙煎した場合は、共存する水分が容易に蒸発して、大豆TIが失活温度に達する先に無くなるためにTIは失活できなくなることを認めた。また、大豆貯蔵タンパク質においても、共存する水分が焙煎加熱変性に顕著な影響を与えていることを認めた。

以上の結果、焙煎加熱においては、TIを含めてタンパク質の加熱変性には多少の水分が必要である。この水分子が焙煎時にタンパク質に作用してタンパク質の立体高次構造を支える水素結合などの諸結合を分解して立体構造が変形する。このためにTIは熱失活し、可溶性タンパク質は不溶化する。しかし、焙煎時に水分が存在しないと、この水による作用がなくなり、高次構造を支える諸結合が分解されなくなる。従って熱失活、熱変性しなくなるものと思われた。

文献

1）藤巻正生、荒井綜一、大豆のフレーバー、食品工業、**10**、（16） 48-52 （1967）。

2）喜多村啓介、大豆の用途拡大のためのリポキシゲナーゼ低下大豆の育種、日食工誌、**31**、751-758 （1984）。

3）盛永宏太郎、生大豆特有の不快な後味について、日本農芸化学会大会講演要旨集 p.273、東京（1987）。

4）盛永宏太郎、生大豆の不快な後味について、日本食品工業学会第34回大会講演集 p.81、富山（1987）。

5）林寛、有山恒、大豆蛋白質の消化度に及ぼす加熱の影響、栄養と食糧、**10**、134-137 （1957）。

6）麻生和衛、大豆トリプシンインヒビターについて、食品工業、**10**、（16） 65-73 （1967）。

7）Booth, A. N., Robbins, D. J., Ribelin, We. E. and DeEds, F., Effect of raw soybean meal and amino acids on pancreatic hypertrophy. Proc. Soc. Exp. Biol. and Med., **10**, 681-683 （1960）.

8）Bray, D. J., Pancreatic hypertrophy in laying pullets induced by unheated soybean meal. Poultry Sci., **43**, 382-384 （1964）.

9）Lyman, R. L., The effect of raw soybean meal and trypsin inhibitor diets on the intestinal and pancreatic nitrogen in the rat. J. Nutr.,

62 285-294 （1957）.

10）Kunitz, M., Crystalline soybean trypsin inhibitor. J. Gen. Physiol., **29**, 149-154(1946）.

11）Fujimaki, M., Arai, S., Kirigawa, N. and Sakurai, Y. Studies on flavor components in soybean. Part Ⅰ. Aliphatic carbonyl compounds. Agric. Biol. Chem., **29**, 855-863（1965）.

12）Arai, S., Koyanagi, O., and Fujimaki, M.,. Studies on flavor components in soybean. Part Ⅳ. Aliphatic carbonyl compounds. Agric. Biol. Chem., **31**, 868-873 （1967）.

13）大久保一良、不快臭、「大豆の科学」、山内文雄、大久保一良編、（朝倉書店、東京）、pp.64-66 （1992）。

14）鬼頭誠、大豆不快臭の特異的生成とその生物的除去、「食品機能―機能性食品創製の基盤」、藤巻正生監修、（学会出版センター、東京）、pp.134-137 （1988）。

15）若林利生、不飽和脂肪酸のリポキシゲナーゼ反応、化学と生物、**18**、558-564（1980）。

16）渡辺篤二、海老根秀雄、大田輝夫、大豆の化学的性質、「大豆食品」、（光琳書院、東京）、pp.40-41 （1971）

17）Liener, I. E. and Pallansch, M. J., Purification of a toxic substance from defatted soybean meal. J. Biol. Chem., **197**, 29-36（1952）.

18）北川勲、吉川雅之、食物の中の生物活性物質―大豆サポニンと脂質代謝、化学と生物、**21**、224-232 （1983）。

19）内海成、遺伝子工学によるモアーヘルシーダイズの作出と展開、「食品科学工学セレクションⅠ・ダイズのヘルシーテクノロジー」、日本食品科学工学会監修、河村幸雄、大久保一良編、（光琳、東京）、p.1（1998）。

20）大久保一良、オリゴ糖によるビフィズス菌増殖作用、「大豆の科学」、山内文雄、大久保一良編、（朝倉書店、東京）、pp.71-72（1992）。

21）菅野道廣、ダイズタンパク質の血漿コレステロール低下作用とリノール酸代謝調節効果、「食品科学工学セレクションⅠ・ダイズのヘルシーテクノロジー」、日本食品科学工学会監修、河村幸雄、大久保一良編、（光琳、東京）、pp.59-72 （1998）。

22）岡本章子、柳田藤治、ダイズ発酵食品の機能性-アンギオテンシン変換酵素阻害能と高血圧抑制作用を中心として、「食品科学工学セレクションⅠ・ダイズのヘルシーテクノロジー」、日本食品科学工学会監修、河村幸雄、大久保一良編、（光琳、東京）、pp.109-127 （1998）。

23）村本光二、陳華敏、大豆タンパク質の坑酸化性-新しい坑酸化剤開発の試み、「食品科学工学セレクションⅠ・ダイズのヘルシーテクノロジー」、日本食品科学工学会監修、河村幸雄、大久保一良編、（光琳、東京）、pp.147-166 （1998）。

24）家森幸男、陳瑞東、骨粗鬆症、家森幸男、大田静行、渡邊昌、「大豆イソフラボン」、（幸書房、東京）、pp.66-87（2001）。

25）Bennink, M. R. and Bourguin, L. D.、大豆製品およびフィトケミカル類による結腸癌の予防、「大豆タンパク質の加工特性と生理機能」、日本栄養・食糧学会監修、菅野道廣、尚弘子編、（建帛社、東京）pp.191-192（1999）。

26）池中徳治、小出武比古、トリプシンインヒ

ビターの化学、化学と生物、**8**、1-13（1970）。
27）盛永宏太郎、焙煎大豆粉のタンパク質の消化とトリプシンインヒビター活性に及ぼす粉砕と加熱処理の影響、食科工、**44**、219-225　（1997）。
28）盛永宏太郎、大豆粉の焙煎によるトリプシンインヒビターの失活並びにタンパク質の不溶化、食科工、**46**、352-355　（1999）。
29）盛永宏太郎、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、食科工、**48**、416-421　（2001）。
30）盛永宏太郎、大豆の粉砕・圧扁処理に伴うトリプシンインヒビター熱安定性の増大、食科工、**49**、245-249　（2002）。
31）盛永宏太郎、焙煎大豆中トリプシンインヒビターの熱失活に及ぼす微量水分の影響、食科工、**49**、182-187　（2002）。
32）Liu, K. and Markakis, P., An improved colorimetric method for determining antitryptic activity in soybean products. Cereal Chem., **66** 415-422（1989）.
33）Kakade, M.L., Simons, N. and Liener, I.E., An evaluation of national vs. synthetic substrates for measuring the antitryptic activity of soybean samples. Cereal Chem. **46** 518-526（1969）.
34）斎尾恭子、大豆蛋白質の変性と食品、日食工誌、**20**、374-385　（1973）。
35）Kitabatake, N., Tahara, M. and Doi, E., Denaturation temperature of soy protein under low moisture. Agric. Biol. Chem., **53**, 1201-1202（1989）
36）山内文雄、大豆タンパク質の構造と食品物性、日食工誌、**26**、266-277　（1979）。
37）柴崎一雄、大久保一良、小野武彦、大豆蛋白質の食品化学的研究（第5報）脱脂大豆の蒸気加熱による不溶化蛋白質成分について、日食工誌、**16**、22-26　（1969）。