

## 青大豆の系統分類と加工適性

田畑広之進・松原 甲・澤 正樹・中川勝也

### 要 約

青大豆の在来種 10 系統について、成分特性等により系統分類を行うとともに、機能性成分含量を明らかにし、豆腐等への系統別の加工適性および青大豆を利用した加工食品の商品性を検討した。

- 1 青大豆の在来種 10 系統を外観、種皮色、成分組成により、4つのグループ (I~IV) に分類した。
- 2 青大豆の機能性成分は、クロロフィルを含むほか、「タマホマレ」に比べるとオリゴ糖、トコフェロールとも多かった。
- 3 青大豆の主要系統について、絹ごし豆腐への系統別の加工適性を検討した結果、豆腐には、緑色が濃く、硬さや食味の評価が高い「日高青」、「長野青」が適していた。
- 4 青大豆アイスクリーム、マヨネーズには、緑色が強く、豆乳臭の少ないことから、豆腐同様、「日高青」、「長野青」が適していた。

### Strain Classification and Processing Suitability of Green-seed coat soybean

Konoshin TAHATA, Kinoe MATSUBARA, Masaki SAWA, Katsuya NAKAGAWA

### Summary

The ten native strains of green-seed coat soybean which had gathered and proliferated in the Hyogo North Agricultural center was classified with the quantity of ingredients and the like and the quantity of good ingredients for health were fixed and studied for processing suitability of each strain to "Tofu" and the like and the commodity value of their processed food was estimated.

- (1) The nine native strains of green-seed coat soybean gathered in Hyogo Prefecture and one native strain of green-seed coat soybean gathered out of Hyogo Prefecture was classified into four groups according to the outside appearance, the colour of seed coat and the composition of ingredients.
- (2) As good ingredients for health, green seed coat soybean contained chlorophyll and more origo sugar and tocopherol than "Tamahomare".
- (3) As a result of the study of the processing suitability for "Kinugositofu", the strains "Hidakao" and "Naganoao" were suitable for "Kinugositofu" because "Kinugositofu" made from them was deep green and rated high about their thickness and taste.
- (4) The strains "Hidakao" and "Naganoao" were suitable for ice cream and mayonnaise like "Kinugositofu" because the ice cream and mayonnaise made from them was deep green and smelled a little like "Tonyu".

キーワード：青大豆、加工適性、機能性成分、絹ごし豆腐、アイスクリーム、マヨネーズ

### 緒 言

県北部地域では、小規模ながら、青大豆が栽培されているが、近年、消費者ニーズの多様化から、豆腐加工等への需要が伸びており、価格的にも高く取り引きされている。一方、本県では、水田農業地域において、小麦や

大豆を取り入れた輪作体系の確立が検討されているが、青大豆を輪作体系に組み込むことで、水田農業における輪作体系の確立と農産加工を取り入れた高付加価値型農業の展開が図れるものと考えられる。

県下各地で栽培されている青大豆は在来種であり、種類が多く、形質も多様である。従来、青大豆は、豆腐や煮豆にすると味がよいといわれており、加工原料に向く

特性を有しているものと考えられる。また、近年、食品の持つ生体調節機能の重要性が指摘されているが、大豆は、一般に、オリゴ糖、トコフェロール等の機能性成分を有している<sup>1)</sup>ことが知られており、青大豆についてもこれらの機能性成分を生かした高付加価値型加工食品の開発が可能と考えられる。本研究では、青大豆の在来種10系統について、形態および成分特性により系統分類を行い、機能性成分含量を明らかにするとともに、豆腐への系統別の加工適性および青大豆を利用した豆腐、アイスクリームおよびマヨネーズの商品性を検討した。

### 材料及び方法

材料は、1990年から1992年に北部農技農業部において収集、増殖した青大豆の県内在来種9系統(「春日青」, 「朝来青」, 「八鹿青」, 「日高青」, 「中青」, 「市島青秋」, 「八鹿キナコ」, 「八鹿浅黄」, 「播磨青」, いずれも仮称)および県外種1系統(「長野青」, 仮称)を用いた。

