

# 新品種を含む小豆の一般成分および 機能性ガラクトオリゴ糖含有量

Major Compositions and Functional Galactooligosaccharide Contents  
in Twenty-two Kinds of Azuki Bean Containing New Nine Cultivars.

土田 廣信・伊藤 友美・上島 脩志\*・水野 雅史\*・木村 忠彦\*\*

愛知みずほ大学人間科学部, \*神戸大学大学院農学研究科, \*\*㈱本高砂屋商品開発部

Hironobu TSUCHIDA, Tomomi ITO, Osamu KAMISHIMA\*, Masashi MIZUNO\*  
and Tadahiko KIMURA\*\*

Department of Human Sciences, Aichi Mizuho College, \*The Graduate School of Agriculture, Kobe University

\*\*Division of Product Development, Hontakasagoya Co.

## Abstract

We examined the major compositions and contents of prebiotic raffinose family-oligosaccharides in 22 kinds of Azuki beans containing 16 cultivars (9 new cultivars). The results indicated that difference in content of the major compositions among the cultivates was hardly recognized, Contents of prebiotic oligosaccharide “stachyose” in Azuki bean was very high in comparison with that in soybean and correlations among contents of raffinose family-oligosaccharides were recognized. These results suggest that traditional food “Azuki bean” may be taken notice as a functional food material.

## 1. 緒言

小豆は、その原産地はもとより、その植物学的分類についてもいまだに解明されていないマメ科作物である。その原産地が、東洋特に中国大陸であるという説もあるが、不明な点が多い。また分類学的には、主に2つの説がある。即ち、インゲン属 *Phaseolea angularis* (Willd) W.F. Wight とする説、及び、アズキの花器は、インゲン属のそれとかなり性状が異なるので、新たにアズキ属 *Azuki subtrilobata* (Fr. et Saw) T. Takh または、*Azuki angularis Ohwi* を提唱している説がある。戸茱ら<sup>1)</sup>によれば、日本へは3~8世紀の間に伝来したものと推定され、それ以後、広く栽培され、赤飯やぜんざい、あん、羊羹などに利用されて日本人の食生活に大きくかかわってきた伝統食品素材である。

小豆の栄養成分は大豆と異なり、炭水化物量が多

いのが特徴である<sup>2)</sup>が、さらに近年では食物繊維、サポニン、ポリフェノールなどの生理的な作用を有する成分<sup>3-5)</sup>が発見され、抗菌性<sup>6)</sup>、溶血作用<sup>7)</sup>、抗炎症作用<sup>8)</sup>、脂質代謝改善作用<sup>9)</sup>、および抗酸化作用<sup>4,10)</sup>などの機能性が注目されている。特に、ラフィノースファミリーのガラクトオリゴ糖 (Fig. 1) は大豆など豆類に多く含まれ<sup>11,12)</sup>、腸内のビフィズス菌の増殖促進物質として知られている<sup>13,14)</sup>。また、このことはこれらオリゴ糖を摂取することによりプロバイオティクス効果 (有用菌の増加、免疫賦活作用、発ガン物質の吸着・除去、コレステロール低下作用、便秘予防など) を高めることも明らかにされている<sup>15)</sup>。しかしながら、これら小豆の一般成分やガラクトオリゴ糖含量における品種間および成分間の相関について調べた報告は殆どない。

そこで9新品種を含む16品種の小豆および産地の

異なる5品種、合計22種類の小豆について、一般成分およびガラクトオリゴ糖類含量の品種間および成分間の差異の有無について検討を行った。

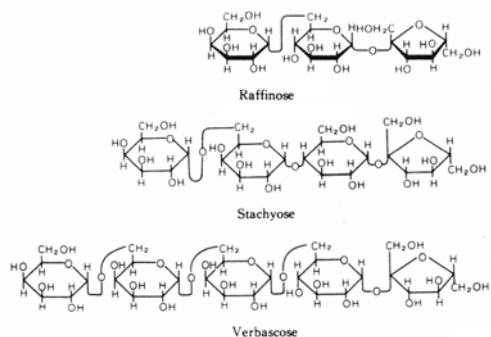


Fig. 1 Raffinose-family galactooligosaccharides

## 2. 試料および実験方法

### (1) 試料調製

試料には、一般に市販されている5品種（北海小豆、北海大納言、能登大納言、祝大納言）と神戸大学付属農場で栽培された5品種を用いた。さらに神戸大学付属農場で新たに開発された交配種9品種と中国産2品種を用いた。各品種の一粒の平均重をTable 1に示した。

