

平成28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 インゲンマメの難消化成分「ルミナコイド」に着目した機能性成分の実態と変動要因の解明

2 研究実施者

研究代表者 (地独) 北海道立総合研究機構 中央農業試験場
加工利用部農産品質グループ 主査 富沢ゆい子



3 実施期間 平成26年度～28年度(3年間)

4 試験研究の成果概要

(1) 試験研究の目的

インゲンマメ(金時類、手亡類等)は食物繊維、ポリフェノールなど多種多様な機能性成分を含有し、生体に対する生理調節機能が期待される健康的な食材との認識が高いが、加熱調理後の機能性成分を解析した知見は少ない。近年、サラダ等の多様な調理加工による消費が増加する中で、流通現場や実需者からは新たな商材開発や消費拡大に活用できる道産インゲンマメの機能性成分に関する情報の提供が望まれている。本課題では、インゲンマメ類が有する機能性成分、主に「ルミナコイド^(注)」に着目して検討し、ポリフェノールなども併せて、加熱調理後の含有量と各種条件下における変動を明らかにする。

(注)ルミナコイド:「ヒトの小腸内で消化・吸収されにくく、消化管を介して健康の維持に役立つ生理作用を発現する食物成分」のこと。食物繊維(多糖類、リグニン)やレジスタントスターチなどを包括する。

(2) 実施計画、手法

1) インゲンマメの種類による機能性成分の変動

インゲンマメおよび花豆、小豆について、原粒と加熱調理後の機能性成分を分析した。分析項目は、豆類に比較的多いとされる食物繊維、レジスタントスターチ、オリゴ糖(ラフィノース、スタキオース、ベルバスコース)、ポリフェノールとした。サンプルの形態は、原粒は粉碎物、煮熟粒等の調理加工品は凍結乾燥粉碎物とした。(以降共通)。

2) 貯蔵条件の異なるインゲンマメに含まれる機能性成分の変動

インゲンマメ5品種(大正金時、福勝、新金時、レッドキドニー、雪手亡)を異なる温度条件(5℃、15℃以下、室温)で貯蔵し、初期値および貯蔵15ヶ月目の加熱調理後の機能性成分を分析した。

3) 調理加工によるインゲンマメ子実中の機能性成分の変動

インゲンマメ5品種(試験2に同じ)について調理加工方法の異なる試料を作出し、機能性成分を分析した。調理加工方法は煮熟20分、煮熟40分、レトルト、加糖煮豆(手亡以外)、生あんとした。

(3) 成果の概要

1) インゲンマメの種類による機能性成分の変動

乾物当たりの機能性成分の変動幅について、原粒の分析値を表1、加熱調理後の分析値を表2に示した。総食物繊維は、いずれの豆も加熱調理後は原粒に対して同等～1.7倍に増加した(詳細データ省略、以下同じ)。この増加の要因は加熱調理によるあん粒子の形成によるものと考えられた。不溶性はいずれの豆も同等～2.3倍に増加し、水溶性は手亡類および小豆、金時類の一部(「福良金時」、「福寿金時」)では0.7～0.9倍とやや減少し、それ以外の豆では同等～1.5倍に増加した。レジスタントスターチは原粒では金時類と手亡類で多く、花豆と小豆では少なかったが、加熱調理後はいずれの豆も3.6～5.2 g/100gDWの範囲となった。難消化性オリゴ糖およびポリフェノールは、いずれの豆も加熱調理後は原粒に対して減少した。これらの成分は加熱調理時に煮汁に溶け出したために減少したと推察された。

表1 豆の種類による機能性成分の変動幅(原粒、乾物当たり)

種類	供試点数		食物繊維 ¹⁾ (g/100gDW)			レジスタントスターチ ²⁾
	H25	H26	不溶性	水溶性	計	(g/100gDW)
金時類	(3)	(7)	13.1 ~ 22.0	4.1 ~ 10.1	21.5 ~ 28.1	31.5 ~ 37.9
手亡類	(2)	(4)	17.9 ~ 23.8	6.8 ~ 12.9	26.3 ~ 32.6	32.6 ~ 37.1
花豆	-	(3)	22.1 ~ 26.9	4.6 ~ 5.5	27.6 ~ 31.5	1.0 ~ 1.6
小豆	-	(3)	16.6 ~ 19.6	4.6 ~ 5.1	21.2 ~ 24.5	3.2 ~ 4.6