#### 1 青大豆在来種の系統分類と機能性成分

青大豆10系統の百粒重、種皮色、成分含量(タンパク質、脂質、ショ糖、クロロフィル)を調査した。また、機能性成分として、オリゴ糖(ラフィノース、スタキオース)、トコフェロールの含量を調査した。

分析法は次のとおりとした。

(1)形状は楕円、扁球、球に分類した。(2)種皮色は色差計(日本電色工業)によるハンターL, a, b値のほか、目視により淡緑色、淡緑、暗緑に分類した。(3)タンパク質は、ケルダール法で定量した。(4)脂質はクロロホルム・メタノール混液抽出法で定量した。(5)クロロフィルは、80%アセトンで抽出し、エーテルに転溶した後、642.5および660nmの吸光値を測定し、Arnonの式より換算した。(6)ショ糖およびオリゴ糖は、80%エタノールで抽出した後、高速液体クロマトグラフ(カラム: Shimpack CLC-NH<sub>2</sub>, 移動相: アセトニトリル/水60/40, 温度: 25°C, 流量: 1.0 ml/min, 検出器: 示差屈折計)で定量した。(7)トコフェロールは、油脂をけん化した後、酢酸エチル・n-ヘキサン混液により不けん化物を抽出し、n-ヘキサンに溶解後、高速液体クロマトグラフ(カラム: Shimpack CLC-NH<sub>2</sub> 15 cm, 移動相: n-ヘキサン/イソプロパノール100/4, 温度: 40°C, 流量: 1.5 ml/min, 検出器: 紫外分光光度計297 nm)で定量した<sup>2)</sup>。

#### 2 青大豆豆腐の機能性成分

青大豆の主要5系統(「春日青」, 「日高青」, 「市島青秋」, 「八鹿キナコ」, 「長野青」)について、絹ごし豆腐を試作し、クロロフィル、オリゴ糖(ラフィノース、ス

タキオース)、トコフェロール含量を調査した

また、「日高青」を用いて、豆腐加工工程段階別(“ご”, 豆乳, 豆腐)のクロロフィル、ショ糖、オリゴ糖(ラフィノース、スタキオース)、トコフェロール含量を調査した。

絹ごし豆腐の製造法は次のとおりとした。

ダイズ100g+水500ml→20°C18時間浸漬→ホームミキサーで弱30秒間強30秒間磨砕(“ご”)→“ご”に消泡剤(炭酸カルシウム・植物油製剤)を1g添加→蒸気を5分間送り込んで加熱(オートクレーブを用い、1kg/cm<sup>2</sup>達圧後、排気バルブを一定に開いた状態で、排気管を“ご”に挿入)→豆乳が原料ダイズの6倍量になるように水を補充→3000rpm5分間遠心分離→上澄みにGDL(グルコノデルタラクトン・凝固剤)0.5%添加→70°C60分間加熱して凝固→冷却→絹ごし豆腐。

分析法は1に準じた。

#### 3 青大豆の系統別加工適性及び青大豆を利用した加工食品(豆腐、アイスクリーム、マヨネーズ)の商品性

青大豆の主要5系統(「春日青」, 「日高青」, 「市島青秋」, 「八鹿キナコ」, 「長野青」)について、豆乳の色調(ハンターL, a, b値)、成分(Brix, タンパク質、脂質、ショ糖)および絹ごし豆腐、アイスクリーム、マヨネーズの色調、硬さおよび食味(甘味、こく、豆乳臭)を調査した。

豆乳、絹ごし豆腐は2と同様に製造した。

アイスクリームの製造法は次のとおりとした。

豆乳300ml, 砂糖70g, アイスクリームミックス(日清製粉, 市販品)130gをよく混ぜ合わせる→家庭用アイスクリーム製造機(松下電器産業)で20分間冷却しながら攪拌→アイスクリーム。

マヨネーズの製造法は次のとおり。

豆乳(2と同様に製造)180gに酢17mlを徐々に加えて混ぜる→サラダ油80mlを徐々に加えて混ぜる→酢17mlを加えて混ぜる→サラダ油10mlを加えて混ぜる→マヨネーズ。