各種の小豆を粉碎機（SOBATA PERSONAL MILL SCM-40A 石崎電気製作所製）を用いて粉碎し、100meshの篩に通したものを乾物粉末試料とした。

### (2) 一般成分分析

水分の定量は、常法<sup>16)</sup>に従い、115°Cで恒量になるまで乾燥して算出した。

粗タンパク質の定量は、セミ・マイクロ改良ケルダール分解法<sup>17)</sup>で全窒素を測定し、窒素-タンパク質換算係数(6.26)を乗じてタンパク質含量を算出した。

脂質の定量は、クロロホルム-メタノール混液改良抽出法<sup>18)</sup>で測定した。

### (3) 遊離糖の分析

前記の脂質抽出残さを用いて遊離糖を抽出した。即ち、残さに80%エタノールを加え、沸騰浴中で約1時間還流し、抽出液をろ過してその残さを80%エタノールで洗浄した。

抽出液と洗浄液を合わせて減圧濃縮した後、アセトニトリルに溶解し10mlに定容した。これをメンブランフィルターでろ過後、高速液体クロマトグラフィー<sup>19)</sup>（以下HPLCと略称）を用いて分析した。

HPLC分析は、検出器(L-3300 RI monitor, HIRACHI製)を装着したHPLC (Mode1576, GLサイエンス製)を使用し、データ処理にはクロマトパック (C-R1A, SHIMADZU製)を用いた。HPLC条件は、充填カラム:

Lichrosorb NH-2 (GLサイエンス製), 温度:40°C, 溶離液:アセトニトリル:水=75:25V/V, 流速:1ml/minに設定され実施した。標品としてラムノース, グルコース, シュクロース, ラフィノース, スタキオースを使用し, 予め検量線を作成し, それら検量線をもとにして定量を行った。なお, 3つの未同定のピークはシュクロースに換算して定量を行った。

Table 1 Average weight of each Azuki grain

品種名	産地	用途	平均重量	
			早晚	(g/1粒)
北海小豆	北海道	市販* (あん用)	早	0.14
北海小豆	兵庫	従来品種	早	0.10
北海大納言	北海道	市販* (きんつば用)	早	0.19
北海大納言	兵庫	従来品種	早	0.14
能登大納言	山形	市販* (水羊羹用)	早	0.21
能登大納言	兵庫	従来品種	晩	0.23
祝大納言	石川	市販* (三笠用)	早	0.18
祝大納言	兵庫	従来品種	早	0.10
祝大納言		業務用*	?	0.12
アカネダイナゴン	北海道	市販* (果心用)	早	0.20
アカネダイナゴン	兵庫	従来品種	早	0.14
ベニダイナゴン	兵庫	新品種	早	0.15
814-2-2(兵系1号)	兵庫	新品種	晩	0.20
832-2(兵系2号)	兵庫	新品種	晩	0.24
篠山夏	兵庫	新品種	早	0.13
エリモショウズ	兵庫	新品種	早	0.10
音更小豆	兵庫	新品種	早	0.13
十育120号	兵庫	新品種	早	0.11
十育122号	兵庫	新品種	早	0.18
京都大納言	兵庫	新品種	晩	0.21
東北小豆	中国		?	0.15
天津小豆	中国		?	0.12

\*; 榊高砂屋の和菓子製品, あん製造業務用として使用されているもの

## 3. 結果及び考察

### (1) 一般成分

各種小豆の一般成分含量をTable 2に示した。

水分含量は, 9.25-16.00%の範囲で平均値は11.44%となり, 五訂増補食品成分表値(15.5%)よりやや低い値であった。特に市販のアカネダイナゴン(北海道産)が高含量(16.00%), 十育122号(兵庫産)が低含量(9.25%)を示した。市販の5品種は13-16%と高い値を示したのに対し, 同品種の兵庫産は9-12%と低い値を示した。これは栽培条件,

