

ゼリーへの大豆たんぱく質添加の影響と嗜好改善

安田佳生・森川美也子*・近藤正夫・天野武雄

大豆食品は昔から日本で発酵食品または加工食品として食されており栄養的価値も高い。また大豆のたんぱく質は採油の際に副生物として得られ、安価で容易に手に入れることができる。一方、近年の高齢者の増加に伴い高齢者に適した食品の開発が必要不可欠となってきた。そこで今回、健康な高齢者だけでなくそしゃく・えん下困難者でも食することができるように、大豆を食材とし栄養バランスのとれたゼリーの開発を行った。すなわち、ゼリーに対して大豆たんぱく質を添加し、その物性的、官能的影响を調査し、これらの結果をふまえて新規なゼリーの開発を行ったので報告する。

実験方法

1. 材料

大豆たんぱく質は不二製油(株)製サンラバー50を、カラギーナンは(株)富士商事製のものを、100%果汁は名古屋製酪(株)製天然果汁(濃縮果汁還元)を、黄桃ピューレははごろもフーズ(株)製の黄もも・シラップづけの果肉部分をミキサーで破碎したものを、プロテアーゼは(株)天野製薬製プロテアーゼアマノNを用いた。水は蒸留水を使用した。

2. 試作方法

ゼリーの試作は基本的に表1に示す配合で行った。

表1 ゼリーの原料配合

		プロテアーゼ未処理	プロテアーゼ処理
大豆たんぱく質	(g)	30	30
水	(ml)	600	600
プロテアーゼ0.1%水溶液	(ml)	—	12
K-カラギーナン	(g)	5	5
グラニュー糖	(g)	100	100
果汁またはピューレ	(ml)	400	400

2. 1 プロテアーゼ未処理の大豆たんぱく質ゼリー

大豆たんぱく質を水に懸濁し、80℃に加熱後、カラギーナンとグラニュー糖を溶かし、50℃に放冷した。あらかじめ40℃に加熱しておいた果汁またはピューレを加え、容器またはビーカーに充填後、冷蔵庫(6℃)内で2時間冷蔵した。

2. 2 プロテアーゼ処理した大豆たんぱく質ゼリー

大豆たんぱく質を水に懸濁し、50℃に加熱後、プロテアーゼ0.1%水溶液を加え2時間かくはんした。80℃に加熱後、カラギーナンとグラニュー糖を溶かし、15分後に50℃に放冷した。あらかじめ40℃に加熱しておいた果汁またはピューレを加え、容器またはビーカーに充填後、冷蔵庫(6℃)内で2時間冷蔵した。

3. かたさの測定

高齢者用食品の試験方法¹⁾を参考にして次のように測定した。装置は(株)山電製レオナーRE-3305を使用し、直径40mmのビーカーに高さ15mmに充填し6℃で2時間冷蔵した試料を、直径16mmの円柱形のプランジャーを用いて、圧縮速度10mm/秒、クリアランス5mmで試料面に対し垂直に圧縮した。そのときにかかる最大の力を1試料について5回測定しそれを平均した。これをプランジャー面積で除した応力をかたさ(N/m²)とした。

4. 離水量の測定

ビーカーで50gのゼリーを作製し、4℃で保存し、ビーカーを傾けてろ紙で吸水し、吸水した水の重量を測定した。1試料につき2点測定し、その平均を離水量とした。

5. 官能検査

5. 1 黄桃ピューレを用いたゼリーの官能検査

パネラー16人で、色、におい、かたさ、舌触り、甘み、のどごし(のみこみやすさ)、総合評価の7項目について7段階で評価した。

5. 2 りんご果汁を用いたゼリーの官能検査

パネラー29人で、プロテアーゼ未処理の大豆たんぱく質を用いて作製したゼリーとプロテアーゼ処理した大豆たんぱく質を用いて作製したゼリーの2種類について、色、におい、舌触り、のどごし(のみこみやすさ)、総合評価の5項目でどちらか好ましい方を選択した。さらに、2種類のゼリーについてそれぞれのかたさと甘みを3段階で評価し、また苦みの有無も判定した。

