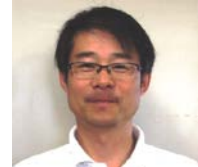


## 平成25年度終了 豆類振興事業助成金（試験研究）の成果概要

1 課題名 手亡あん着色機構の解明と色調変化評価法の開発

2 研究実施者

研究代表者 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構  
中央農業試験場 作物開発部 農産品質グループ  
主査（農産品質） 小宮山誠一  
分担 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構  
十勝農業試験場 研究部 豆類グループ



3 実施期間 平成23年度～25年度（3年間）

4 試験研究の成果概要

（1）試験研究の目的

北海道産菜豆（インゲンマメ）の手亡類は、製あん業者や菓子製造業者から風味の良さや製あん適性を高く評価されている。しかし、手亡類は、白あん原料の多くを占める輸入ライマメと比較すると、加工後のあん色がやや褐色にくすんだ色調を示す。通常、上生菓子などでは、外観品質の面からあん色が明るい白色であることが求められている。このため、実需者からはあん色がより白く明るい、風味に優れる手亡品種の開発が強く望まれている。

本試験は、手亡あんの製造過程における褐変現象の要因を明らかにするとともに、手亡品種育成に利用可能な簡易あん色評価法を開発することを目的とする。また、その評価法を活用して育種選抜を行うことにより、従来品種よりもあん色が白く、製あん適性に優れた品種の開発を促進する。

（2）実施計画、手法

1) 手亡あん着色機構の解明

- ・ねらい：手亡あん製造過程におけるあん着色現象の要因を明らかにする。
- ・試験項目等：
  - ①供試材料：手亡類（雪手亡、絹てぼうなど）、ライマメなど
  - ②分析項目：あん色（L\*a\*b\*表色系）、成分含有量、顕微鏡観察など

2) 手亡あん着色程度の変動要因の解析

- ・ねらい：手亡類の栽培条件の違いにおけるあん色の変動を解析する。
- ・試験項目等：栽培地域、栽培年度が異なる試料、登熟期間の異なる試料について、あん色の変動を解析し、変動要因について検討する。

3) あんの色調変化評価法の開発

・ねらい：現在は供試可能量が少なく製あん試験を実施できない中期（F<sub>5</sub>）世代系統に適用できる、あんの色調変化評価法を開発する。

#### 4) あん白度に優れる育種材料の選出

・ねらい：保有する遺伝資源および育成系統から、従来品種よりもあん色が白く、製あん適性に優れる材料を選出し、育種利用を進める。

### (3) 成果の概要

#### 1) 手亡あん着色機構の解明

食品の褐変現象は調理、製造、加工および保存などの工程において、褐色（着色）原因物質が生じることが要因と考えられている。一般に、食品中の褐変反応は酵素反応による「酵素的褐変反応」と、酵素と無関係な「非酵素的褐変反応」に大別されている。あんの製造工程は大きく、「水浸漬」「煮熟（加熱）」「つぶし・こし・絞り」「加糖・練り」に分けられるが、褐変反応は「水浸漬」「煮熟（加熱）」「加糖・練り」の各工程において生じると想定された。

まず、水浸漬中における褐変反応として、酵素的褐変反応が進行する可能性を検討した。その結果、子実を酵素失活処理（ブランチング）後に製あんした場合、あん色の褐変程度は低減されなかった。また、水浸漬中における酵素反応の進行を考慮し、浸漬工程を除いて製あんを行った場合も褐変程度は低減されなかった。さらに、手亡類子実において酵素的褐変反応に関与する酵素（ポリフェノールオキシダーゼ）の活性は認められず、基質（ポリフェノール類）の含量も少なかった（データ省略）。以上のことから、白あんの着色現象にポリフェノール酸化による酵素的褐変が関与している可能性は低いと考えられた。

次に、煮熟工程における褐変反応として、非酵素的褐変反応が進行する可能性を検討した。すなわち、食品の非酵素的褐変反応として知られるメイラード反応（アミノカルボニル反応）による白あん着色の可能性を検討した。メイラード反応の出発物質である遊離アミノ酸と遊離糖の含量を、手亡類品種・系統および輸入原料子実において測定した結果、褐変程度の小さいライマメは、手亡類と比較してアミノ酸および還元糖（グルコース、フルクトース）、特にグルコースの含量が低いことが明らかになった（表1）。

