

## 国産および輸入落花生からの豆腐調製

門間美千子

食品研究部門

### **Tofu preparation from domestic and imported peanuts (*Arachis hypogaea* L.)**

Michiko Momma

Food Research Institute, NARO

#### **Summary**

In order to expand the utilization of plant protein resources, two domestic varieties (Nakateyutaka and Chibahandachi) and one imported peanuts were subject to tofu preparation. While the rupture stress values of peanut tofu were within  $19.6\sim 23.6 \text{ } 10^2\text{N/m}^2$ , about a fourth of commercial soy tofu (Kinugoshi-type), it became comparable to the value of soy tofu after straining overnight. Peanut tofu contained similar amount of protein to soy tofu, but its energy was about 1.6 time of soy tofu because of the high lipid content. In conclusion, protein-rich tofu curd with high energy was prepared from domestic and imported peanuts, avoiding dry roasting processing which might affect the allergenicity of peanut food.

**Key words:** Peanut, tofu, rupture stress

落花生は南アメリカ原産のマメ科植物で、16世紀に南アフリカに伝わり、18世紀に黒人奴隷とともに米国に入り、南部で栽培が広がったとされる。わが国では明治時代に栽培が始まり昭和40年代に生産量が増加した<sup>1,2)</sup>。FAO統計によると2014年に世界で約4232万トン生産され、そのうち中国の生産量が1571万トンと最も多く、次いでインド、ナイジェリア、米国の生産量が多い。我が国の主な生産地は千葉、茨城で、ナカテユタカ、千葉半立といった品種が栽培され、国内生産量は約1.5万トンである。栄養成分としては、25.4%のたんぱく質、47.5%の脂質が含まれており<sup>3)</sup>、オレイン酸やビタミンB群、ポリフェノールが豊富で、大豆と同様に穀類で不足しがちな必須アミノ酸が含まれている。炒った時の風味が好まれ、米国では約40%が、炒ってペースト状にしたピーナツバターに利用されており、わが国でも大半が炒り莢や炒り豆、バターピーナツなどとして食されている<sup>2)</sup>。一方で、たんぱく質の品質という面では、炒ることによってたんぱく質の消化性が低下するとともに、メイラード反応などによりアレルギー性が增大する懸念がある<sup>4,5)</sup>。落花生と同様に、たんぱく質(33.8%)や脂質(19.7%)の含量が高く<sup>3)</sup>油糧種子としても利用されている大豆では、豆乳を凝固させ豆腐にすることにより、消化性が高く食味に優れた食品となり、さらに様々な二次加工としての利用が広がった。落花生についてはどうだろうか。落花生のゲル状食品としては、沖縄県や鹿児島県の郷土料理であるジーマーミ豆腐が知られ落花生豆腐とも呼ばれている。これは胡麻豆腐と同様に、澱粉を加えて加熱しゲル状にした、落花生の風味やもちもちした食感を楽しむ嗜好性の高い食品という面が強い。本報告では落花生を良質のたんぱく源と位置づけ、その加工法として落花生から調製した豆乳をにがりで凝固させる「落花生豆腐」の調製を試みた。

## 1. 実験方法

市販の27年産国産落花生2品種(ナカテユタカ、千葉半立)および中国産落花生(品種不詳)を使用した。参考試料として、市販の絹ごし豆腐の破断応力を測定した。

落花生からの豆腐の調整は、これまでに筆者らが

豆腐の加工適性を評価する際に用いてきた方法に準じて行った<sup>6,7)</sup>。落花生70gに300mlの水を加え4℃で15時間浸漬した後、薄皮を取り除き、乾燥重量の6倍となるように水を加え、フードプロセッサ(クイジナート社, DLC10PRO)で5分間磨砕した。ミラクロス(Calbiochem社)で豆乳を搾り取り、加熱(90~95℃で5分保持)した後、速やかに氷冷した。豆乳60mlを100mlビーカーに入れ、これに市販のにがり(「海の深層水にがり」赤穂化成)0.6mlを加えて混合し、70℃で60分加熱した後水冷した。3点の豆腐を調製し、卓上型物性測定器(山電TPU-2S)により、2カ所の破断応力を測定し平均値を得た。測定は直径8mmのプランジャーを用い、毎秒2.5mmの速度で17mm貫入して破断強度を測定し破断応力を求めた。調製した豆腐を、ビーカー内に固定したミラクロス上に静置し4℃で一晩水切りした豆腐(水切り豆腐)についても同様に破断応力を測定した。

