

## 県産大豆の豆腐加工適性比較

中川 力夫\* 野口 友嗣\*

### 1. はじめに

茨城県産の豆腐用大豆は昭和62年に県の奨励品種に採用された「タチナガハ」<sup>1)</sup>が主力品種である。「タチナガハ」は、多収・良質で倒伏に強いという特徴があるものの、立枯性病害にやや弱く、青立ちしやすい<sup>2)</sup>という欠点もある。そこで、県は、子実が大粒で良質、蛋白質含量が高いという特徴をもつ「里のほほえみ」<sup>3)</sup>や、子実収量が高く、蛋白質含量も高い「サチユタカ」<sup>4)</sup>に難裂莢性を導入した品種である「サチユタカA1号」<sup>5)</sup>、そして、倒伏に強く、暖地の転換畑での栽培に適した「フクユタカ」<sup>6)</sup>を「タチナガハ」に代わる品種として検討している。

### 2. 目的

茨城県農業総合センター農業研究所作物研究室より提供を受けた平成25年産の「タチナガハ」「里のほほえみ」「サチユタカA1号」「フクユタカ」の子実から豆腐を試作し、加工適性を比較することを目的とした。

### 3. 方法

#### 3.1 原料大豆の比較

##### 1) 百粒重

無作為に大豆を100粒ずつ採取して重量を測定することを5回繰り返し、その平均値を求めた。

##### 2) 発芽率

無作為に100粒の大豆を選び軽く水洗いしたあと、蒸留水を散布したペーパータオル(キムタオル)2枚に、各々50粒ずつ並べ、ペーパータオルでくるみ10ビーカーに入れた。数か所に穴を開けたプラスチックフィルムでビーカーをラッピングして、25℃恒温器中で発芽させ、恒温器に入れてから3日後の発芽粒数を数えた。

##### 3) 水分

榎みやこ物産製DM-6粉砕機によって30秒粉砕した試料を約2gを秤取し、130℃で2時間30分乾燥して求めた。1品種を3回測定し平均値を求めた。

#### 3.2 豆乳の調整

原料大豆100gに蒸留水500gを加え、20℃で18時間浸漬後、プラスチック製ざるで水切りして、吸水後の大豆重量を測定し、次の計算式で吸水率を計算した。  
 吸水率(%) = [(吸水後大豆重量 - 原料大豆重量) ÷ 原料大豆重量] × 100

吸水後の大豆に原料大豆の6倍量の蒸留水を添加し、ホームミキサー(パナソニックジューサーミキサーMJ-M31)で2分間磨砕したものを「ご」とした。

6倍量の蒸留水を添加するときの加水量は次式のとおり原料大豆の水分と吸水大豆の吸水量を差し引いて算出した。

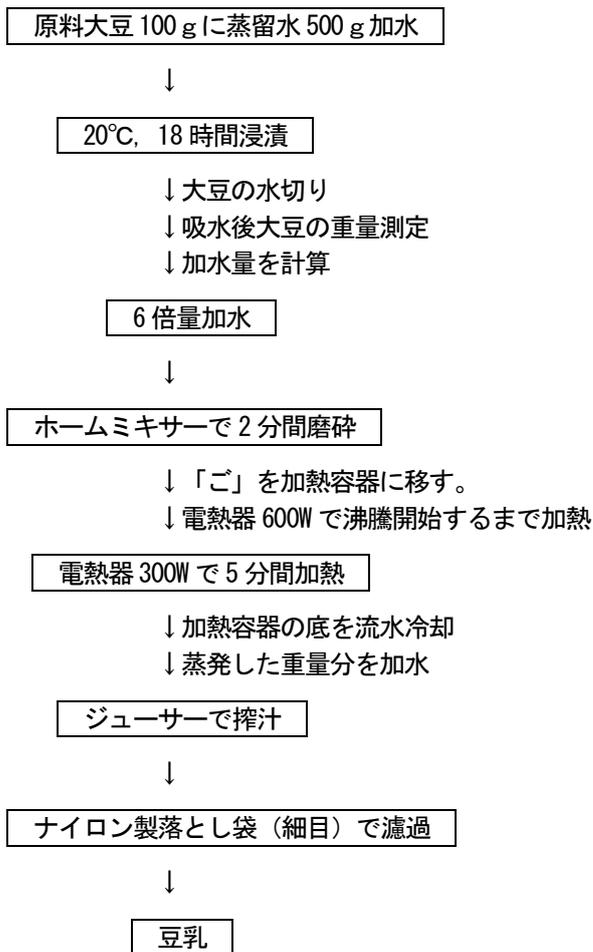
$$W = 6S - (Sw + (S' - S))$$

W:加水量(g), S:原料大豆重量(g)

