

豆腐製造業者・大豆生産者と連携した特色ある豆腐開発と製品化

誌名	埼玉県農林総合研究センター研究報告 = Bulletin of the Saitama Prefectural Agriculture and Forestry Research Center
ISSN	13467778
著者名	池田,順子 増山,富美子 茂木,光子 堀口,和男
発行元	埼玉県農林総合研究センター
巻/号	8号
掲載ページ	p. 1-6
発行年月	2009年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



豆腐製造業者・大豆生産者と連携した特色ある豆腐開発と製品化

池田順子*・増山富美子*・茂木光子**・堀口和男***

Development and Manufacturing of Characteristic Tofu that Cooperated with Tofumakers and Soybean Producers

Junko IKEDA, Fumiko MASUYAMA, Mitsuko MOTEGI and Kazuo HORIGUCHI

要約 特色のある豆腐を開発するため、埼玉県の大豆在来種の利用を検討した。農林総合研究センター保有の県内在来種28種の一般成分を分析し、充填豆腐製造時の豆腐加工適性評価を行った。さらに、豆腐製造業者等により豆腐・豆乳の官能評価を行い、豆腐に向く大豆在来種を選定した。豆腐製造現場における豆腐製造試験により、在来種は一般栽培品種と同程度の歩留まりで豆腐が製造できることを実証した。

大豆は豆腐、納豆、煮豆等日本型食生活の代表的な食材である。しかしながら、食品加工用大豆の国内自給率は26%と低迷を続けている。

本県産の大豆の流通量はタチナガハを中心に300t程度で、その大部分は学校給食に用いられており、一般県民が県産大豆の加工品を入手することは極めて希である。

埼玉県農林総合研究センター（以下、農総研）では地域に残された県内在来種28種を始め、51種を保存してきたが、これまで加工利用面からの検討はなされていない。また、大豆加工品の中では豆腐が最も消費の多い品目である（日本特産農産物協会、2004）ことから、豆腐業者・大豆生産者と連携し、農総研で保存してきた大豆在来種を用いて、特色ある豆腐開発を試みた。

報告に先立ち、豆腐官能評価の豆腐製造および豆腐加工実証に協力いただいた山下健氏（（有）山下豆腐店）に深く感謝の意を表す。また、供試した大豆在来種を長年にわたり収集保存してきた、水田農業研究所職員および元職員に感謝する。

材料および方法

1 供試材料

農総研（旧農業試験場）で保存してきた大豆在来種のうち、2005～2007年に水田農業研究所および本所にて生産した大豆在来種28種を供試した。

2 成分分析

2005年産の在来種を供試し、2006年に成分分析を行った。試料を粉砕機（ひきつ粉II、東京ユニコム製）で粉砕後、水分は130℃3時間の常圧加熱乾燥法で、タンパク質含量はケルダール法、脂質はジエチルエーテル抽出法、灰分は600℃直接灰化法により測定した（（財）日本食品分析センター、2004）。百粒重はふるいで選別し、分布の最多区分の百粒の重量を測定した。

3 豆腐加工方法および適性試験

一晩水に浸漬した生大豆30gに、生大豆に対して6倍量の水と生大豆に対して1%の消泡剤（エマルジスーパー）を加え、ブレンダーで磨砕して得られた呉を95℃以上で3分加熱後、不織布（ミルパップ）で吸引ろ過して、豆乳を分離した。豆乳冷却後、凝固剤（GDL：グルコノデルタラクトン）を0.25

*食品加工担当、**元食品加工担当、***秩父農林振興センター

%添加し、直径 20mm のシリンジに充填し、85℃ 45 分加熱して充填豆腐を作製した。

豆乳分離後、豆乳抽出率、糖度、固形分（常圧乾燥法 105℃ 16 時間）を測定した。豆腐破断強度は、測定形状直径 20mm 高さ 15mm の円柱状の豆腐をレオメーター（不動工業製）にて測定した。測定条件はプランジャー径 10mm、試験速度 6cm/min とした。