落花生豆腐及び水切り豆腐について、水分、たんぱく質、脂質、灰分、炭水化物、エネルギー、食塩相当量の成分値を(財)日本食品分析センターへの依頼分析により得た。水分は常圧加熱乾燥法、たんぱく質はケルダール法、脂質は酸分解法、灰分は直接灰化法、ナトリウムは原子吸光光度法による。

## 2. 実験結果および考察

### (1) 落花生豆腐の調製法

図1に得られた落花生豆腐の写真を示した(図1)。豆腐の凝固剤としてはグルコノデルタラクトン、塩化マグネシウム、天然のにがりを用いられる。グルコノデルタラクトン凝固は再現性がよく実験が容易であるが、豆腐の食味は、にがり凝固が優れて

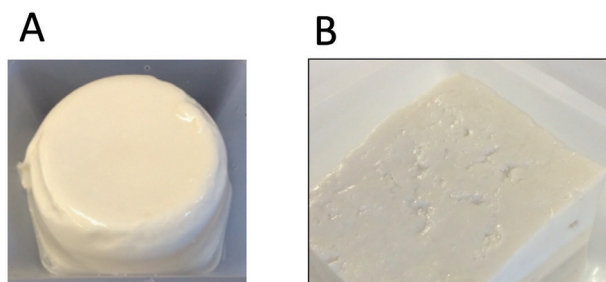


図1 落花生豆腐の外観

A: 落花生豆腐(中国産落花生から調製), B: 水切り豆腐

おり、市販豆腐にはにがりを用いられることが多い。本報告では市販にがり液を凝固剤として豆腐を調製した。豆腐の形成は、豆乳に凝固剤を加えたときの粒子状たんぱく質の凝集から始まることが知られており<sup>8)</sup>、大豆ではたんぱく質濃度と豆腐の硬さとの相関が報告されている<sup>9)</sup>。落花生は大豆に比べるとたんぱく含量がやや低く脂質含量が高いことから<sup>3)</sup>、豆腐の凝固が起こりにくくなることが予想された。今回の落花生豆腐の調製試験では、豆乳の凝集が速いためにがり濃度を調整した。加熱の際に95℃以上で確実に5分間保持することや、にがりを加える前に氷水でよく冷却するなど温度制御を厳密に行うことが必要であった。また、落花生からの豆乳を調製する際には、大豆豆乳のような起泡が起きにくく、起泡抑制剤を添加する必要がなく豆乳の扱いは容易であった。

## (2) 落花生豆腐の物性評価

調製した落花生豆腐の物性評価として、豆腐加工適性評価に用いられる破断応力を測定した。水切りしない落花生豆腐の破断応力は $19.6 \sim 23.6 \times 10^2 \text{N/m}^2$ で、今回の実験では品種や生産地間で有意な差は認められなかった(図2)。

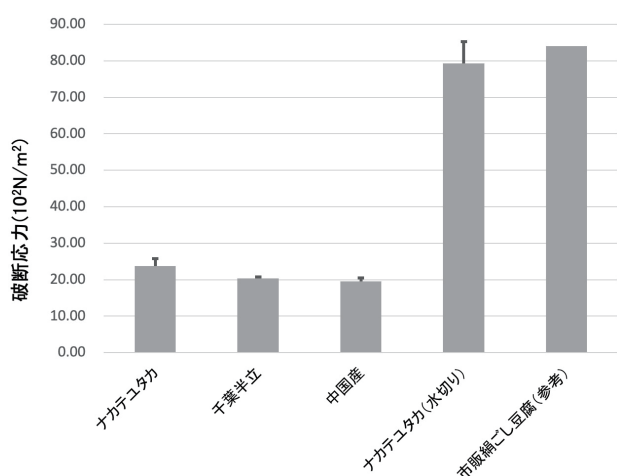


図2 落花生豆腐の破断応力

これらの落花生豆腐の破断応力は、市販の絹ごし豆腐や、筆者らがこれまでの報告で得た大豆の豆腐破断応力<sup>6, 7)</sup>の約4分の1であった。上述のように、大豆の場合、豆腐の凝固性は豆乳のタンパク質含量と関連することから、落花生のたんぱく質含量が大豆に比べてやや低い、あるいは脂質含量が大豆に比べて高いことが関与している可能性が考えられる<sup>8)</sup>