Sw:原料大豆水分量(g), S':吸水後大豆重量(g)

実際の豆乳調製は、計算した加水量の約3/4の蒸留水で磨砕して、「ご」を加熱容器(手付き鍋)に移した。その際に残りの蒸留水でホームミキサーに残った「ご」を洗い流した。「ご」は加熱容器とともに重量測定後、600Wの電熱器上で加熱し、沸騰が始まったら300W(外側電熱線による300W加熱)にして豆乳が凝固しないようかき混ぜながら、正確に5分間煮沸した。その後加熱容器の底を水道水で流水冷却した。冷却後に加熱で蒸発した水分を蒸留水で補充した。次に「ご」をパナソニックジューサーミキサーMJ-M31のジューサー部位を使用して搾汁し、ナイロン製落とし袋(細目)で濾過し、豆乳を得た。豆乳重量を測定し、歩留まりの計算に用いた。

#### (豆乳調製法)



### 3.3 豆乳の色調等比較

3.2 で得られた豆乳について、pH、色調、Brix の測定を行った。

pH は pH メーター (堀場製作所製 D-51) で測定し、色調は、日本電色工業社製分光式色差計 SE-2000 で反射光による L\* 値、a\* 値、b\* 値を測定した。豆乳は付属の円筒型セルに入れ、3 回測定し平均値を求めた。そして Brix は、アタゴ社製屈折示度計で測定した。

### 3.4 豆腐の硬度測定

#### 1) 凝固剤添加量を決定するための試験

グルコノデルタラクトン、塩化マグネシウム六水和物 ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) (以下「塩化マグネシウム」という。) 硫酸カルシウム二水和物 ( $Ca_2SO_4 \cdot 2H_2O$ ) (以下「硫酸カルシウム」という) を使用して、市販の成分無調整豆乳による豆乳凝固テストを実施した。

グルコノデルタラクトンを市販の成分無調整豆乳に 0.3% 添加したのち、ゼリー用カップ (内容量 100ml) に 40g ずつ分注し、ゼリー用カップをプラスチックフィルムでラッピングし、次にゼリー用カップを 70°C の恒温水槽に 60 分入れて豆乳を凝固させ豆腐を製造した。

グルコノデルタラクトンは添加量が少ないと凝固が悪くなり、添加量が多くなると凝固して得られた豆腐の酸味が強くなり食味が悪くなるので、これらの点を考慮してグルコノデルタラクトンの豆乳への添加量は豆乳重量の 0.3% に決定した。

同様の方法で塩化マグネシウム及び硫酸カルシウムを使用した豆腐を製造した。市販成分無調整豆乳に重量比で豆乳の 0.3% のグルコノデルタラクトンを添加して豆乳を凝固させたものを基準として、実験担当者の官能評価で同等の硬さになるような添加量を求めたところ、塩化マグネシウムは 0.3%、硫酸カルシウムは 1.6% となったので、この数値を機器による豆腐の硬度測定及び官能検査の際に用いた。

#### 2) 豆腐の調整

3.2 の方法で得られた「タチナガハ」「里のほほえみ」「サチユタカ A1 号」「フクユタカ」の各豆乳 400g 以上をそれぞれ 1L ビーカーにとり、凝固剤を添加して、攪拌棒でよく混合し、その後、ゼリー用カップ (内容量 100ml) に 40g ずつ分注し、ゼリー用カップをプラスチックフィルムでラッピングした。この方法でゼリー用カップ入りの豆乳を原料大豆 1 品種につき 10 個調整した。

次にゼリー用カップを 70°C の恒温水槽に 60 分入れて豆乳を凝固させ、その後ゼリー用カップを取り出して 20°C 恒温器内で冷却し、機器による豆腐の硬度測定に用いた。