分析法は次のとおりとした。

(1)色調は、色差計によるハンターL, a, b値のほか目視により、緑色の濃さに順位をつけ、配点(最も濃い: 5~最も薄い: 1)した。(2)硬さは、円柱型プランジャーによる貫入試験(試料直径5cm, 厚さ25mm, 押し込み速度1mm/s, プランジャー直径15mm)にて測定した<sup>3)</sup>。(3)食味は、甘味とこくについて、強さの程度に配点(5: 強い~1: 弱い)した。豆乳臭については、豆乳臭の強さに順位をつけ、配点(最も濃い: 5~最も薄い: 1)した。パネリストは6人(男3人, 女3人)。

結 果

1 青大豆の系統類別と機能性成分

青大豆在来種 10 系統を、外観、種皮色、成分組成により、次の I～IV の 4 つのグループに分類した(表 1)。

I グループ 「春日青」：形状が楕円、粒は大きく(百粒重 36.8 g)、種皮色は暗緑、タンパク質(38.4%)は少なく、脂質(28.5%)、クロロフィル(3.1 mg%)が多い。「春日青」は、クロロフィルが多かったことと県外の青大豆に類似の系統(本試験には供試していない大和種苗の「緑大豆」)があったので、単独でグループとした。

II グループ 「朝来青」、「八鹿青」、「日高青」：形状が楕円、粒は小さく(百粒重 33.7～33.8 g)、種皮色は淡緑、クロロフィル(3.2～3.7 mg%)が多い。

III グループ 「中青」、「市島青秋」：形状が扁球、粒は大きく(百粒重 35.8～35.9 g)、種皮色が淡黄緑、タンパク質(41.6～42.0%)、ショ糖(7.1～7.4%)が多く、

クロロフィル(0.1～0.2 mg%)は少ない。

IV グループ 「八鹿キナコ」、「八鹿浅黄」、「播磨青」、「長野青」：I～III のいずれにも属さない系統で「八鹿キナコ」はクロロフィル(4.9 mg%)、タンパク質(44.1%)が多い。「八鹿浅黄」は脂質(29.5%)、ショ糖(7.5%)が多いなどの特徴を有していた。

青大豆に含まれる機能性成分のうち、オリゴ糖、トコフェロールの含量を調査し、主要品種の「タマホマレ」と比較した。オリゴ糖は 3.9～5.2% (ラフィノース 0.8～1.1%、スタキオース 3.1～4.1%) 含まれ、「タマホマレ」に比べると、I、II グループは多く、III グループや IV グループの「八鹿キナコ」、「八鹿浅黄」は少なかった(図 1)。トコフェロールは 38～53 mg% ( $\alpha$  4～5 mg%  $\gamma$  25～31 mg%  $\delta$  11～18 mg%) 含まれ、「タマホマレ」に比べると、いずれの系統も多く、系統別では、I、III グループは多く、IV グループの「八鹿キナコ」は少なかった(図 2)。

表 1 青大豆の百粒重、種皮色、成分(系統別)

グループ	在来種 (仮称)	百粒重 g	種皮色			タンパク質 %	脂質 %	ショ糖 %	クロロフィル mg%	
			L	a	b					
I	春日青	36.8	64	-9	25	暗緑	38.4	28.5	6.4	3.1
II	八鹿青	33.8	66	-11	26	淡緑	39.5	28.3	7.0	3.7
	朝来青	33.7	66	-9	25	〃	39.6	25.6	6.5	3.2
	日高青	33.8	66	-9	25	〃	39.1	20.4	6.2	4.3
III	中青	35.9	72	-5	23	淡黄緑	41.6	24.8	7.1	0.1
	市島青秋	35.8	70	-7	21	〃	42.0	27.3	7.4	0.2
IV	八鹿キナコ	25.9	67	-9	28	暗緑	44.1	28.2	6.4	4.9
	八鹿浅黄	32.2	72	-8	23	淡黄緑	39.5	29.5	7.5	1.1
	播磨青	34.7	67	-8	23	暗緑	38.2	24.9	6.7	3.8
	長野青	29.5	66	-9	26	暗緑	39.4	28.7	6.4	4.1
(対照)	タマホマレ	26.0	75	-2	22	-	37.3	28.2	6.5	-