6. 加水分解率の測定

大豆たんぱく質10gを水に懸濁し200mlとしたものに

* 椋山女学園大学

対し、プロテアーゼ 0%, 0.05%, 0.1%, 0.5% (w/v) 水溶液を 4 ml 加え、50℃でインキュベートした。一定時間後、20 ml を採取し、1 M トリクロロ酢酸水溶液を 5 ml 加え、かくはん後 30 分放置した。これを 10,000 rpm で 3 分遠心分離し、上清 10 ml をケルダールフラスコに入れ、衛生試験法・注解²⁾のセミマイクロケルダール法に基づき上清 10 ml 中のたんぱく質を定量した。別に、大豆たんぱく質 0.4 g あたりのたんぱく質含量を定量し、以下に示す式に従って加水分解率を算出した。

$$\text{加水分解率} = \frac{A - C}{B - C} \times 100$$

A: 各プロテアーゼ濃度、各時間において定量した上清 10 ml 中のたんぱく質含量

B: 大豆たんぱく質 0.4 g あたりのたんぱく質含量

C: プロテアーゼ濃度 0% において定量した上清 10 ml 中のたんぱく質含量

7. 光学顕微鏡による観察

装置は OLYMPUS 製光学顕微鏡 AH-2 を使用し、大豆たんぱく質を水に懸濁させたもの及びプロテアーゼで処理したものを試料に用いた。たんぱく質は塩基性フクシンで赤紫色に染色し、倍率 400 倍で観察した。

8. ゲルろ過クロマトグラフィーによる分析

大豆たんぱく質を水に懸濁させたもの及びプロテアーゼで処理したものを試料に用いた。装置は Farmacia 社製 FPLC system を使用し、以下に示す条件で分析した。

カラム: Superose 12, 検出: 280 nm 吸収, 溶出液: 50 mM リン酸バッファー (pH 7.0) + 150 mM 塩化ナトリウム + 0.05% アジ化ナトリウム, 流速: 0.75 ml / 分

実験結果及び考察

図 1 にカラギーナン濃度を変化させたときのかたさの変化を示す。κ-カラギーナンのみを水に溶解した場合、カラギーナン濃度が 0.8% 以上でゲル化し、グラニュー糖 10% 溶液添加区においてもほぼ同じ濃度からゲル化を開始した。これに対し、大豆たんぱく質 3% 懸濁液添加区の場合、カラギーナン濃度が 0.5% から 0.6% の間で急激にかたさが増加し大豆たんぱく質を含まない場合と異なる挙動を示した。また、同様にグラニュー糖 10% 溶液に大豆たんぱく質を全体の 3% になるように添加した場合、0.2% ですでにゲル化し、0.5% から 0.7% の間で急激にかたさが増加し、それ以上ではほぼ一定のかたさとなった。さらに、100% オレンジジュース果汁を添加した場合はよりかたくなり、カラギーナン濃度の増加に対

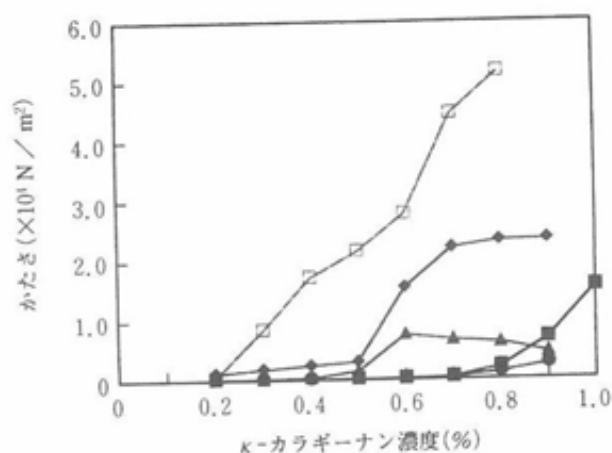


図 1 κ-カラギーナン濃度とかたさの関係

■: κ-カラギーナンのみ
●: κ-カラギーナン+グラニュー糖
▲: κ-カラギーナン+大豆たんぱく質
◆: κ-カラギーナン+グラニュー糖+大豆たんぱく質
□: κ-カラギーナン+グラニュー糖+大豆たんぱく質+100%オレンジ果汁