4 豆腐製造業者等による豆腐・豆乳の官能評価

豆腐・豆乳の官能評価を 2006～2008 年に実施した。

豆腐・豆乳の原料とした大豆は、2005～2007 年産のもので、在来種 28 種のうち、豆腐加工適性試験と同試験時に行った研究員の予備試験（官能評価）で選定した在来種、すなわち、豆腐用として表 6 に示した 11 種、豆乳用として表 7 に示した 16 種を供試した。

表 1 豆腐の官能評価項目と分類

評価項目	評価と分類				
外観	良い	やや良い	ふつう	やや悪い	悪い
	5	4	3	2	1
におい	感じる	やや感じる	ほとんど感じない	感じない	
	4	3	2	1	
甘味	感じる	やや感じる	ほとんど感じない	感じない	
	4	3	2	1	
こく	こくがある	ややこくがある	やや淡白	淡白	
	4	3	2	1	
不快味	感じる	やや感じる	ほとんど感じない	感じない	
	4	3	2	1	
食感	硬い	やや硬い	ふつう	やや柔らかい	柔らかい
	5	4	3	2	1
おいしさ	おいしい	ややおいしい	ふつう	あまりおいしくない	おいしくない
	5	4	3	2	1

表 2 豆乳の官能評価項目と分類

評価項目	評価と分類				
青臭味	感じる	やや感じる	ほとんど感じない	感じない	
	4	3	2	1	
甘味	感じる	やや感じる	ほとんど感じない	感じない	
	4	3	2	1	
こく	こくがある	ややこくがある	やや淡白	淡白	
	4	3	2	1	
不快味	感じる	やや感じる	ほとんど感じない	感じない	
	4	3	2	1	
なまらかさ	ねっとり	ややねっとり	ふつう	ややさらり	さらり
	5	4	3	2	1
おいしさ	おいしい	ややおいしい	ふつう	あまりおいしくない	おいしくない
	5	4	3	2	1

豆乳は一晩浸水した大豆に 6 倍量の水を加え、ミキサーで磨砕し、沸騰状態で 5 分加熱後、木綿のさらして絞った。豆腐は大豆連携会議のメンバーの豆腐製造業者が製造した。

官能評価は、2006 年 1 回、2007 年 2 回、2008 年 1 回の計 4 回、県内の大豆生産者と県産大豆を利用している豆腐製造業者で構成される大豆連携会議のメンバーをパネラー（47～62 名）として行った。評価は表 1, 2 の項目と分類で行った。

5 ショ糖含量の分析

豆乳官能評価で評価の高かった大豆 13 種（2005 年産）を供試し、2006～2007 年にショ糖含量を分析した。粉碎後の脱脂試料を 80 %エタノールで抽出後、キャピラリー電気泳動（機種：G-1600-A ヒューレットパッカード製、以下 HPCE と略称）で測定した。HPCE の条件は表 3 に示す。

表 3 HPCE によるショ糖の分析条件

キャピラリー：フューズドシリカ (内径 50 μ m 有効長 72cm)
試料注入：加圧 50mbar 6sec
電圧：Negative 25kV
キャピラリー温度：20℃
電気泳動液：20mM 2,6-ピリジンカルボン酸、0.5mM Mn-ヘキサ デシルトリメチルアンモニウム水酸化物を 1M 水酸化 ナトリウムで pH 12.1 に調製
検出：検出波長 350nm (バンド幅 20nm), 対照波長 275nm (バンド幅 10nm) の間接吸光度法

6 大豆在来種による豆腐の製造

一般栽培品種のタチナガハと、官能評価で評価の高かった在来種の行田在来を供試（2006 年産）し、2007 年 1 月に豆腐製造業者の豆腐加工施設で、豆腐製造を行った。各大豆 10kg を用いて寄せ豆腐、木綿豆腐の 2 種を製造した。凝固剤は大島産のりがりを使用した。