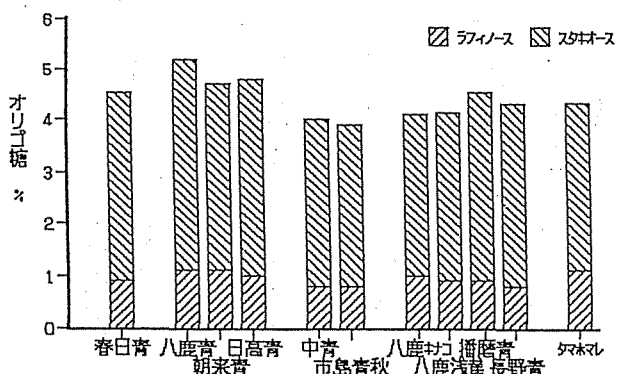


図 1 青大豆のオリゴ糖(系統別)

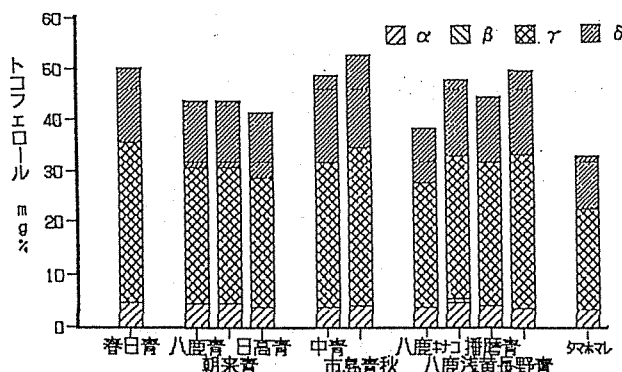


図 2 青大豆のトコフェロール(系統別)

2 青大豆豆腐の機能性成分

青大豆の主要系統(Iグループの「春日青」, IIグループの「日高青」, IIIグループの「市島青秋」, IVグループの「八鹿キナコ」, 「長野青」)を用いた絹ごし豆腐のクロロフィル, オリゴ糖, トコフェロールを「タマホマレ」のものと比較した。クロロフィルは0.01~0.42 mg%(クロロフィルa 0~0.12 mg%, クロロフィルb 0.01~0.30 mg%)含まれ, 系統別では, IVグループの「八鹿キナコ」, 「長野青」, IIグループの「日高青」, Iグループの「春日青」は多く, IIIグループの「市島青秋」は少なかった(図3)。オリゴ糖は0.56~0.68%(ラフィノース0.09~0.15%, スタキオース0.46~0.55%)含まれ, いずれの系統も「タマホマレ」の豆腐に比べると多く, 系統別では, Iグループの「春日青」, IIグループの「日高青」が多かった(図4)。トコフェロールは1.98~3.28 mg%( $\alpha$ 0.12~0.22 mg%,  $\gamma$ 1.37~2.16 mg%,  $\delta$ 0.47~1.00 mg%)含まれ, IVグループの「八鹿キナコ」以外は, 「タマホマレ」の豆腐に比べると多く, 系統別では, IVグループの「長野青」, Iグループの「春日青」, IIIグ

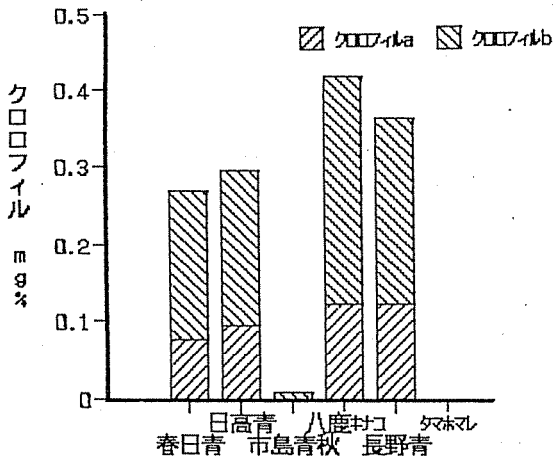


図3 青大豆豆腐のクロロフィル(系統別)