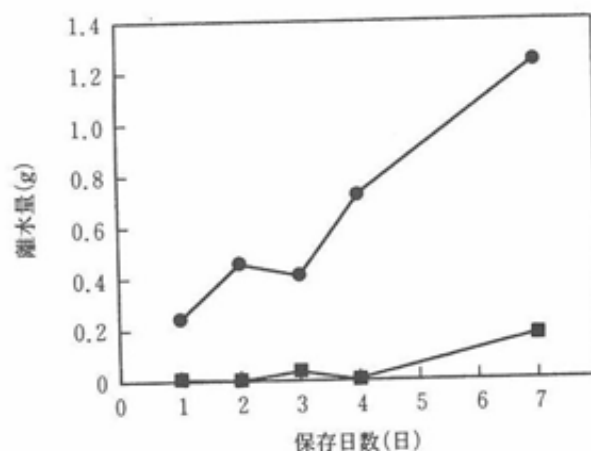


図 2 ゼリーの保存日数と離水量の関係

■: κ-カラギーナン
●: κ-カラギーナン+ι-カラギーナン (4:1)

して比例的にかたさの増加がみられた。

次に、弾力のあるやわらかいゲルを作るといわれている ι-カラギーナンの利用を検討した。図 2 に、κ-カラギーナンのみ、及び κ-カラギーナンと ι-カラギーナンを 4:1 に混合して作製したゼリーの離水量の時間変化を示す。ゼリーのグラニュー糖濃度は 15% とし、黄桃ピューレを用いて作製した。κ-カラギーナンのみの場合は一週間後もほとんど離水がみられなかったのに対し、κ-カラギーナンと ι-カラギーナンを 4:1 に混合したものは、日数がたつにつれ著しい離水がみられた。そこで以後は κ-カラギーナンのみを用いてゼリーを作製す

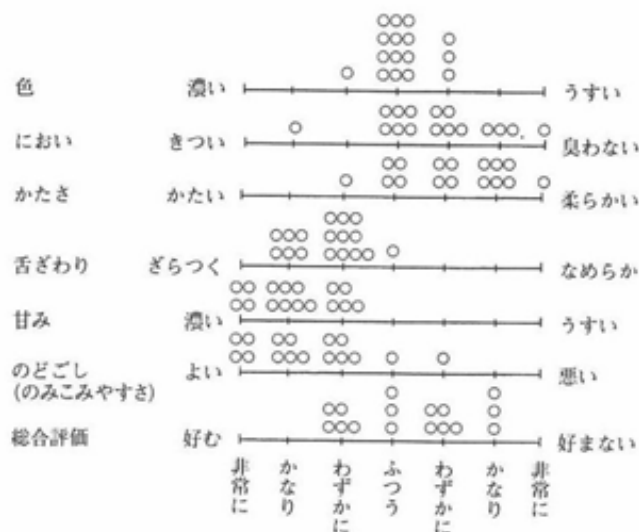


図3 黄桃ピューレを添加して作ったゼリーの官能検査の結果

ることとした。

図3に黄桃ピューレを添加して作ったゼリーの官能検査の結果を示す。官能検査に用いたゼリーも離水量の実験と同様、ゼリーのグラニュー糖濃度は15%とし、黄桃ピューレを用いて作製した。この結果によると、ほとんど全ての人が舌触りにおいてざらつきを感じ、甘みが濃いと感じている。甘みについては、砂糖濃度を15%から10%に減らし、適度な甘みとした。また、ざらつきの原因は大豆たんぱく質と考えられたため、大豆たんぱく質を加工してざらつきをなくす方法を検討した。