表1 手亡品種・系統および輸入原料に含まれる遊離アミノ酸、遊離糖含量および生あん色

品種名など <sup>1)</sup>	遊離アミノ酸 (mg/g DW)	遊離糖 <sup>2)</sup> (mg/g DW)					生あん色		
		Sta	Raf	Suc	Glc	Fru	L*	a*	b*
雪手亡	5.5	9.2	4.4	14.4	1.9	0.7	74.5	1.1	14.2
姫手亡	5.6	8.9	4.3	13.9	1.9	0.7	74.1	0.7	14.3
絹てぼう	5.6	8.2	4.6	14.2	1.9	0.8	75.2	0.2	14.5
十育A57号	5.8	9.5	4.3	12.4	1.7	0.7	74.5	0.8	14.7
十育A59号	5.2	8.6	4.6	13.8	1.9	0.7	73.9	1.1	13.7
グレートノーザン	6.0	9.7	4.9	22.2	2.3	1.4	77.2	0.6	14.4
ライマメ	3.1	14.0	3.8	10.5	1.2	1.0	75.4	-0.5	16.7

1)手亡品種系統は2010年十勝農試産、グレートノーザンおよびライマメは北米産

2)Sta; スタキオース、Raf; ラフィノース、Suc; スクロース、Glc; グルコース、Fru; フルクトース

また、製あん時にメイラード反応の出発物質（原因物質）であるアミノ酸および還元糖を添加した場合、対照と比較してあんの褐変程度が大きくなった（表2）。また、煮熟（加熱）時間が長くなるにつれて褐変程度が大きくなった（データ省略）。

これらのことから、煮熟中に非酵素的褐変（メイラード反応）が進行し、生じた褐色物質があんの色調に影響を与えることが明らかになった。

表2 還元糖、アミノ酸およびメラノイジンを添加した場合のあん色の変化

添加 <sup>1)</sup>	生あん色			色差		
	L*	a*	b*	$\Delta E^*ab$	判定 <sup>2)</sup>	
雪手亡	なし（対照）	74.2	1.7	14.5	-	-
	グルコース	74.0	1.6	14.9	0.4	Trace
	グルタミン酸	73.7	2.8	15.1	1.3	Slight
	グルコース+グルタミン酸	73.4	2.9	15.8	1.9	Noticeable
	メラノイジン	73.6	3.6	16.1	2.5	Appreceptable

1)グルコースおよびグルタミン酸溶液(5g/L)を浸漬液とする。

メラノイジンはグルコース・グルタミン酸混液をあらかじめ加熱（105℃、60分）して調製。

2)色差の判定は米国立標準局(NBS)の基準に基づく。（「なし（対照）」との比較）

Trace：かすかに、Slight：わずかに、Noticeable：かなり、Appreceptable：目立って感じられる。

次に、煮熟中に生じた褐色物質がどのように存在しているか検討を行った。手亡類の生あんを乾燥し、顕微鏡により観察したところ、白色のあん粒子とは異なる褐色の粒が目視で確認された。また、褐色粒（夾雑物）はあん粒子より大きく（図1）、これを篩別により除去すると、あんの褐変程度が低下した（図2）。このことから、煮熟工程で生じた褐色物質が夾雑物に存在することが、あん着色の一要因であることが明らかになった。

以上のことから、褐変物質がメイラード反応により生じ、あん粒子および夾雑物に吸着されることが、白あんの主な着色機構と示唆された。なお、現時点で各成分含量のみからあん色を定量的に推定することは困難で、手亡あん色の評価にはあんの調製が必須であると判断された。