種類	供試点数		難消化性オリゴ糖 ³⁾ (mg/100gDW)			ポリフェノール ⁴⁾	
	H25	H26	Raf	Sta	Ver	計	
金時類	(3)	(7)	247 ~ 321	2605 ~ 3308	201 ~ 271	3103 ~ 3857	161.7 ~ 309.1
手亡類	(2)	(4)	335 ~ 451	2599 ~ 3588	82 ~ 135	3118 ~ 4121	38.0 ~ 71.1
花豆	-	(3)	499 ~ 548	4459 ~ 4912	88 ~ 121	5060 ~ 5581	64.0 ~ 646.0
小豆	-	(3)	238 ~ 266	3076 ~ 3487	151 ~ 196	3538 ~ 3930	50.5 ~ 409.5

1) Prosky変法。2) 酵素法(メガザイム社測定キット)。3) HPLC法。Raf: ラフィノース, Sta: スタキオース, Ver: ベルバスコース。

4) フォーリンチオカルト法。1)~4)は以降同じ。

供試品種: 【金時類】大正金時、福勝、新金時(以上は2カ年供試)、昭和金時、北海金時、福良金時、福寿金時。

【手亡類】雪手亡、絹てぼう(以上は2カ年供試)、銀手亡、姫手亡。

【花豆】紫花豆、黒花豆、白花っ娘。【小豆】エリモシヨウズ、とよみ大納言、きたほたる。

表2 豆の種類による機能性成分の変動幅(加熱調理後、乾物当たり)

豆の種類	供試点数		食物繊維(g/100gFW)			レジスタントスターチ
	H25	H26	不溶性	水溶性	計	(g/100gFW)
金時類	(3)	(7)	23.5 ~ 34.5	5.9 ~ 9.2	31.9 ~ 40.7	4.6 ~ 5.2
手亡類	(2)	(4)	28.6 ~ 34.1	4.9 ~ 7.3	35.9 ~ 39.9	4.3 ~ 4.9
花豆	-	(3)	26.8 ~ 28.3	5.1 ~ 6.3	33.2 ~ 34.1	4.1 ~ 4.2
小豆	-	(3)	18.3 ~ 28.5	3.3 ~ 4.7	21.7 ~ 33.2	3.6 ~ 4.5

豆の種類	供試点数		難消化性オリゴ糖(mg/100gDW)			ポリフェノール	
	H25	H26	Raf	Sta	Ver	計	
金時類	(3)	(7)	224 ~ 286	2158 ~ 2712	160 ~ 204	2565 ~ 3158	76.6 ~ 106.6
手亡類	(2)	(4)	246 ~ 360	1799 ~ 2797	72 ~ 93	2125 ~ 3234	36.7 ~ 49.0
花豆	-	(3)	432 ~ 464	3746 ~ 4306	73 ~ 88	4250 ~ 4859	60.1 ~ 100.8
小豆	-	(3)	139 ~ 195	2508 ~ 2800	106 ~ 166	2752 ~ 3144	42.6 ~ 165.9

金時類および手亡類、花豆は粒重の3倍量の水を添加し25℃で16時間浸漬後、オートクレーブ98℃で20分煮熟。

小豆は25℃で16時間静置後、粒重の3倍量の水を添加しオートクレーブ98℃で70分煮熟。

現物当たりの機能性成分の変動幅について、加熱調理後の分析値を表3に示した。食物繊維の総量 (g/100gFW) は、金時類 12.6~14.5、手亡類 12.0~13.2 の範囲にあり、日本食品成分表 (七訂) における食品の中でもトップレベルにあった。煮熟粒の各機能性成分の範囲は、レジスタントスターチ (g/100gFW) は金時類 1.8~2.0、手亡類 1.4~1.7、難消化性オリゴ糖の総量 (mg/100gFW) は金時類 1014~1213、手亡類 711~1112、ポリフェノール (mg/100gFW) は金時類 31~40、手亡類 13~16 であった。