すなわち、ざらつきを改善するために大豆たんぱく質をプロテアーゼで低分子化した。図4に各プロテアーゼ濃度におけるプロテアーゼ処理時間と加水分解率との関係を示す。ここで加水分解率を0.2Mのトリクロロ酢酸によって30分間で沈殿するたんぱく質の重量の減少割合(0時間を基準として)と定義した。いずれの濃度においても最初の1時間で急激に加水分解率が上昇し、それ以降はあまり変化しなかった。そこで、処理時間の若干のずれが加水分解率に影響を及ぼさないと考えられる2時間で大豆たんぱく質を処理することとした。また、処理時間が2時間の場合、プロテアーゼ濃度0.002%の加水分解率が0.01%の場合とそれほど差がないことから、少量で効率的に加水分解すると考えられる0.002%で大豆たんぱく質を処理することとした。

写真1, 2にプロテアーゼ処理前と処理後の

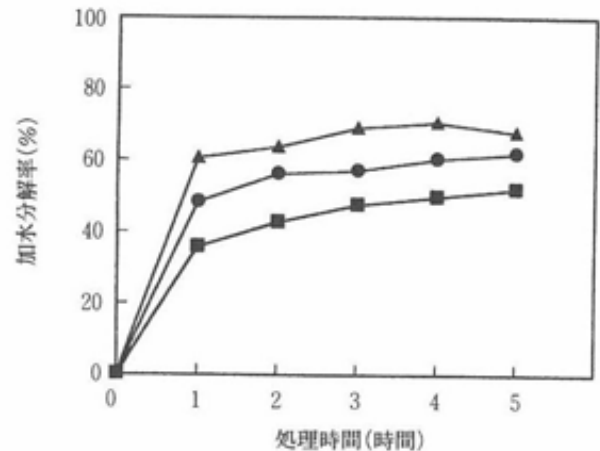


図4 プロテアーゼ処理時間と加水分解率の関係

■: プロテアーゼ濃度 0.001%
●: プロテアーゼ濃度 0.002%
▲: プロテアーゼ濃度 0.01%

大豆たんぱく質を光学顕微鏡で観察した結果を示す。プロテアーゼ処理によってたんぱく質粒子が細かくなっていることが分かった。

図5にプロテアーゼ処理前と処理後の大豆たんぱく質をゲルろ過クロマトグラフィーで分析した結果を示す。標準物質が溶出する位置を矢印で示した。排除限界分子量以上のたんぱく質がプロテアーゼ処理後にはほとんどなくなり、分子量約1万のたんぱく質が多く生成していることが分かった。