収穫後の乾燥及び保存条件などの違いによるものと考えられる。また、同条件で栽培された9新品種については、品種間に特定の差異は認められなかった。

タンパク質については、あん加工時におけるあん粒子の形成に重要な役割を果し、高タンパク質の小豆ほどあん粒子の崩壊しにくく、安定したあん粒子が形成されることから、小豆の加工特性の観点から重要である<sup>20)</sup>。全窒素から算出したタンパク質含量は、17.12~26.62%の範囲で平均値は22.48%となり、五訂増補食品成分表値(20.3%)よりやや高い値であった。特に篠山夏(兵庫産)が高含量(26.23%)、音更小豆(兵庫産)が低含量(17.12%)であった。早晩種で比較してみると、晩生品種の方が早生品種よりもやや含量が高い傾向が認められた。産地間では有意差は認められなかった。

Table 2 Major composition of Azuki sample

品種名	産地	水分(%)	全窒素		脂質(%)
			(%)	タンパク質(%)	
北海小豆	北海道	14.60	3.16	19.75	1.58
北海小豆	兵庫	10.18	3.62	22.62	1.85
北海大納言	北海道	15.54	3.28	20.50	1.84
北海大納言	兵庫	10.24	3.67	22.93	2.00
能登大納言	山形	13.60	3.47	21.70	1.29
能登大納言	兵庫	12.33	3.68	23.01	1.86
祝大納言	石川	14.60	3.44	21.48	1.79
祝大納言	兵庫	9.46	3.72	23.27	2.25
祝大納言		10.20	3.90	24.40	1.86
アカネダイナゴン	北海道	16.00	3.30	20.61	1.54
アカネダイナゴン	兵庫	10.43	3.40	21.23	1.96
ベニダイナゴン	兵庫	9.63	3.66	22.86	1.48
814-2-2(兵系1号)	兵庫	10.02	4.07	25.44	1.96
832-2(兵系2号)	兵庫	12.48	3.50	21.88	1.80
篠山夏	兵庫	9.88	4.20	26.23	2.21
エリモショウズ	兵庫	10.59	3.86	24.13	1.90
音更小豆	兵庫	9.89	2.74	17.12	1.86
十育120号	兵庫	9.72	3.96	24.78	1.93
十育122号	兵庫	9.25	4.26	26.62	1.71
京都大納言	兵庫	12.29	3.05	19.08	1.64
東北小豆	中国	10.61	4.01	25.04	1.91
天津小豆	中国	10.13	3.20	19.98	1.95
最低値		9.25	2.74	17.12	1.29
最高値		16.00	4.26	26.62	2.25
平均値		11.44	3.60	22.48	1.83

脂質含量は、1.29~2.25%の範囲で平均値は

1.83%となり、五訂増補食品成分表値(2.20%)より低い値であった。特に祝大納言(兵庫産)が高含量(2.25%)、能登大納言(山形産)が低含量(1.29%)であった。平ら<sup>21)</sup>は、北海道産の小豆の一般成分を分析して品種と産地間の差異を検討し、脂質含量には品種、産地間共に有意差は認められなかったと報告している。今回の結果においても産地、品種間に顕著な差異は認められなかった。

(2) 遊離糖類

小豆の遊離糖分析のチャートをFig. 2に示した。なお、各種小豆の分析から求めた遊離糖含量をTable 3に示した。

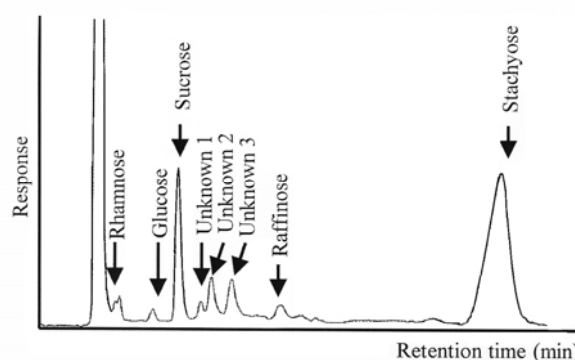


Fig.2 HPLC elution pattern of saccharides in Azuki bean.

単糖のラムノースは、市販の4品種には殆ど検出されなかったが、他の品種では0.27~0.94%含まれ、平均値は0.51%であった。

単糖の代表であるグルコースは、同定された遊離糖の中で最も含量が低く、0.04~0.10%で平均値は0.06%であった。平ら<sup>22)</sup>は、大豆の遊離糖含量を分析し、大豆中のグルコースは試料によって全く存在しないものもあり産地、品種により異なると報告している。小豆においてはいずれの品種にも少量ではあるが、含有することがわかった。