表3 豆の種類による機能性成分の変動幅 (加熱調理後、現物当たり)

種類	供試点数		食物繊維(g/100gFW)			レジスタントスターチ (g/100gFW)
	H25	H26	不溶性	水溶性	計	
金時類	(3)	(7)	9.6 ~ 12.3	2.2 ~ 3.7	12.6 ~ 14.5	1.8 ~ 2.0
手亡類	(2)	(4)	10.0 ~ 11.2	1.6 ~ 2.5	12.0 ~ 13.2	1.4 ~ 1.7
花豆	-	(3)	9.2 ~ 12.4	1.6 ~ 2.7	10.8 ~ 15.1	1.4 ~ 1.9
小豆	-	(3)	8.2 ~ 9.6	1.2 ~ 1.6	9.6 ~ 11.2	1.4 ~ 1.6

種類	供試点数		難消化性オリゴ糖(mg/100gFW)				ポリフェノール (mg/100gFW)	水分 (%)
	H25	H26	Raf	Sta	Ver	計		
金時類	(3)	(7)	92 ~ 109	845 ~ 1042	64 ~ 78	1014 ~ 1213	31.4 ~ 40.3	59.1 ~ 64.4
手亡類	(2)	(4)	84 ~ 124	589 ~ 962	25 ~ 29	711 ~ 1112	12.8 ~ 15.9	65.1 ~ 68.6
花豆	-	(3)	147 ~ 205	1352 ~ 1905	27 ~ 39	1526 ~ 2150	22.4 ~ 44.6	55.8 ~ 67.5
小豆	-	(3)	47 ~ 87	843 ~ 1238	36 ~ 74	925 ~ 1399	14.3 ~ 53.5	55.5 ~ 67.8

金時類および手亡類、花豆は粒重の3倍量の水を添加し25℃で16時間浸漬後、オートクレーブ98℃で20分煮熟。
小豆は25℃で16時間静置後、粒重の3倍量の水を添加しオートクレーブ98℃で70分煮熟。

2) 貯蔵条件の異なるインゲンマメに含まれる機能性成分の変動

貯蔵 15 ヶ月後の煮熟粒の機能性成分について、金時類 4 品種の平均値を表 4 に示した。食物繊維は、貯蔵 15 ヶ月のいずれの貯蔵温度、煮熟時間においても、初期値と比べて水溶性が減少した。レジスタントスターチおよび難消化性オリゴ糖については、貯蔵 15 ヶ月のいずれの貯蔵温度、煮熟時間においても初期値と有意差は認められなかった。ポリフェノールは、いずれの煮熟時間においても初期値に対して貯蔵 15 ヶ月 5℃は有意差が認められず、貯蔵 15 ヶ月 15℃以下は低く、貯蔵 15 ヶ月常温はさらに低かった。加工物水分について見ると、煮熟 20 分の貯蔵 15 ヶ月ではいずれの貯蔵温度でも初期値に比べて低かったが、これは十分煮えていなかったためと考えられた。貯蔵 15 ヶ月のうち初期値 (加工物水分 62.0~63.7%) とほぼ同様となったのは、煮熟 40 分の 5℃ (同 63.7%) と 15℃以下 (同 62.5%) であった。

以上の事から、貯蔵 15 ヶ月において初期値とほぼ同様の加工物水分 (=煮え上がり) を求める場合は、5℃もしくは 15℃以下で貯蔵した上で煮熟時間を増やす必要があり、その条件下では、貯蔵後は初期値に比べて水溶性食物繊維が減少し、ポリフェノールがやや減少する傾向であると考えられた。

雪手亡については、1 事例のため有意差は検証できないが、加工物水分および煮熟増

加比が初期値とほぼ同等となった貯蔵後の事例（煮熟 40 分の 5°C および 15°C 以下）について見た場合、初期値に対して貯蔵後の食物繊維の各項目は減少し、レジスタントスターチは増加し、難消化性オリゴ糖については初期値とほぼ同等であった（データ省略）。