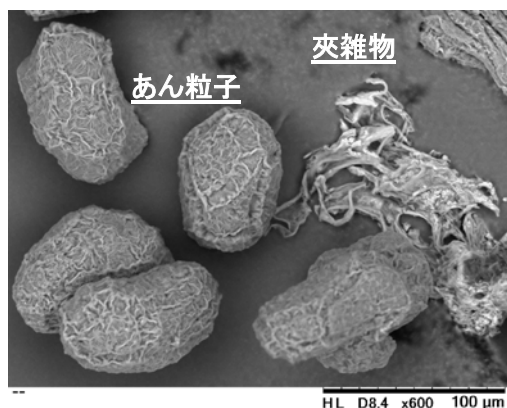


図1 生あん（雪手亡）の電子顕微鏡像

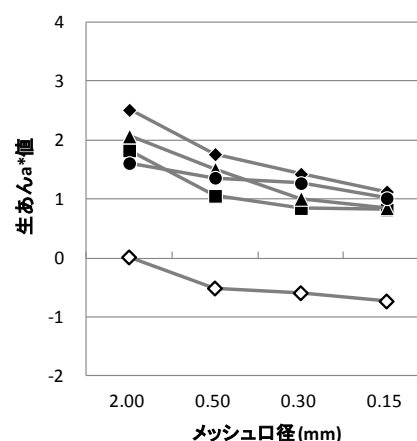


図2 篩別分画による生あん色（a\*値）の変動

◆：雪手亡、■：絹てぼう、●：福白金時、▲：グレートノーザン、◇：ライマメ（2011年中央農試産。グレートノーザン、ライマメは北米産）

## 2) 手亡あん着色程度の変動要因の解析

2010～12年に十勝農試で収穫された手亡類の生あん色を比較したところ、いずれの品種においても栽培年によるあん色の変動が認められた。また、品種間の傾向（順位）に注目すると、栽培年が異なる場合、L\*値およびb\*値においては品種間の順位が逆転する場合が見られる一方、a\*値は逆転することはなかった（データ省略）。

次に、子実の登熟期間の長短があん色に与える影響を検討するために、同一試験区において登熟期間が異なる試料を作出し、生あん色の比較を行った。その結果、登熟期間の長短によりあん色に顕著な差や明確な傾向は見出せず、栽培条件（栽培年、栽培圃場）による差のほうが大きいことが明らかになった（データ省略）。したがって、品種・系統のあん色を評価する際は、同一年および同一試験区の試料を用いてあんを調製し、赤色（a\*値）を中心に比較するのが適当であると考えられた。

## 3) あんの色調変化評価法の開発

白く明るいあんの原料となる手亡類を育成するにあたり、あん色の評価を実施する必要がある。1)において、白あんの褐変現象には非酵素的褐変反応が関与し、還元糖含量などがあん色の品種間差に関係していると示唆された。しかし、これらの成分含量のみでは精度の高いあん色評価を行うことは難しいと考えられた。従来の製あん法（通常製あん法）は試験に用いる試料量が多く必要となり、操作も繁雑である。したがって、多くの遺伝資源や育成系統のあん色を評価するためには、より迅速・簡便に、少量の試料からあんを調製できる製あん法が必要である。そこで、従来の製あん試験法を改変し、必要な試料量が少なく（10g）、1日当たりの分析点数を多くできる（通常製あん法の6倍程度）少量製あん法を開発した。両製あん法で調製した生あん色間には高い正の相関が認められ（図3）、少量製あん法は従来の通常製あん法と同様にあん色を評価できると判断された。