#### 3) 豆腐の硬度測定

豆腐の硬度は、タケトモ電機製テンシプレッサー TTP-50BX II を使用した。次の条件で測定し、テンシプレッサーのプロープ全体にかかる最大破断応力を求めた。

(テンシプレッサー測定条件)

使用プロープ：直径 25mm 円形プロープ

クリアランス：0.0mm

測定モード：ワンバイト測定

バイトスピード：1mm/秒

試料圧縮率：90%

### 3.5 豆腐の調整と官能検査

#### 1) 豆腐の調整

3.2 の方法で得られた「タチナガハ」「里のほほえみ」「サチユタカ A1 号」「フクユタカ」の豆乳をそれぞれ 1L ビーカーに 400g ずつ入れ、凝固剤を添加して、攪拌混合した。その後、予め表面に離型剤を塗布しておいた耐熱性ガラス容器 (アベル (株) 製 ガラスタイトロック AO-30、内容量 750ml) に入れ、耐熱性プラスチック蓋を被せた。

離型剤は、信越化学工業 (株) 製 KM-9738A を蒸留水で希釈した 5% (Wt/Wt) 溶液を、キムタオルに浸み込ませてから耐熱性ガラス容器に薄く塗布しておいた。

凝固剤については、3.4 の試験結果からグルコノデルタラクトンと塩化マグネシウムをそれぞれ重量比で豆乳の 0.3% 添加した。

硫酸カルシウムを使用する際には、重量比で豆乳の 1.6% を添加した。

凝固剤を添加してかき混ぜた際に豆乳の液面に発生した泡は消泡剤でなるべく消すように努めた。消泡剤は信越化学工業 (株) 製 KM-72S を豆乳重量の 0.016% 添加した。

次に耐熱性ガラス容器を 70°C の恒温水槽に 60 分入れて豆乳を凝固させて豆腐を作成し、その後耐熱性ガラス容器ごと恒温水槽から取り出して 5°C 恒温器内で一晩冷却してから、翌日、豆腐の官能検査に用いた。

#### 2) 豆腐の官能検査

工業技術センター職員がパネラーとなり、「タチナガハ」を原料とする豆腐を標準品 (評価点数 0 点) として、「里のほほえみ」「サチユタカ A1 号」「フクユタカ」を原料とする豆腐を外観、色、におい、味、テクスチャー、総合評価について評価した。

評価点数は、良い +2 点、やや良い +1 点、普通 0 点、やや悪い -1 点、悪い -2 点として評価して平均値を求め、平均値 ± 標本標準偏差で表記した。

豆腐の入った耐熱性ガラス容器を 5°C の恒温器から取り出して、容器中の豆腐を包丁でサイコロ状にカットして 24 個に分割し、サイコロ状豆腐を蓋付きプラスチック容器に移し替えて官能検査を実施した。

### 4. 結果及び考察

#### 4.1 大豆の性状比較

表 1 原料大豆 (子実) の比較

項目 \ 試料	タチナガハ	里のほほえみ	サチユタカ A1	フクユタカ
発芽率 (%)	97	95	99	97
水分 (%)	10.88	10.62	10.97	10.53
百粒重 (g)	31.38	35.82	35.11	31.37

発芽率は、4 種とも 90% 以上であり、良好であった。

水分は4品種とも10~11%の範囲であった。  
百粒重量は、「里のほほえみ」と「サチユタカA1号」  
で大きかった。

## 4.2 豆乳調製試験結果

表2 豆乳の調整試験結果

項目\試料	タチナガハ	里のほほえみ	サチユタカA1	フクユタカ
大豆重量 (g)	100.01	100.07	100.30	100.26
大豆水分 (%)	10.88	10.62	10.97	10.53
吸水後大豆重量 (g)	229.46	226.79	223.21	224.38
吸水率 (%)	129.44	126.63	122.54	123.80
加水量 (g)	459.73	463.07	467.89	466.88
「ご」の重量 (g)	680.79	687.19	684.39	683.69
豆乳重量 (g)	473.10	469.55	464.78	475.99
※歩留まり (%)	69.5	68.3	67.9	69.6