表2にプロテアーゼ処理した大豆たんぱく質と未処理の大豆たんぱく質でゼリーを作製し、2点比較法³⁾に

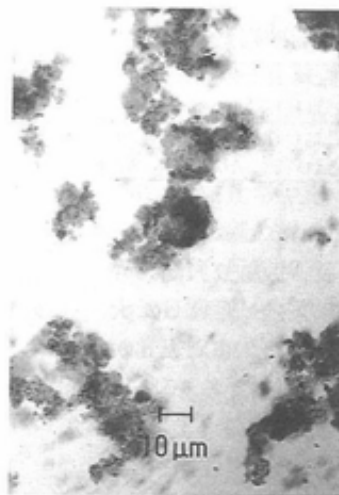


写真1 プロテアーゼ処理前の大豆たんぱく質の光学顕微鏡写真

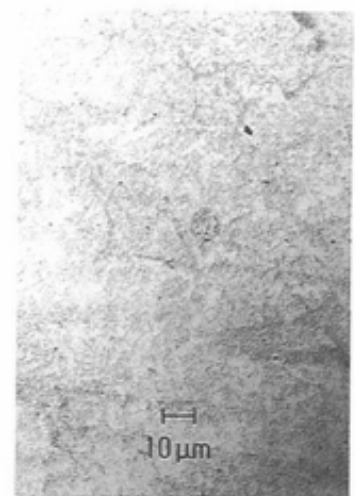


写真2 プロテアーゼ処理後の大豆たんぱく質の光学顕微鏡写真

要 約

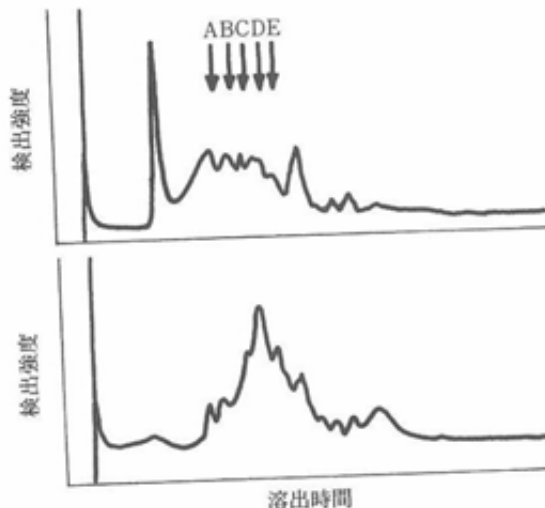


図5 大豆たんぱく質のゲルろ過クロマトグラフィー

上：プロテアーゼ処理前の大豆たんぱく質
 下：プロテアーゼ処理後の大豆たんぱく質
 標準物質
 A：牛血清アルブミン (分子量67,000)
 B：キモトリプシノーゲン (分子量25,000)
 C：チトクロムC (分子量12,300)
 D：トリプシン阻害剤 (分子量6,500)
 E：パシトラシン (分子量1,450)

表2 りんご果汁を用いたゼリーの官能検査 (好ましき)

	より好ましいと感じた人数 (人)		
	プロテアーゼ処理前	プロテアーゼ処理後	無回答・その他
色*	2	27	0
におい	11	15	3
舌触り*	4	24	1
のどごし(のみこみやすさ)	10	17	2
総合評価*	4	25	0

*0.1%危険率で有意差あり

表3 リンゴ果汁を用いたゼリーの官能検査 (批評)

かたさ	プロテアーゼ処理前	かたい	5	ちょうどよい	12	やわらかい	12
	プロテアーゼ処理後	かたい	4	ちょうどよい	15	やわらかい	10
甘み	プロテアーゼ処理前	甘すぎる	1	ちょうどよい	17	たりない	11
	プロテアーゼ処理後	甘すぎる	3	ちょうどよい	23	たりない	3
苦み	プロテアーゼ処理前	ある	3	ない	26		
	プロテアーゼ処理後	ある	2	ない	27		

より官能検査を行った結果を示す。色、舌触り、総合評価において、有意水準0.1%でプロテアーゼ処理した大豆たんぱく質を使用したゼリーが好まれた。また表3から、官能的には苦みは無いと考えられた。

ゼリーに大豆たんぱく質を添加するとカラギーナン濃度0.6%以上で急激にゼリーのかたさが増した。また果汁の添加によってかたさの増加がみられた。離水はκ-カラギーナンのみで作製したゼリーでほとんどみられず、κ-カラギーナンにι-カラギーナンを併用して作製したゼリーで著しい離水が観察された。

官能検査において大豆たんぱく質がゼリーにざらつきを生じさせることが分かったので、プロテアーゼ処理を行った。処理前後の大豆たんぱく質を顕微鏡で観察すると、酵素処理によりたんぱく質が細分化されていることが分かった。ゲルろ過クロマトグラフィーで分子量分布を調べたところ酵素処理で高分子量のたんぱく質がほとんど消失していることが分かった。また官能検査によりプロテアーゼ処理の大豆たんぱく質で作製したゼリーはプロテアーゼ未処理より色、舌触り、総合評価で有意に好まれることが分かった。

文 献

- 1) 厚生省生活衛生局食品保健課新開発食品保健対策室長通知平成6年2月23日衛新第15号、高齢者食品の表示許可の取扱いについて 別紙 高齢者用食品の試験方法2(1)
- 2) 日本薬学会編：衛生試験法・注解、金原出版、p272 (1990)
- 3) 日科技連官能検査委員会編：新版官能検査ハンドブック、日科技連出版社、p249 (1973)