ループの「市島青秋」が多かった(図5)。

豆腐加工工程中のクロロフィル, オリゴ糖およびトコフェロールの消長について, ご汁と豆乳と豆腐の各段階での含量を調査した。クロロフィルは, 原料中に4.3 mg%含まれていたが, 加水により, ご汁の段階で0.68 mg%となり, 豆乳抽出時の加熱やおからの分離により一時増加したが, 凝固時の加熱で0.29 mg%まで低下した。オリゴ糖は, 原料中に4.4%含まれていたが, ご汁で0.55%, 豆乳抽出時の加熱やおからの分離によりわずかに増加し豆腐では0.68%となった。トコフェロールは, 原料中に40.4 mg%含まれていたが, ご汁で5.23 mg%, 豆乳抽出時の加熱やおからの分離により3.79 mg%, 凝固時の加熱により2.68 mg%まで低下した(図6)。

3 青大豆豆腐, アイスクリーム, マヨネーズの品質および系統別加工適性

(1) 豆乳: 豆乳の色調および成分含量を「タマホマレ」等の普通大豆と比較した。色調は淡い緑色で, 「タマホマレ」に比べるとハンターL, a値が低かった。成分は脂質, ショ糖が多く, 「タマホマレ」に比べると, 脂質

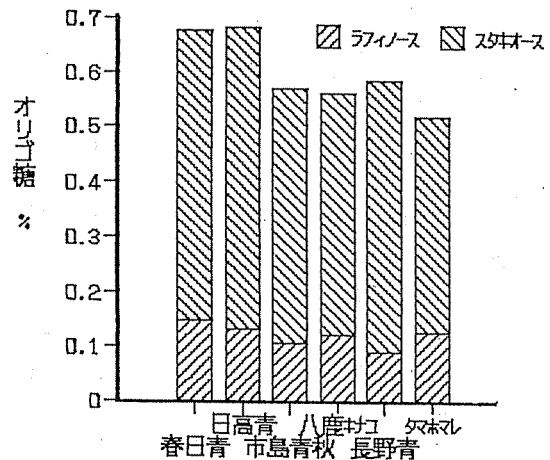


図4 青大豆豆腐のオリゴ糖(系統別)

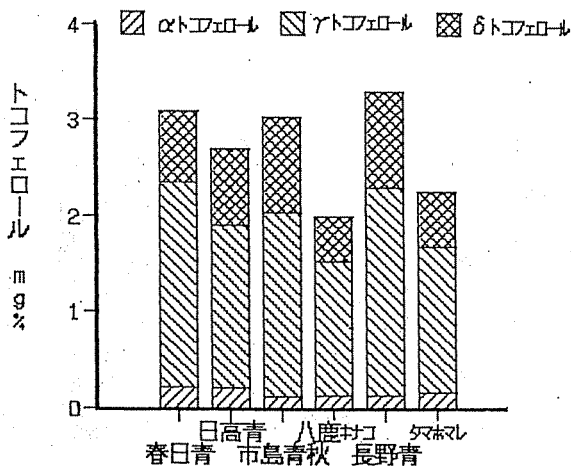


図5 青大豆豆腐のトコフェロール(系統別)

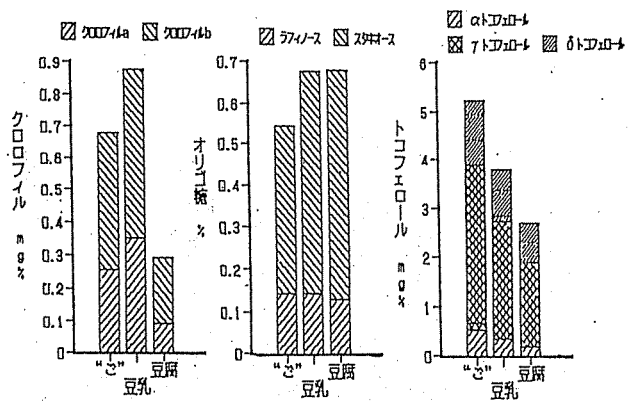


図6 青大豆(日高青)豆腐の加工工程におけるクロロフィル, オリゴ糖, トコフェロール

は1.1~1.4倍、ショ糖は1.0~1.3倍含まれていた。系統別では、IVグループの「八鹿キナコ」はタンパク質が多い、IIグループの「日高青」は脂質が少ない、IIIグループの「市島青秋」はショ糖が多いなどの特徴が認められた(表2)。

