黒大豆煮汁の糖代謝改善作用に関する研究

石原万里名・鍋野(帰山)由佳・木村友子・内藤通孝

(梶山女学園大学・大学院)

The effects of black soybean extract on the glucose metabolism

Marina Ishihara, Yuka Nabeno(Kaeriyama), Tomoko Kimura, Michitaka Naito

Sugiyama Jogakuen University, 17-3 Hoshigaoka-motomachi, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, 464-8662

〒464-8662 愛知県名古屋市千種区星が丘元町17番3号

The effects of black soybean extract on the glucose metabolism.

Objective : To investigate the effects of black soybean extract (SE) on the glucose metabolism.

Materials & Methods : The effects of SE on the activity of α -glucosidase were examined in vitro. The effects of the simultaneous SE ingestion on the 75 g oral sucrose and glucose tolerance tests and those of long-term (4 weeks) SE ingestion for young healthy women were then examined.

Results : SE inhibited the α -glucosidase activity in vitro. The simultaneous ingestion of SE ameliorated the rise in blood glucose levels induced by 75 g of sucrose and glucose during the tolerance tests. The long-term ingestion of SE improved the glucose metabolism, increased the serum biological antioxidant potential, and decreased the serum reactive oxygen metabolites.

Conclusion : In the present study, the ingestion of SE improved the glucose tolerance and increased the antioxidant status. The daily ingestion of SE will be useful for the prevention of glucose intolerance and diabetes mellitus.

緒言

糖尿病患者および、その予備軍が著しく増加する昨今、糖尿病の一次予防推進をはかるとともに、生活習慣や食習慣の改善によって、日頃から糖尿病の進行を抑制・改善することが求められている。このため、個々の食習慣の偏りを是正することが重要であり、伝統的な日本型食生活の見直しが求められている。日本で古くから食されてきた大豆に関する研究は数多く行われており、様々な作用が報告されている¹⁾。また、黒大豆の色素成分であるアントシアニンは抗酸化作用を有することが明らかにされており²⁾、脂質異常症や耐糖能障害の予防、過酸化脂質の増加抑制、肥満予防、さらには糖尿病発症の予防など、生活習慣病に対して有用な生理活性を有する可能性が示唆されている³⁾⁴⁾。大豆が注目を集め、様々な製品が生産される一方で、大豆の蒸煮過程で多量の煮汁が

生じており、この煮汁には機能性を示す成分が溶出しているとの報告があることから⁵⁾⁶⁾、その有用性が期待されている。

そこで、本研究では、in vitro および in vivo における煮汁の糖代謝改善作用を検討した。

材料・方法

1. 実験

(1) 黒大豆煮汁のスクラージ、マルターゼ活性に及ぼす影響

① 試料調製：黒大豆24gを5倍量の水に15時間浸漬した後、圧力鍋（内部温度約120℃）で5分間加熱し、調製した大豆煮汁を濾過して濾液を遠心分離（4,000g, 10分）した後、上清を凍結乾燥した。乾燥粉末100mgあたり、0.1M マレイン酸緩衝液（pH6.0）を1ml加えて試料とした。シアニジン-3-グルコシド（cyanidin-3-

Table 1 Composition of black soybean

		(edible part 100 g)		
		Black soybean (Whole grain)	Black soybean Extract	Black soybean seed coat
Calories	(kcal)	408	13	64
Protein	(g)	30.2	0.6	1.5
Fat	(g)	15.6	0.1	0.2
Carbohydrate	(g)	36.8	2.5	14.0
Sodium	(mg)	3	2	3
Sodium chloride equivalent	(mg)	7.6	5.1	7.6
Water	(g)	12.5	96.2	83.3
Ash	(g)	4.9	0.6	1
Sucrose	(g)	1.8	0.9	<0.1

glucoside ; C3G) (フナコシ株式会社) も煮汁と同様に調製した。

② **酵素液**：ラット腸管アセトン粉末 (Sigma-Aldrich Corporation) に 9 倍量の 0.1M マレイン酸緩衝液 (pH 6.0) を加え、水中にてガラス製ホモジナイザーで均質化した後、遠心分離 (6,600g, 10分, 4℃) し、上清を粗酵素液とした。スクラーゼ反応には粗酵素液を 4 倍希釈、マルターゼ反応には 40 倍希釈して用いた。