※歩留まり (%) = [豆乳重量 / 「ご」の重量] × 100

4品種の大豆浸漬処理後の吸水率は120~130%の範囲であった。そして豆乳調整時の歩留まり (%) は4品種とも概ね70%弱であった。

## 4.3 豆乳の比較

表3 豆乳のpH, 色価, Brix

項目\試料	タチナガハ	里のほほえみ	サチユタカA1	フクユタカ
pH	6.48	6.52	6.57	6.47
色価L*	83.31	83.84	82.76	84.05
a*	-4.05	-3.72	-4.27	-4.15
b*	11.06	11.46	11.02	11.00
※ΔE	0.00	0.74	0.59	0.75
Brix (%)	14.6	13.9	14.5	14.4

※ΔEはタチナガハの色価を基準(0.00)として

$$\Delta E = (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2 + (\Delta c)^2)^{1/2} \text{で求めた。}$$

4品種の豆乳pHにあまり差はなかった。豆乳の色は、明度(L\*)は「里のほほえみ」と「フクユタカ」がやや高く、色度については、a\*値も、b\*値も「里のほほえみ」が他の3品種よりやや高かったが、肉眼観察では4品種間の違いは殆ど感じられなかった。豆乳の濃さについては、Brix値の比較から、他の3品種に比べ「里

のほほえみ」はやや薄かった。

## 4.4 豆腐の硬度測定結果

表4 原料大豆・凝固剤別の豆腐硬度測定結果

(単位: g重)

凝固剤\試料	タチナガハ	里のほほえみ	サチユタカA1	フクユタカ
グルコノデルタラクトン	359.3	460.8	450.8	470.5
塩化マグネシウム	±9.3	±20.7	±31.2	±22.0
硫酸カルシウム	290.0	356.8	413.0	277.5
硫酸カルシウム	±14.5	±10.2	±8.3	±23.3
グルコノデルタラクトン	411.0	499.8	621.3	471.5
硫酸カルシウム	±22.1	±10.2	±23.3	±16.9

1品種につき10個の豆腐を測定し、平均値±標本標準偏差で表記した。

豆腐の硬度は、豆乳重量の0.3%のグルコノデルタラクトンまたは豆乳重量の1.6%の硫酸カルシウムを添加した場合は、「タチナガハ」よりも他の3品種の豆腐の方が硬かった。

豆乳重量の0.3%の塩化マグネシウムを添加した場合は、硬い順に「サチユタカA1号」「里のほほえみ」「タチナガハ」「フクユタカ」となった。

実験者の官能検査では、市販成分無調整豆乳で豆乳を凝固させる試験を行ったところ、重量の0.3%のグルコノデルタラクトン添加と豆乳重量の1.6%の硫酸カルシウム添加は、同程度の硬さであったが、今回の県産大豆で豆腐を製造する試験において硬さの機器測定を行ったところ、「タチナガハ」「里のほほえみ」「サチユタカA1号」の3品種においては、1.6%の硫酸カルシウム添加の方が明らかに硬いという結果になった。

## 4.5 官能検査結果

表5 豆腐の官能検査結果1

(凝固剤グルコノデルタラクトン使用, パネー12名)

項目\試料	タチナガハ	里のほほえみ	サチユタカA1	フクユタカ
外観	0.00	0.17	0.08	0.00
		±0.49	±0.45	±0.67
色	0.00	0.17	0.33	0.08
		±0.39	±0.49	±0.45
におい	0.00	0.00	-0.08	-0.33
		±0.49	±0.45	±0.52
味	0.00	0.33	-0.17	-0.42
		±0.65	±0.49	±0.79
テクスチャー	0.00	0.08	-0.08	-0.17
		±0.62	±0.29	±0.78
総合評価	0.00	0.33	0.08	-0.42
		±0.72	±0.45	±0.79

評価点数は、良い +2点、やや良い +1点、普通 0点、やや悪い -1点、悪い -2点として評価して平均値を求め、平均値±標本標準偏差で表記した。

統計処理(テューキーの多重比較(Tukey's method)<sup>7)</sup>)により官能検査結果1について原料品種間の平均値の差の検定をしたところ、「味」と「総合評価」において「里のほほえみ」と「フクユタカ」間に危険率5%で有意差があったが、それ以外では品種間の差について有意差はなかった。よって「味」と「総合評価」において「里のほほえみ」は「フクユタカ」より優れているという結果になった。

表6 豆腐の官能検査結果2  
(凝固剤塩化マグネシウム使用, パネー10名)