結果および考察

1 成分分析結果

成分分析結果を表 4 に示す。大豆在来種のタンパ

表 4 大豆在来種の成分分析結果 (n=1)

試料名	百粒重 (g)	水分 (%)	タンパク質 (%)	脂質 (%)	灰分 (%)
タチナガハ	32.9	10.8	36.7	20.0	6.0
白 光	33.2	8.0	36.2	18.7	5.6
武甲豆	27.9	9.8	37.5	17.2	5.8
秩父在来	32.5	8.1	36.2	18.3	5.8
影森在来	32.4	8.3	36.6	18.1	5.6
鬼裸崎 1 号	18.6	10.1	37.9	17.6	5.7
白花崎 1 号	18.5	11.2	39.3	15.2	6.0
行田在来	33.4	10.0	36.8	17.4	5.6
箕田在来	33.3	9.8	37.9	18.0	5.6
浸豆 (長瀨産)	45.0	9.6	38.4	18.7	5.6
平 豆	49.6	10.0	38.8	18.6	6.1
茶豆 (妻沼産)	58.0	11.6	37.9	16.5	5.2
こさ豆	34.1	7.7	35.7	19.7	5.9
旭	34.1	7.5	35.4	18.7	5.7
借金なし	30.7	7.4	34.6	18.6	5.6
春日部在来 1	34.0	7.6	36.9	18.7	6.1
春日部在来 2	36.4	7.6	35.4	19.0	5.8
アオバタ紫花	39.9	7.6	38.4	18.3	6.1
アオバタ白花	34.1	7.6	35.1	19.2	5.5
花園在来黒目	37.1	7.9	36.9	17.3	5.5
花園在来白目	34.2	7.8	36.9	18.5	5.5
花園在来莢褐豆黄白	33.1	7.5	36.0	19.7	5.7
花園在来莢褐豆緑	37.9	7.9	36.1	17.4	5.5
花園在来莢茶豆黄白	36.9	7.3	36.9	18.4	5.4
花園在来莢茶豆茶	30.3	7.9	37.8	17.5	5.5
がんくい豆	38.1	8.2	37.6	18.7	6.2
宿根産	37.1	7.5	35.6	18.1	5.9
赤 豆	34.9	7.4	37.3	18.2	5.7
鳩山産	35.0	7.7	35.3	18.0	5.9
宮代産	※	6.8	38.1	19.9	6.4

a) 百粒重は 15%水分換算の重量

b) タンパク質・脂肪・灰分は乾物換算重, タンパク質での換算係数は 5.71

c) 宮代産は少量のため百粒重を測定しなかった

ク質含量は 34.6 ~ 39.3 %, 脂質含量は 15.2 ~ 20.0 %, 灰分は 5.5 ~ 6.4 %であった。

タンパク質含量の高い大豆は豆腐の収量が良く (平, 1983), 豆腐は硬くなる (斎尾, 1985) とされている。

本試験で供試した在来種のうち, 一般栽培品種のタチナガハに比べてタンパク質含量が高かったのは, 白花崎玉 1 号, 平豆, 浸豆 (長瀨産), アオバタ紫花等であった。これらを原料にすることにより, 一般栽培品種 (タチナガハ) 以上の製品歩留まりが高く, 良い (硬い) 豆腐を開発することが可能と思われた。

2 大豆在来種の豆腐加工適性

大豆在来種 28 種の豆腐加工適性試験の結果を表 5 に示す。

吸水率は 217 ~ 247 (%), 豆乳抽出率は 62.7 ~ 77.6 (%), 豆乳 Brix は 11.8 ~ 13.8 (%), 豆乳固形分は 9.1 ~ 11.3 (%) であった。供試した在来種の豆腐破断強度は, 31.2 ~ 64.0gf とバラツキが大きいが, 9 種がタチナガハに比べ高かった。特に, 白花崎 1 号と浸豆 (長瀨産), 茶豆 (妻沼産) が約 60gf と高かった。