表 4 金時類 4 品種の貯蔵温度による機能性成分の平均値（現物当たり）

調理加工 ¹⁾	調査時期	貯蔵温度 ²⁾	供試点数 ³⁾	食物繊維 (g/100gFW)			レジスタントスターチ	難消化性オリゴ糖 (mg/100gFW)				ポリフェノール (mg/100gFW)	水分 (%)
				不溶性	水溶性	計	(g/100gFW)	Raf	Sta	Ver	計		
	初期値	—	(4)	10.1	3.2 a	13.3	1.7	75	867 abc	55	996 ab	35.7 ab	62.0
煮熟 20分	貯蔵 15ヶ月	5°C	(4)	9.7	1.9 bc	11.6	2.0	87	973 ab	63	1123 a	36.2 ab	58.8
		15°C以下	(4)	10.1	1.9 bc	12.0	2.1	90	976 a	67	1133 a	34.5 b	58.2
		常温	(4)	10.5	1.7 c	12.1	2.0	84	907 abc	60	1051 ab	29.1 c	57.3
	初期値	—	(4)	9.1	3.1 ab	12.3	1.7	109	828 bc	53	989 ab	38.5 a	63.7
煮熟 40分	貯蔵 15ヶ月	5°C	(4)	9.0	1.6 c	10.6	1.8	75	834 abc	53	962 ab	35.3 ab	63.7
		15°C以下	(4)	10.0	1.6 c	11.5	2.0	79	821 c	57	957 ab	34.2 b	62.5
		常温	(4)	10.2	1.6 c	11.8	2.0	74	783 c	53	910 b	28.2 c	59.7

1) 粒重の3倍量の水を添加し25°Cで16時間浸漬後、オートクレーブ98°Cで規定時間煮熟。

2) 貯蔵中(15ヶ月間)の平均温度/湿度は、5°C設定で5.1±0.2°C/72.4±1.2%、15°C以下設定で13.1±4.7°C/69.5±1.8%、常温設定で19.4±9.3°C/68.8±1.7%。

3) 各処理における金時類4品種(大正金時、福勝、新金時、レッドキドニー)の平均とした。レッドキドニーは北米産、他は十勝産。異なる英文字間には5%水準で有意差あり(Tukeyの多重検定による)。

3) 調理加工によるインゲンマメ子実中の機能性成分の変動

調理加工方法の異なる煮熟粒の機能性成分について、金時類 4 品種の平均値を表 5 に示した。2 ヶ年の平均値について以下に述べる。

食物繊維のうち不溶性は概ね煮熟 20 分、煮熟 40 分 ≥ 生あん ≥ 加糖煮豆 ≥ レトルトの順で多く、水溶性はレトルト > 煮熟 20 分、煮熟 40 分、加糖煮豆 ≥ 生あんの順で多かった。総食物繊維は、煮熟 20 分および 40 分で多く、それらに比べてレトルト、加糖煮豆、生あんは低い傾向であった。レジスタントスターチは、生あんで多く、次いでレトルトで多い傾向であった。生あんは種皮を取り除き、あん粒子を集めたものであるため、レジスタントスターチはあん粒子に比較的多く含まれていると推察された。難消化性オリゴ糖は種類別、総量のいずれもレトルトや煮熟 20 分および煮熟 40 分で多く、それらに比べ加糖煮豆では少なく、生あんでは検出されなかった。オリゴ糖は水溶性であるため、加糖煮豆の調理加工工程における煮汁の廃棄や、生あんの精製工程における水でさらす作業によりオリゴ糖含量が減少したと考えられた。ポリフェノールは、概ねレトルト ≥ 煮熟 20 分、煮熟 40 分 ≥ 加糖煮豆 >> 生あんの順で多かった。加糖煮豆は煮熟を 2 回行い、いずれの煮汁も廃棄されることから、煮汁に溶解したポリフェノールの損失が多かったと考えられた。生あんについては煮汁の廃棄に加え、ポリフェノールを多く含む種皮を除去しているため、ポリフェノール含量が低くなったと考えられた。

雪手亡については、元々の含量が少なく有意差が認められなかったポリフェノールを除き、いずれの測定項目も金時類4品種の平均値（表5）とほぼ同様の傾向を示した（データ省略）。