項目\試料	タチナガハ	里のほほえみ	サチユタカ A1	フクユタカ
外観	0.00	0.40 ±0.70	0.60 ±0.70	0.00 ±1.05
色	0.00	0.10 ±0.57	-0.20 ±0.63	-0.30 ±0.48
におい	0.00	0.10 ±0.32	0.10 ±0.32	0.10 ±0.32
味	0.00	0.10 ±0.99	0.10 ±0.57	0.30 ±0.82
テクスチャー	0.00	0.10 ±0.74	-0.10 ±0.74	-0.30 ±0.48
総合評価	0.00	0.40 ±1.08	0.00 ±0.67	-0.20 ±0.79

評価方法と表記法は表5と同じ。

統計処理(テューキーの多重比較(Tukey's method)<sup>7)</sup>)により官能検査結果2について原料品種間の平均値の差の検定をしたところ、どの項目においても危険率5%で、品種間の差について有意差はなかった。

表7 豆腐の官能検査結果3  
(凝固剤硫酸カルシウム使用, パネー17名)

項目\試料	タチナガハ	里のほほえみ	サチユタカ A1	フクユタカ
外観	0.00	-0.12 ±0.60	-0.18 ±0.73	-0.18 ±0.73
色	0.00	0.12 ±0.60	-0.18 ±0.53	0.06 ±0.56
におい	0.00	0.18 ±0.64	-0.06 ±0.43	0.00 ±0.50
味	0.00	0.00 ±0.71	-0.12 ±0.99	0.29 ±0.77
テクスチャー	0.00	-0.18 ±0.81	-0.29 ±1.05	-0.06 ±1.09
総合評価	0.00	0.06 ±0.75	-0.18 ±1.07	0.18 ±0.81

評価方法と表記法は表5と同じ。

統計処理(テューキーの多重比較(Tukey's method)<sup>7)</sup>)

により官能検査結果3について原料品種間の平均値の差の検定をしたところ、どの項目においても危険率5%で、品種間の差について有意差はなかった。

### 5. まとめ

- 1) 豆乳の調整試験結果から、大豆浸漬処理後の吸水率は4品種とも120~130%の範囲であり、豆乳調整時の歩留まりは4品種とも概ね70%弱であった。
  - 2) 豆乳を比較すると、豆乳pHに品種間差は少なく、豆乳の色は機器測定ではやや差がでたものの、肉眼観察では品種間の違いは殆ど感じられなかった。
  - 3) 同一凝固剤を同一重量比で添加しても大豆品種によって豆腐硬度が異なることがわかった。
  - 4) 凝固剤別品種別に豆腐製造試験を実施し、「タチナガハ」による豆腐を基準に官能検査を実施した。グルコノデルタラクトンを凝固剤として使用した場合は、平均値の差の統計処理をしたところ、「味」と「総合評価」において「里のほほえみ」は「フクユタカ」より優れているという結果になったが、それ以外の評価項目では統計的な品種間差はなかった。また、塩化マグネシウムと硫酸カルシウムを凝固剤として使用した場合は、どの評価項目でも平均値の差に統計的な品種間差はなかった。
- 以上のことから、「タチナガハ」「里のほほえみ」「サチユタカ A1号」「フクユタカ」の4品種の豆腐加工適性は概ね同等である。

### 6. 参考文献

- 1) 農林水産省ホームページ大豆関連データ集(平成24年産都道府県別品種別作付面積)  
[http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d\\_data/](http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_data/)
- 2) 茨城県農林水産部主要作物特性表(大豆奨励品種特性表,平成26年4月1日)
- 3) (独)農業・食品産業技術総合研究機構ホームページ品種詳細・里のほほえみ  
<http://www.naro.affrc.go.jp/patent/breed/0100/0109/001678/index.html>
- 4) (独)農業・食品産業技術総合研究機構ホームページ品種詳細・サチユタカ  
<http://www.naro.affrc.go.jp/patent/breed/0100/0109/001436/dex.html>
- 5) (独)農業・食品産業技術総合研究機構ホームページ品種詳細・サチユタカ A1号  
<http://www.naro.affrc.go.jp/patent/breed/0100/0109/044708/html>
- 6) 農林水産省品種登録迅速化総合電子化システム・登録品種データベース・フクユタカ
- 7) 石村 貞夫 著 分散分析の話(東京図書株) p.136~p.149