二糖類の代表であるシュクロースは、0.02~0.77%の範囲で平均0.56%含有していた。田主ら<sup>11)</sup>はペーパークロマトグラフィーで小豆の少糖類を定量し、シュクロース含量は0.62%と報告している。特に低い値を示した十育122号を除くと、平均値は0.59%あり、田主らの結果と類似した値が得られた。

未同定3種のピークは、平均値がそれぞれ0.05%、0.15%、0.21%であった。

三糖類のラフィノースは、0.02~0.23%の範囲で、平均値は0.09%であった。田主ら<sup>11)</sup>の測定値は0.25%であり、本研究の測定値よりも高い値を示している。

Table 3 Saccharide contents of each Azuki sample (g/100g)

品種名	産地	ラムノース	グルコース	シュクロース	未同定 1	未同定 2	未同定 3	ラフィノース	スタキオース
北海小豆	北海道	-	0.06	0.54	0.09	0.17	0.33	0.13	5.31
北海小豆	兵庫	0.52	0.04	0.56	0.05	0.14	0.20	0.06	3.97
北海大納言	北海道	-	0.05	0.54	0.09	0.18	0.26	0.17	5.05
北海大納言	兵庫	0.52	0.05	0.58	0.04	0.13	0.20	0.06	4.05
能登大納言	山形	-	0.06	0.68	0.10	0.26	0.31	0.18	5.79
能登大納言	兵庫	0.42	0.08	0.53	0.06	0.21	0.27	0.07	4.97
祝大納言	石川	-	0.04	0.50	0.07	0.14	0.22	0.11	4.83
祝大納言	兵庫	0.73	0.05	0.59	0.05	0.15	0.22	0.06	4.46
祝大納言		0.51	0.06	0.59	0.05	0.13	0.22	0.06	3.97
アカネダイナゴン	北海道	-	0.06	0.70	0.10	0.16	0.28	0.23	4.39
アカネダイナゴン	兵庫	0.37	0.08	0.70	0.03	0.15	0.24	0.06	3.98
ベニダイナゴン	兵庫	0.45	0.08	0.53	0.06	0.19	0.24	0.08	3.96
814-2-2(兵系1号)	兵庫	0.51	0.10	0.56	0.04	0.16	0.20	0.12	4.82
832-2 (兵系2号)	兵庫	0.34	0.06	0.48	0.04	0.21	0.18	0.07	4.26
篠山夏	兵庫	0.58	0.07	0.70	0.04	0.11	0.22	0.06	4.45
エリモシヨウズ	兵庫	0.75	0.04	0.57	0.05	0.13	0.20	0.05	4.55
音更小豆	兵庫	0.94	0.06	0.59	0.05	0.18	0.20	0.06	3.50
十育120号	兵庫	0.47	0.04	0.52	0.04	0.04	0.16	0.05	3.71
十育122号	兵庫	0.46	0.05	0.02	0.02	0.03	0.04	0.02	0.46
京都大納言	兵庫	0.30	0.05	0.40	0.03	0.06	0.12	0.04	2.52
東北小豆	中国	0.53	0.07	0.77	0.05	0.10	0.20	0.07	4.20
天津小豆	中国	0.27	0.07	0.66	0.05	0.16	0.18	0.08	4.60
最低値		0.27	0.04	0.02	0.02	0.03	0.04	0.02	0.46
最高値		0.94	0.10	0.77	0.10	0.26	0.33	0.23	5.79
平均値		0.51	0.06	0.56	0.05	0.15	0.21	0.09	4.17

Table 4 Correlation coefficient among components of Azuki samples (n=22)

	平均重量	水分	タンパク質	脂質	ラムノース	グルコース	シュクロース	未同定 1	未同定 2	未同定 3	ラフィノース	スタキオース
平均重量	0.557 **	-0.146 -	-0.479 *	-0.519 *	0.302 -	-0.239 -	0.228 -	0.335 -	0.071 -	0.403 -	0.045 -	
水分		-0.480 *	-0.517 *	-0.836 **	-0.163 -	0.118 -	0.796 **	0.394 -	0.558 **	0.797 **	0.449 *	
タンパク質			0.346 -	0.302 -	0.109 -	-0.182 -	-0.395 -	-0.413 -	-0.325 -	-0.325 -	-0.210 -	
脂質				0.589 **	0.018 -	0.179 -	-0.549 **	-0.321 -	-0.264 -	-0.500 *	-0.023 -	
ラムノース					0.047 -	-0.012 -	-0.660 **	-0.268 -	-0.423 *	-0.716 **	-0.339 -	
グルコース						0.298 -	-0.068 -	0.365 -	0.246 -	0.130 -	0.217 -	
シュクロース							0.370 -	0.437 *	0.660 **	0.373 -	0.735 **	
未同定 1								0.609 **	0.805 **	0.890 **	0.666 **	
未同定 2									0.744 **	0.547 **	0.724 **	
未同定 3										0.686 **	0.862 **	
ラフィノース											0.587 **	
スタキオース												