表5 金時類4品種の調理加工による機能性成分の平均値（現物当たり）

生産 年次	調理 加工 ¹⁾	供試 点数 ²⁾	食物繊維 (g/100gFW)			レジスタント スターチ	難消化性オリゴ糖 (mg/100gFW)				ポリフェ ノール	水分 (%)
			不溶性	水溶性	計	(g/100gFW)	Raf	Sta	Ver	計	(mg/100gFW)	
H25	煮熟20分	(4)	10.1 a	3.2 b	13.3 a	1.7	75 bc	867 b	55 a	996 b	35.7 a	62.0
	煮熟40分	(4)	9.1 a	3.1 b	12.3 ab	1.7	109 ab	828 b	53 a	989 b	38.5 a	63.7
	レトルト	(4)	6.0 b	4.2 a	10.2 b	1.8	124 a	1056 a	66 b	1246 a	37.8 a	60.4
	加糖煮豆	(4)	8.0 ab	2.8 bc	10.7 ab	1.7	65 c	415 c	28 a	508 c	24.6 b	60.0
	生あん	(4)	8.1 ab	1.9 c	10.0 b	2.1	tr	tr	tr	-	12.5 c	66.2
H26	煮熟20分	(4)	11.7 a	2.7 b	14.4 a	1.8 bc	82	932 ab	69	1083 a	33.6 b	62.3
	煮熟40分	(4)	11.7 a	2.3 b	14.0 a	1.7 c	68	808 b	59	935 b	33.9 b	65.7
	レトルト	(4)	7.3 c	4.5 a	11.8 b	2.1 ab	74	995 a	68	1137 a	47.0 a	60.4
	加糖煮豆	(4)	8.5 bc	2.5 b	11.0 b	1.6 c	64	389 c	-	471 c	34.1 b	60.0
	生あん	(4)	9.4 b	1.3 c	10.7 b	2.3 a	tr	tr	tr	-	14.8 c	64.7
2カ年 平均	煮熟20分	(8)	10.9 a	2.9 b	13.8 a	1.8 bc	78 ab	899 b	62 a	1040 b	34.7 bc	62.1
	煮熟40分	(8)	10.4 ab	2.7 b	13.1 a	1.7 c	88 ab	818 b	56 a	962 b	36.2 b	64.7
	レトルト	(8)	6.7 d	4.3 a	11.0 b	2.0 ab	99 a	1026 a	67 a	1192 a	42.4 a	60.4
	加糖煮豆	(8)	8.2 cd	2.6 b	10.9 b	1.6 c	64 b	402 c	28 b	489 c	29.4 c	60.0
	生あん	(8)	8.7 bc	1.6 c	10.4 b	2.2 a	tr	tr	tr	-	13.6 d	65.5

1)煮熟20分および40分：粒重の3倍量の水を添加し25℃で16時間浸漬後、オートクレーブ98℃で規定時間煮熟。

レトルト：ホクレンのレトルトサラダ豆の製造方法に準ずる。

加糖煮豆：煮熟20分の処理後、調味液を加えオートクレーブ80℃で3時間煮熟し、5℃で一晩浸漬。

生あん：煮熟40分の処理後、裏ごして調製。

2)各処理における金時類4品種（大正金時、福勝、新金時、レッドキドニー）の平均とした。

H25：レッドキドニーは北米産、他は十勝産。H26：大正金時は音更町産、他は十勝農試産。

H25のレトルトおよび加糖煮豆の水分は未測定であり、H26の値で代用したため、斜体表記（参考値）とした。「tr」は痕跡のみ、「-」は未計算を示す。

同一生産年次内で異なる英文字間には5%水準で有意差あり(Tukeyの多重検定による)。

(4) 今後の課題

実需者からは、機能性成分の年産地間差の解明に関する要望が多い。実施にあたっては、輸入品も含めたサンプルについて数百点規模での調査が必要である。また、食物繊維における水溶性画分や、ポリフェノールの種類別の機能性解明についての要望も見受けられる。これについては、各画分の含有量についての詳細な調査とともに、生体における機作解明など、生理調節機能の解明も必要になると考えられる。

(5) 成果の波及効果

消費者に対してインゲンマメの機能性成分の優位性を示すことで消費拡大を促すと共に、実需者等の販促資料および商品開発、ヘルシーDO等の機能性食品認定のための基礎データとして活用する。

(6) 論文、特許等 なし