<sup>9, 10)</sup>。今後加工食品として利用する場合、ある程度の硬さが必要と想定されるため、生成した落花生豆腐をミラクロス上で一晩水切りしたところ、水切り豆腐の破断応力は $79.2 \times 10^2 \text{N/m}^2$ となり、市販の絹ごし豆腐と同等になった。

## (3) 落花生豆腐の成分組成

調製した落花生豆腐2点(ナカテユタカ、千葉半立)と水切り豆腐1点の栄養成分値を日本食品分析センターへの依頼分析によって得た(表1)。日本標準食品成分表の絹ごし豆腐の成分値が、たんぱく質4.9g/100g、脂質3.0g/100g、熱量56kcal/100gであるのに対し、落花生豆腐ではたんぱく質4.0~4.2g/100g、脂質7.3~8.2g/100g、熱量は88~94kcal/100gで、たんぱく質がやや低く、エネルギーが約1.6倍であった。水切り豆腐については、たんぱく質7.5g/100g、脂質15.7g/100g、熱量は178kcal/100gであった。参考として、落花生(大粒種)、大豆(国産)の成分値についても表1に示す。

以上のことから、落花生から調製した豆乳をにがりで凝固させることにより、大豆の豆腐よりは柔らかい落花生豆腐が調製され、それを水切りすることにより市販の絹ごし豆腐と同程度の硬さのゲル(水切り豆腐)ができた。本実験で得られた落花生豆腐は色が白くきめがなめらかで、リポキシゲナーゼやサポニンに由来する豆臭やえぐみがなく風味もよかったが、詳細な品質評価については今度の課題と考える。栄養成分分析の結果から、落花生を豆腐に加工することにより、食べやすく高エネルギーでたんぱく質に富んだ食品とできるものと考えられ、大豆加工品に見られるような用途の拡大も期待される。また、ピーナツアレルギーは代表的な食物アレルギーの一つであるが、焙煎のように乾燥条件で高温加熱することにより、たんぱく質の重合や、メイラード反応などが関与しアレルギー性が増大すると報告されている<sup>4, 5)</sup>。日常的に摂取するピーナツの加工処理の違いが欧米諸国とアジアでのピーナツアレルギーの発症頻度に寄与することが考えられていることから<sup>11)</sup>、焙煎工程を含まない豆腐加工がアレルギーの発症頻度の抑制につながる可能性について期待できる。

表1 落花生から調製した豆腐の栄養成分

品種	落花生豆腐		水切り豆腐	参考値*		
	ナカテユタカ	千葉半立	ナカテユタカ	絹ごし豆腐	落花生	大豆(国産)
エネルギー (kcal/100g)	94	88	178	56	562	422
水分 (g/100g)	86.4	86.9	74.7	89.4	6.0	12.4
たんぱく質 (g/100g)	4.0	4.2	7.5	4.9	25.4	33.8
脂質 (g/100g)	8.2	7.3	15.7	3.0	47.5	19.7
炭水化物 (g/100g)	0.4	1.3	1.6	2.0	18.8	29.5
灰分 (g/100g)	1.0	0.3	0.5	0.5	2.3	4.7
ナトリウム (mg/100g)	5.1	4.8	5.7	0.7	2.0	1.0
食塩相当量 (g/100g)	0.013	0.012	0.014			