(2) 豆腐：青大豆豆腐の色調、硬さ、食味を普通大豆のものと比較した。青大豆豆腐の色調は淡い緑色で、ハンターa値が低かった。系統別では、IVグループの「長野青」、Iグループの「春日青」、IIグループの「日高青」は緑色が多く、IIIグループの「市島青秋」は緑色が少なかった。硬さは、軟らかいものから中間程度のものまであり、系統別では、IVグループの「八鹿キナコ」は硬く、Iグループの「春日青」は軟らかかった。食味は、「エンレイ」や「米国産大豆」のものが、甘味、こくとも弱かったのに対し、青大豆のものはいずれも、甘味、こくとも強く、評価が高かった。系統別では、Iグループの「春日青」、IIグループの「日高青」、IVグループの「長野青」は甘味が強く、IVグループの「長野青」、Iグループの「春日青」、IIIグループの「市島青秋」はこくが強かった(表3)。青大豆豆腐に適する系統としては、緑色が濃く、硬さ、食味の点で高い評価を得た「日高青」、「長野青」が適当と判断された。「春日青」、「八鹿キナコ」についても、食味は高い評価を得たが、「春日青」は軟らかい、「八鹿キナコ」は硬い製品となり、硬さの点でパネリストの間で評価が分かれた。

(3) アイスクリーム、マヨネーズ：青大豆アイスクリームおよびマヨネーズは淡い緑色で、系統別では、アイスクリームは「長野青」、マヨネーズは「春日青」の緑色が強かった。食味的には、アイスクリーム、マヨネーズとも全体的に豆乳臭等の点で評価は高くなかったが、系統別は、「日高青」、「市島青秋」、「長野青」は豆乳臭が少なかった(表4)。以上より、青大豆アイスクリーム、マヨネーズには、緑色が濃く、豆乳臭が少ないことから、

表2 青大豆豆乳<sup>\*1</sup>の色調、成分

グル ープ	在来種 (仮称)	色調			Brix %	タンパ ク質%	脂質 %	ショ糖 %
		L	a	b				
I	春日青	76	-5	16	13.4	4.7	4.9	0.61
II	日高青	78	-5	16	13.0	4.9	3.0	0.71
III	市島青秋	80	-1	14	12.8	4.9	3.9	0.80
IV	八鹿キナコ	77	-4	16	13.5	5.5	3.8	0.72
	長野青	75	-4	16	12.2	4.6	3.7	0.70
(対照)	タマホマレ	80	1	11	12.4	4.3	2.8	0.60
(〃)	エンレイ	81	-1	13	14.3	5.9	3.6	0.45
(〃)	米国産大豆	82	-1	15	12.8	5.2	3.3	0.55

\*1 加水量は6倍量(対大豆重量)

豆腐同様、「日高青」、「長野青」が適すると判断された。

考 察

1 青大豆の系統分類

従来、各地で小規模に栽培されてきた青大豆は、在来種のため、形質に差が認められたが、これらの系統を形態および成分特性より4つのグループに大別することができた。しかし、調査した3年間において、年次間差が認められた項目(百粒重、クロロフィル等)があり、栽培的な条件や収穫後の保存温度や光によるクロロフィルへの影響も認められたので、系統固有の特性の把握にはさらに検討が必要である。

2 青大豆の機能性成分

青大豆の機能性成分は、クロロフィルを含むほか、「タマホマレ」に比べると、オリゴ糖、トコフェロールとも多く、原料段階における含量的な優位性は認められた。しかし、豆腐加工においては、加水により希釈されるほか、クロロフィルやトコフェロールは加熱による減

表3 青大豆絹ごし豆腐の色調、硬さ、食味

グル ープ	在来種 (仮称)	色調			破断応力 g重/cm <sup>2</sup>	破断 <sup>*2</sup> 歪mm	食味 <sup>*3</sup>		
		L	a	b			緑色度	甘味	豆腐臭
I	春日青	82	-5	15	4.0	30	5.2	3.7	3.8
II	日高青	84	-4	14	3.9	65	8.0	3.8	3.2
III	市島青秋	85	-3	12	1.0	62	7.0	3.5	3.7
IV	八鹿キナコ	84	-5	15	2.0	81	8.3	3.3	3.5
	長野青	80	-5	15	4.1	54	7.6	3.8	4.5
(対照)	タマホマレ	84	-1	10	-	36	6.4	3.2	3.3
(〃)	エンレイ	86	-3	11	-	107	10.9	1.7	2.2
(〃)	米国産大豆	86	-3	13	-	77	8.6	1.7	2.0