豆腐破断強度は高いものが加工適性が高いとされている (斎尾, 1985) ことから, これらの在来種は豆腐加工適性が高いと考えられる。

3 豆腐製造業者等による豆腐・豆乳の官能評価

豆腐製造業者による豆腐・豆乳の官能評価の結果を表 6, 7 に示す。おいしさを除く評価項目については分布を正規分布とみなし平均値を示した。おいしさについては分布の状態が様々であったので最頻

表5 大豆在来種の豆腐加工適性試験結果(n=1)

試料名	吸水率 (%)	豆乳			豆腐
		抽出率 (%)	Brix (%)	固形分 (%)	破断強度 (gf)
タチナガハ	223	76.0	12.3	10.6	45.7
白光	233	74.4	13.0	11.1	31.2
武甲豆	241	77.1	12.2	10.7	37.7
秩父在来	234	74.7	12.7	10.9	37.8
影森在来	234	75.7	12.8	11.2	39.8
鬼裸崎1号	225	73.5	12.3	11.0	45.6
白花崎1号	227	75.1	11.9	10.7	64.0
行田在来	217	73.6	11.8	10.6	38.8
箕田在来	222	76.2	12.3	10.7	43.2
浸豆(長瀨産)	227	76.4	12.3	10.9	63.4
平豆	246	75.6	12.0	10.6	47.2
茶豆(妻沼産)	233	77.6	12.1	10.6	57.8
こさ豆	235	69.3	13.1	11.2	34.4
旭	239	67.4	13.6	11.0	37.1
借金なし	233	68.1	12.5	10.8	35.0
春日部在来1	221	67.0	13.6	11.2	36.7
春日部在来2	240	69.7	13.2	11.2	35.3
アオバタ紫花	239	66.8	10.7	9.1	35.4
アオバタ白花	232	70.4	13.6	11.2	35.7
花園在来黒目	225	67.8	12.4	10.4	36.8
花園在来白目	236	66.8	12.7	10.4	36.6
花園在来莢褐豆黄白	240	75.9	12.4	10.1	36.2
花園在来莢褐豆緑	229	65.7	12.8	10.9	42.9
花園在来莢茶豆黄白	247	66.9	12.4	10.9	46.7
花園在来莢茶豆茶	243	67.3	12.0	10.8	45.5
がんくい豆	225	67.0	12.9	11.0	45.8
宿根産	240	68.7	13.7	11.3	45.9
赤豆	237	69.0	12.3	10.9	47.3
鳩山産	239	62.7	13.8	10.9	47.8
宮代産	※	※	※	※	※

注) 宮代産は少量のため加工適性試験をしなかった

表6 豆腐官能評価結果

評価事項	外見	におい	甘味	こく	不快味	食感	おいしさ
白光	3.7	2.5	3.6	3.5	2.2	2.9	5
秩父在来	3.7	2.4	3.1	3.0	2.1	2.8	3
箕田在来	3.8	2.7	3.1	3.0	2.0	2.6	3
行田在来	3.4	3.2	3.4	3.5	2.4	2.8	5
借金なし	3.7	3.0	3.8	3.9	2.3	3.5	4
茶豆(妻沼産)	2.6	3.5	4.0	4.0	2.4	3.3	4
白花崎1号	3.7	2.6	2.9	9	2.4	2.9	3
鬼裸崎1号	3.9	2.6	3.1	3.2	2.3	3.1	3
武甲豆	3.7	3.1	3.5	3.4	1.7	2.7	5
花園在来黒目	3.7	3.1	3.4	3.3	1.8	3.1	4
赤豆	3.8	2.9	2.9	3.0	1.9	2.6	3