\*, 日本標準食品成分表2015年版(七訂) (2015) 食品番号04033, 05034, 04023から引用

### 3. 要約

植物性たんぱく質資源の多様な用途拡大を図るため、国産の落花生2品種(品種:ナカテユタカ、千葉半立)並びに輸入(中国産)落花生から、豆腐を調製した。6倍加水豆乳を調製し、にがりで凝固させ豆腐状ゲルを作成し破断応力を測定するとともに、日本食品分析センターに依頼し一般栄養成分値を得た。落花生豆腐の破断応力は $19.6 \sim 23.6 \times 10^2 \text{N/m}^2$ で、市販の絹ごし豆腐の約4分の1であったが、一晩水切りすることにより大豆絹ごし豆腐と同等の値となった。依頼分析で得られた一般栄養成分は、たんぱく質 $4.0 \sim 4.2 \text{g}/100 \text{g}$ 、脂質 $7.3 \sim 8.2 \text{g}/100 \text{g}$ 、熱量は $88 \sim 94 \text{kcal}/100 \text{g}$ で、大豆の豆腐に比べると、脂質、エネルギーが高かった。色は白く風味はよかったが、食品としての詳細な品質評価は今後の課題と考える。

### 文献

- 1) 石井智恵美(2014). ラッカセイ, 地域食材大百科, 農文協, 東京, pp.253-259.
- 2) 鈴木一男(2000): ラッカセイ, ラッカセイの利用, 「豆の事典—その加工と利用」渡辺篤二監修, 幸書房, 東京, pp.60-65, 150-154.
- 3) 日本標準食品成分表2015年版(七訂)(2015) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会編.
- 4) Davis P.J., Smales C.M., James D.C. (2001). How

can thermal processing modify the antigenicity of protein? *Allergy*, **56** (Suppl 67), 56-60

- 5) Beyer K., Morrow E., Li X-M., Bardina L., Bannon G.A., Burks A.W., Sampson H.A. (2001). Effects of cooking methods on peanut allergenicity. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, **107**, 1077-1081
- 6) Momma M., Yagasaki K., T., Hajika M. (2006). Quality evaluation of 11S globulin-mutant soybean for tofu preparation. Report of National Food Research Institute (*Shokuhin Sogo Kenkyusyo Kenkyu Houkoku*), **70**, 13-17 (門間美千子、矢ヶ崎和弘、羽鹿牧太. 11S グロブリン変異大豆における豆腐加工適性とジスルフィド結合蛍光標識, 食品総合研究所研究報告)
- 7) Momma M., Yagasaki K., T., Hajika M. (2007). Relationship between rupture stress of tofu and labeling intensity of disulfide bonds in 11S globulin protein. *Report of National Food Research Institute (Shokuhin Sogo Kenkyusyo Kenkyu Houkoku)*, **71**, 1-5 (門間美千子、矢ヶ崎和弘、羽鹿牧太. 豆腐破断応力と11S グロブリンジスルフィド結合蛍光標識強度, 食品総合研究所研究報告).
- 8) Ono T. (2008). The mechanism of soymilk and tofu formation from soybean and the factors affecting the formation. *Journal of*

- the Japanese Society for Food Science and Technology (Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi)*, **55**, 39-48 (小野伴忠. 大豆から豆乳・豆腐が精製する機構とそれに影響を与える諸因子, 日本食品科学工学会誌) .
- 9) Toda K., Ono T., Kitamura K., Hajika M., Takahashi K., and Nakamura Y. (2003). Seed protein content and consistency of tofu prepared with different magnesium chloride concentrations in six Japanese soybean varieties. *Breeding Science*, **53**, 217-223.
- 10) Momma M., Seki T., Hajika M. (2004). Analysis of Disulfide Bonds in Soybean Proteins using Fluorescence Labeling by Monobromobimane(mBBr). *Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology (Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi)*, **51**, 406-412 (門間美千子, 関友子, 羽鹿牧太. 蛍光色素モノブロモバイメイン標識による大豆タンパク質ジスルフィド結合の解析, 日本食品科学工学会誌)
- 11) Wichers H., Master A., Amerongen A., Wichers J., and Soler-Rivas C. (2004). Monitoring of technological effects on allergenicity of proteins in the food industry, In "Plant Food Allergens" ed. by E. N. Clare Mills and Peter R. Shewry. Blackwell Science: Ltd, Oxford, pp.196-212.