\*1 緑色の濃さの順位に配点(最も濃い：5~最も淡い：1)

パネリスト6人

\*2 円柱型プランジャーによる貫入試験(試料直径5cm、厚さ25mm、押し込み速度1mm/s、プランジャー直径15mm)

\*3 5点評価(5：強い~1：弱い)

表4 青大豆アイスクリームの色調、豆乳臭の強さおよびマヨネーズの色調

グル ープ	在来種 (仮称)	アイスクリーム				マヨネーズ				
		色調		豆乳臭 <sup>*2</sup>	色調		色調			
		L	a		b	緑色度 <sup>*1</sup>	L	a	b	緑色度 <sup>*1</sup>
I	春日青	78	-2	24	2.9	4.8	76	-4	15	4.2
II	日高青	78	-2	24	3.2	2.2	78	-4	15	3.5
III	市島青秋	79	-0	25	1.0	2.1	79	-2	13	1.0
IV	八鹿キナコ	78	-2	24	2.9	3.8	78	-4	15	3.5
	長野青	76	-2	24	5.0	2.2	76	-4	15	3.7

\*1 緑色の濃さの順位に配点(最も濃い：5~最も淡い：1)

パネリスト6人

\*2 豆乳臭の強さの順位に配点(最も強い：5~最も弱い：1)  
パネリスト6人

少により、最終製品への移行率は高くないため、青大豆加工品の機能性による差別化には不十分な要素がある。むしろ、青大豆は、従来、青大豆豆腐に代表されるように、味がよいと評価を受けており、このような良食味や色調の特殊性を強調した上に、機能性を付加すれば、商品性の向上につながるものと考える。

### 3 青大豆の豆腐、アイスクリーム、マヨネーズの品質および系統別加工適性

青大豆の豆乳は淡い緑色で、成分的には脂質、ショ糖が多く、豆乳を加工した製品は、こくや甘味の強いものとなることが推察された。

青大豆豆腐は甘味、こくがあり、普通大豆の豆腐に比べて評価が高かった。また、系統別では、緑色が強く、硬さ、食味の点で高い評価を得た「日高青」、「長野青」が適すると判断された。「春日青」、「八鹿キナコ」については、食味は高い評価を得たが、「春日青」は軟らかい、「八鹿キナコ」は硬い製品となり、硬さの点では、パネリストの数は少ないものの評価が分かれ、男性は硬い豆腐、女性は軟らかい豆腐を支持する傾向がみられた。青大豆は、豆腐原料としての需要が伸びているが、今後の生産振興や特産品化にあたっては、豆腐加工適性の高い

系統（「日高青」、「長野青」）を導入することで青大豆豆腐の品質安定化や品質向上が図れるものと思われる。

アイスクリーム、マヨネーズ等への加工には、緑色が濃く、豆乳臭が少ないことから、豆腐同様、「日高青」「長野青」が適すると判断された。また、青大豆アイスクリーム、マヨネーズは、植物材料であることによる健康性や特殊性等の点で評価を得た。アイスクリームやマヨネーズのように、豆腐以外にも、青大豆の特性を生かした新製品を開発すれば、加工用途の拡大や地域特産品としてのブランド化を図れるものと思われる。

### 引用文献

- (1) 正井輝久(1990):大豆オリゴ糖の開発と今後の展望: New Food Industry 32, 5-11
- (2) 氏家 隆・武山哲茂・近藤あゆみ・廣江玲子・森光昭(1991):酢酸エチル・ヘキサン抽出-HPLCによる食品中トコフェロールの定量: ビタミン 65, 393-397
- (3) 神山かおる・西成勝好(1992):豆腐の物性測定に影響する諸因子の検討:日食工誌 39, 715-721