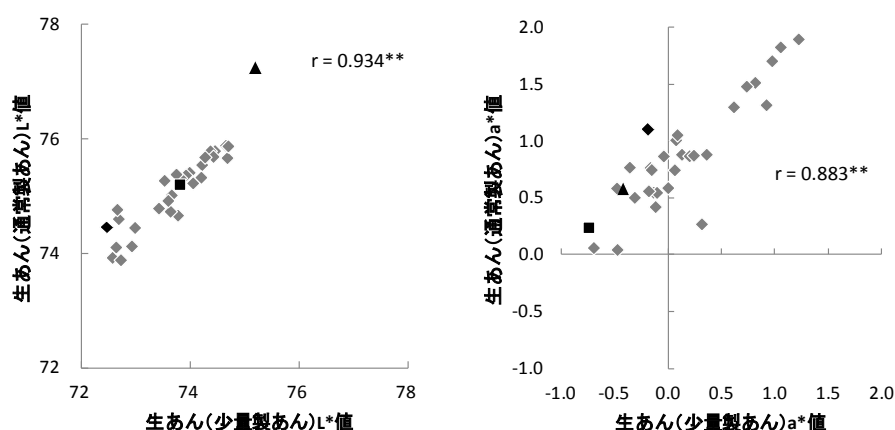


図3 少量製あん法と通常製あん法による生あん色の関係

上) L\*値、下) a\*値

◆：雪手亡、■：絹てぼう、◇：インゲンマメ遺伝資源（以上、2011年十勝農試産）

▲：グレートノーザン（北米産）

#### 4) あん白度に優れる育種材料の選出

2011 年は、2010 年および 2011 年十勝農試産の材料を用いて製あん試験を実施した。生あん色 L\*値が「絹てぼう」より高く色が明るいものが数点あったが、両年に共通する材料のうち、ともに L\*値が高い値を示したものはなかった。

2012 年は、育成系統では F6 世代以降の系統について製あん試験を実施した。十系統では、「絹てぼう」に近い生あん色を示した 2 系統のうち 1 系統を選抜し、有望系統「十育 A61 号」を育成した。また、「絹てぼう」を母、「雪手亡」を父とする F6 系統の生あん色は、L\*値および a\*値が両品種の間に分布していたことから、あん白度の高い系統を効率的に選抜するためには、中期世代からの生あん色による選抜が効果的と考えられた。

2013 年は、手亡類の旧十育 18 系統および白インゲンマメ 40 遺伝資源を製あん試験に供試した。旧十育系統では、4 系統が「絹てぼう」並の生あん a\*値および平均あん粒子径を示し、うち 3 系統は「銀手亡」を系譜に持つ系統であった。遺伝資源では、「絹てぼう」並の生あん a\*値を示した 3 遺伝資源、より小さい a\*値を示した 2 遺伝資源が見出され、うち 3 遺伝資源が「絹てぼう」よりも平均あん粒子径が小さかった (図 4)。

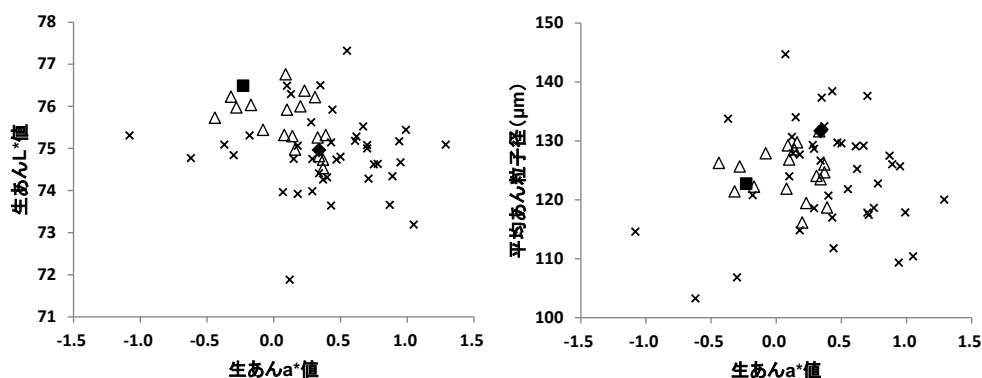


図 4 生あん色および平均あん粒子径 (2013 年十勝農試産)

左) a\*値と L\*値、中) a\*値と平均あん粒子径

◆：雪手亡、■：絹てぼう、△：旧十育系統 (手亡類)、×：白インゲンマメ遺伝資源

#### (4) 今後の課題

あん色の品種間差に寄与する要因について、より詳細に解明する必要があると考えられる。

#### (5) 成果の波及効果

本成果を、加工適性に優れる手亡類新品種の開発試験において活用することにより、あん色等に優れる系統の効率的な選抜が可能となる。また、本課題で選抜された系統や遺伝資源を用いて加工適性に優れる品種を育成することで、高品質な菜豆の生産に寄与できる。

#### (6) 論文、特許等

齋藤ら、「手亡あん (白あん) 製造工程における着色要因の解明」、第 61 回日本食品科学工学会一般講演 (2014)