注) 外見, におい, 甘味, こく, 不快味, 食感は平均値, おいしさは最頻値

表7 豆乳官能評価結果

評価事項	におい	甘味	こく	不快味	のどごし感	おいしさ
白光	2.6	3.4	3.2	2.5	2.9	4
秩父在来	2.6	2.7	3.0	2.6	3.2	3
影森在来	2.8	3.1	3.2	2.8	3.4	3
箕田在来	3.4	3.0	3.3	3.0	3.3	3,4
行田在来	3.6	3.4	3.4	3.1	3.1	4
借金なし	3.1	3.9	3.8	2.7	3.1	4
茶豆(妻沼産)	3.0	3.7	3.6	2.8	3.2	4
白花崎1号	2.9	2.8	3.1	2.9	3.2	3
鬼裸崎1号	3.0	2.8	3.0	3.2	2.9	2
武甲豆	2.9	3.4	3.1	2.5	2.8	4
浸豆(長瀨在来)	2.9	3.0	3.1	2.8	3.3	3
平豆	2.7	2.6	2.7	2.8	2.7	3
旭	2.7	3.3	3.5	2.7	3.6	4
春日部在来2	2.9	3.4	3.6	2.9	3.4	4
こさ豆	3.4	3.0	2.9	3.0	3.1	2,3
花園在来莢褐豆緑	2.8	3.4	3.3	2.7	3.3	3

注) におい, 甘味, こく, 不快味, のどごし感は平均値, おいしさは最頻値

値を示した。豆腐の評価（おいしさ）は、白光，行田在来，武甲豆が最頻値 5，借金なし，花園在来黒目が最頻値 4 で高かった。豆乳の評価（おいしさ）は、白光，行田在来，借金なし，茶豆（妻沼産），武甲豆，旭，春日部在来2が最頻値4で高かった。白光，行田在来，武甲豆は豆乳に比べ豆腐の評価（おいしさ）が高く，豆腐に加工することによって大豆の特徴がより生かされ官能的な評価が高まると考えられた。

成分分析，豆腐加工適性試験で豆腐加工適性が高いと考えられた在来種のうち，白花埼1号と浸豆（長瀨産）は官能評価（おいしさ）の結果は3と高くなかった。茶豆（妻沼産）は官能評価（おいしさ）は4であったが，外見の評価が2.6と最も低かった。これは，茶豆特有の豆の色によるものと思われた。

豆腐製造業者からは，特色ある豆腐用の大豆として，在来種の白光，行田在来，箕田在来，借金なしが有望とされた。白光，借金なしは，甘味・こく，行田在来は甘味・こくに加え，においを感じる程度が高く評価された。また，箕田在来は，供試した豆腐の中で唯一の青豆であり，豆腐にした時の緑色の外観が良いとされた。