有意水準: \*5%, \*\*10%

四糖類のスタキオースは、0.46～5.79%の範囲で、平均値は4.17%であった。低い値であった十育122号を除いては、他の遊離糖に比べて高含量であった。田主ら<sup>11)</sup>の測定値(2.80%)より高い値であった。大豆中のスタキオース含量は、3.31%<sup>22)</sup>と報告されており、小豆よりも低い値である。スタキオースは整腸効果を示す機能性プレバイオティクオリゴ糖として注目されている<sup>13,14)</sup>ことから小豆摂取による整腸効果のみでなく、ビフィズス菌増殖作用によるプロバイオティク効果(有用菌の増加、免疫賦活性作用、発ガン物質の吸着・除去、コレステロール低下作用、便秘予防など)が期待できる。

### (3) 小豆成分の相関関係

小豆成分間の関係を検討するため、成分含量間の相関係数をTable 4に示した。

小豆1粒の平均重量は、水分と正の相関を示し、大粒の小豆ほど水分が多い傾向にあることが示唆された。

水分は、ラムノースと負の相関を示し、未同定1、未同定3、ラフィノースと正の相関を示した。

タンパク質は、いずれの成分とも有意な相関は認められなかった。

脂質は、ラムノースと正の相関を示し、未同定1と負の相関を示した。

ラムノースは、水分、脂質の他、未同定1とラフィノースとに負の相関を示した。

グルコースはいずれの成分とも有意な相関は認められなかった。

シュクロースは、未同定3とスタキオースとに正の相関が認められた。

ラフィノースは、水分と未同定1、2、3とに正の相関が認められ、ラムノースと負の相関が認められた。

スタキオースは、シュクロースと未同定1、2、3との他、ラフィノースとに正の相関が認められた。平ら<sup>23)</sup>は、大豆の成分間の相関関係から、全糖量と遊離糖量、シュクロース含量、ラフィノース含量、スタキオース含量とに有意な相関があると報告しているが、小豆の場合にも同様の傾向が認められた。

ラフィノースおよびスタキオースは、シュクロースから下記のようにガラクトシル化されると考えられている<sup>24)</sup>

UDP-galactose+myoinositol→galactinol+UDP  
 Sucrose+galactinol→raffinose+myoinositol  
 Raffinose+galactinol→stachyose+myoinositol  
 Stachyose+galactinol→varbascose+myoinositol  
 得られた結果はその推定合成メカニズムを支持でき

るものとする。また、未同定成分はこれらのガラクトオリゴ糖生成に関する糖アルコール類であるものと推定される。

### 4. 要約

品種の異なる22種類の小豆について、一般成分およびガラクトオリゴ糖含量を測定し、品種間差異の有無について検討を行った。その結果、

- (1) 一般成分含量の範囲は、水分が9.25～16.00%、タンパク質が17.12～26.62%、脂質が1.29～2.25%を示した。
- (2) どの成分についても品種間差異は認められなかったが、水分と小豆1粒の平均重量は、正の相関を示し、大粒の小豆ほど水分が多い傾向にあることが示唆された。
- (3) ラムノースは検出されない品種があったが、グルコースはどの品種においてもわずかに含有することがわかった。
- (4) シュクロースとラフィノースはそれぞれ平均0.56%、0.09%含有し、大豆に比べて低い値であったが、スタキオースは平均4.17%と多量に含有していることが明らかになった。
- (5) ガラクトオリゴ糖(ラフィノース、スタキオース)はシュクロースや未同定の糖と正の相関が認められたことから、ガラクトオリゴ糖の合成メカニズムを支持できるものと考えられた。