4 ショ糖含量分析結果

在来種 13 種のショ糖含量の分析結果を図 1 に示す。ショ糖は借金なし，花園在来英褐豆緑，茶豆（妻沼産）で高かった。

ショ糖含量と官能評価（おいしさ）の関係を図 2 に示す。大豆のショ糖含量が高いほど，加工した豆

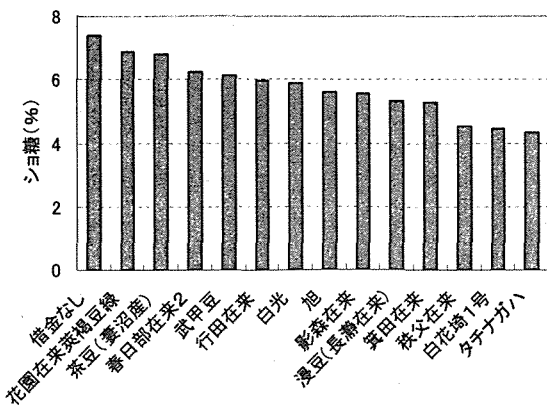


図 1 在来種 13 種のショ糖含量

腐をおいしい，ややおいしいと評価する人数が多く，

豆腐の官能評価（おいしさ）が高まる傾向であった。

今後，大豆のショ糖含量を特色ある豆腐を開発する際の在来種の選定基準や栽培管理の指標とすることも可能と考えられる。

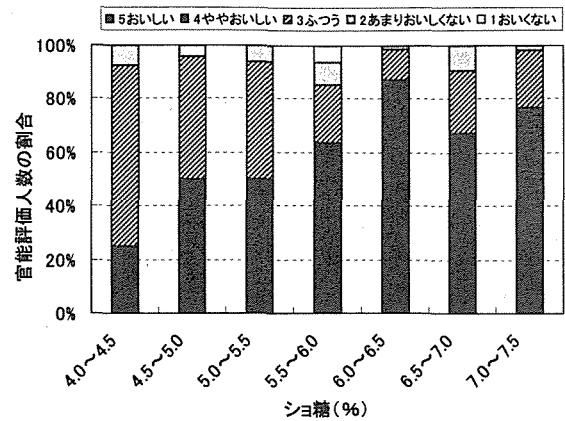


図 2 大豆のショ糖含量と官能評価（おいしさ）の関係

5 大豆在来種による豆腐の製造実証

供試した夕チナガハ（一般栽培品種），行田在来（在来種）は，いずれも原料大豆 10kg に対し，木綿豆腐 80 丁（300g/丁），寄せ豆腐 100 丁（300g/丁）が製造でき，製品の歩留まりは両者間に差は認められなかった。豆乳のBrixは行田在来が夕チナガハに比べ木綿豆腐と寄せ豆腐とも約2%高かった。豆腐破断強度は木綿豆腐で行田在来が夕チナガハに比べ低くやや柔らかかった（表8）が，製品として問題とはならない程度であった。

表 8 豆腐製造実証結果 (n=1)

	豆腐数 (丁)	豆乳 Bx (%)	豆腐破断強度 (gf)
行田在来 木綿 (300g/丁)	80	13.4	63
寄せ (300g/丁)	100	10.6	37
夕チナガハ 木綿 (300g/丁)	80	12.6	115
寄せ (300g/丁)	100	10.6	30

注) 豆腐数は原料大豆 10kg あたりの製品数

以上の結果，在来種を用いて色，におい，甘味を特色とする豆腐を開発することができた。また，豆腐製造業者によって行田在来を原料とする豆腐加工を実証した。

このような研究成果を踏まえ、また大豆連携会議のメンバーの大豆生産者と連携を行うことによって豆腐に有望とされた大豆在来種が現地で生産され、平成 19 年には白光、行田在来、箕田在来を使用した豆腐が県内豆腐製造業者によって製品化された(図 3)。

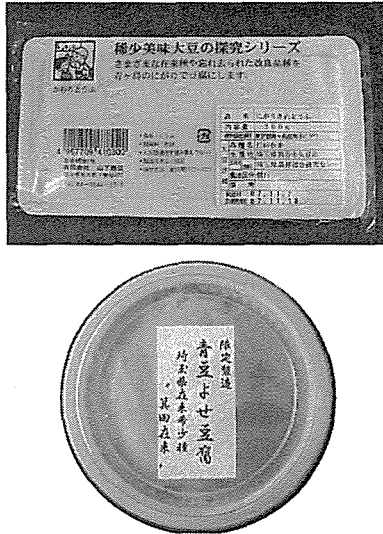


図 3 製品化された在来種の豆腐

さらに、大豆生産者と豆腐製造業者間の契約が行われ、在来種を使用した特色ある豆腐加工の拡大が期待される。

引用文献

- (財)日本食品分析センター編(2004)：五訂日本標準成分表分析マニュアルの解説, 10-12, 29-34, 37-39, 86-89, 中央法規出版, 東京
- (財)日本特産農産物協会(2004)：平成 15 年度大豆加工品の購入実態調査結果, 3-4
- 齋尾恭子(1985)：豆腐研究協議会, 国産大豆の豆腐加工適性, 食総研報, 47, 128-149
- 平春枝(1983)：国産大豆の品質(第 3 報)物理的性状・化学成分組成および加工適性の相互関係, 食総研報, 42, 27-39