### 5. 謝辞

本論文作成にあたり、統計処理法についてご指導頂きました本学安念保昌教授に心から感謝致します。

### 6. 参考文献

- 1) 戸荻義次, 菅六郎, 小豆及び 豆, 食用作物, (養賢堂, 東京) pp. 371-380 (1957).
- 2) 食品成分研究調査会, 五訂増補日本食品成分表, (医歯薬出版株式会社, 東京) (2005).
- 3) Kojima M., Ohnishi M., Ito S. and Fujino Y., Characterization of acylmono-, mono-, di-, tri- and tetraglycosylsterol and saponin in Adzuki Bean (*vigna angularis*) seeds. *Lipids*, **24**, 849-853 (1989).
- 4) 小嶋道之, 鈴木信行, 大西正男, 伊藤精亮, アズキ発芽過程におけるトコフェロール量及び抗酸化活性の変動, 日食工誌, **44**, 144-148 (1997).
- 5) Kojima, M., Shimizu, H. and Ohba, K.,

- Dietary fiber quantity and particle morphology of *an* (bean paste) prepared from starchy pulses. *J. Appl. Glycosci.*, **53**, 85-89 (2006).
- 6) Tshesche R. and Wulff. G., Über die antimikrobielle wirksamkeit von saponinen. *Z. Naturforsch.*, **20**, 543-546 (1965).
- 7) 大南宏治, 林輝明, 木村善行, 奥田拓道, 有地滋, 大豆サポニンの溶血作用および急性毒性についての研究, 基礎と臨床, **15**, 209-214 (1996).
- 8) 提坂 (三輪) 裕子, 植村照美, 鈴木裕子, 杉浦友美, 吉田益美, 山口和政, 久木浩平, 茶葉サポニンの抗菌作用及び抗炎症作用, 薬誌, **116**, 238-243 (1996).
- 9) 北川勲, 吉川雅之, 食品の中の生理活性物質-サポニンと脂質代謝, **21**, 238-232 (1983).
- 10) 小嶋道之, 山下慎司, 西繁典, 斎藤優介, 前田龍一郎, 小豆ポリフェノールの生体内抗酸化活性と肝臓保護作用, 日食工誌, **53**, 386-392 (2006).
- 11) 田主澄三, 笠井忠, 川村信一郎, 各種豆類の少糖類の含有量, **25**, 25-27 (1972).
- 12) Kuo, T. M., VanMiddlesworth, J. F. and Wolf, W. J., Content of raffinose oligosaccharides and sucrose in various plant seeds. *J. Agric. Food Chem.*, **36**, 32-36 (1988).
- 13) Hayakawa K., Mizutani J., Masa T. and Mitsuoka T., Effect of soybean oligosaccharides on human faecal flora. *Microbial Ecology in Health and Disease*, **3**, 293-303 (1990).
- 14) Tazawa K., Imsi K. and Tamura Z., Oligosaccharides and Polysaccharides specifically Utilizable by Bifidobacteria, *Chem. Pharm. Bull.*, **26**, 3306-3311 (1978).
- 15) 光岡知足, 腸内フローラと生活習慣病-食生活とのかかわり-, (学会出版センター, 東京) pp.13-35 (2001).
- 16) 日本食品工業学会食品分析法編集委員会, 食品分析法, (光琳, 東京) pp. 3-9 (1996).
- 17) 日本食品工業学会食品分析法編集委員会, 食品分析法, (光琳, 東京) pp. 94-105 (1996).
- 18) 日本食品工業学会食品分析法編集委員会, 食品分析法, (光琳, 東京) pp. 133-136 (1996).
- 19) 浅野三夫, 大久保一良, 山内文男, 大豆の温水浸漬によりオリゴ糖の浸出挙動, 日食工誌, **38**, 770-775 (1991).
- 20) 畑井朝子, あんに関する最近の研究動向, 調理科学, **20**, 294-301 (1987).
- 21) 平春枝, 田中弘美, 斎藤昌義, 原正紀, 市川信雄, 細谷恵理, 北海道産小豆の品質と品種・生産地間差異, 日食工誌, **36**, 812-826 (1989).
- 22) 平春枝, 田中弘美, 斎藤昌義, 国産大豆の全糖・遊離型全糖および遊離糖類の含量, 日食工誌, **36**, 968-980 (1989).
- 23) 平春枝, 田中弘美, 斎藤昌義, 大豆遊離型全糖含量を用いたオリゴ糖含量計算式の検討, 日食工誌, **38**, 144-152 (1991).
- 24) Eugenia M. C., Benito O. L., Pilar S. R. and Helen Z. L., Raffinose synthase and galactinol synthase in developing seeds and leaves of legumes, *J. Agric. Food Chem.*, **38**, 351-355 (1990).