③ **酵素活性の測定**：マイクロプレートに試料 50 μ l, 等量のマレイン酸緩衝液および 4 倍希釈した酵素を添加し、37℃で 5 分間プレインキュベーションした。予め 37℃にインキュベーションした 2% スクロースあるいは 2% マルトース溶液 50 μ l を添加し、さらに 30 分間インキュベーションした。1.2M 炭酸ナトリウム 30 μ l を加えて反応停止後、グルコース CII テストワコー (和光純薬工業株式会社) を用いて上清中のグルコース生成量を測定した。対照には試料の代わりに緩衝液を加え、ブランクには失活酵素を用いた。阻害率は、反応に用いた基質のスクロースあるいはマルトースが完全に分解された場合に生成されるグルコース量を 100% とし、それに対して各試料添加、無添加の反応から生成されたグルコース量を % で示し、次式によって算出した。

阻害率 (%) = {(対照生成グルコース量 - サンプル添加時生成グルコース量) / 対照生成グルコース量} × 100

(2) 黒大豆煮汁の単回飲用試験

スクロース負荷試験

① **被験者**：健康若年女性 12 名 (年齢 21.4 ± 1.1 歳, 身長 157.6 ± 6.1 cm, 体重 49.5 ± 5.2 kg, BMI 19.9 ± 1.8 kg/m²) を対象とした。本研究の研究計画は、学内倫理委員会規則に従い、あらかじめ倫理委員会の審査・承認を得た。また、被験者には試験の趣旨、試験方法について事前に説明を行い、文書による同意を得た上で本研究を実

施した。

② **負荷試料**：負荷試料には、スクロース (和光純薬工業株式会社) および黒大豆煮汁を使用した。組成を Table 1 に示した。スクロース 75g を水 225ml で溶解したもの (対照群) または、スクロース 74.82g (Table 1 より、煮汁中には 0.18g/20ml のスクロースが含まれているため、スクロース含有量を調整した) を水 205ml で溶解し、黒大豆煮汁 20ml 加えたもの (soybean extract 群 : SE 群) を経口負荷した。

③ **試験方法**：被験者は、負荷前 12 時間以上絶食とし、飲水のみを可とし、運動は制限した。糖負荷前 (0 分) および、負荷 30, 60, 120, 180 分後に穿刺器を用いて指先から採血した。

④ **測定項目**：全血グルコースは、アキュチェックコンパクト (ロシュ・ダイアグノスティックス株式会社) を用い、比色法にて測定した。

グルコース負荷試験

① **被験者**：健康若年女性 12 名 (年齢 21.8 ± 0.4 歳, 身長 157.5 ± 3.8 cm, 体重 48.7 ± 5.8 kg, BMI 19.6 ± 2.3 kg/m²) を対象とした。本研究の研究計画は学内倫理委員会規則に従い、あらかじめ倫理委員会の審査・承認を得た。また、被験者には試験の趣旨、試験方法について事前に説明を行い、文書による同意を得た上で本研究を実施した。

② **負荷試料**：負荷試料としては、スクロース、黒大豆煮汁および、グルコースが 75g 溶解されているトレーラン G75 (味の素ファルマ株式会社) を使用した。負荷量は、煮汁と同等量のスクロース 0.18g + 水 20ml (対照群)、煮汁 20ml (SE 群) あるいは、種皮 2.5g + スクロース 0.18g + 水 20ml (soybean seed coat 群 : SSC 群) を計量し、トレーラン G75 で溶解したものを経口負荷した。

③ **試験方法**：被験者は、負荷前 12 時間以上絶食とし、

飲水のみを可とし、運動は制限した。糖負荷前 (0分) および、負荷30, 60, 120, 180分後に肘静脈から採血した。血液は室温に30分放置後、4℃, 4,000gにて15分遠心分離し、得られた血清を-80℃にて保存した。

④ 測定項目：全血グルコース、血清グルコース、インスリン (immunoreactive insulin ; IRI) およびトリグリセリド (triglyceride ; TG) を測定した。また、糖・脂質代謝異常の確認をするため、試験開始前のみヘモグロビンA_{1c} (hemoglobin A_{1c}; HbA_{1c})、総コレステロール (total cholesterol ; TC) を測定した。全血グルコースは、アキュチェックコンパクトを用い、比色法にて測定した。血清グルコースはグルコースCⅡ-テストワコー (和光純薬工業株式会社) を用い、ムタローゼ・GOD法にて測定した。IRIは、YK060 Insulin ELISA Kit (矢内原研究所) を用い、ELISA法にて測定した。TGは、トリグリセリドEテストワコー (和光純薬工業株式会社) を用い、GPO・DAOS法にて測定した。HbA_{1c}は、ノルディア HbA_{1c} (第一化学薬品株式会社) を用いてラテックス凝集比濁法にて測定した。TCは、コレステロールEテストワコー (和光純薬工業株式会社) を用いて酵素法にて測定した。曲線下面積 (Δ area under the curve ; Δ AUC) 算出は、負荷前値をベースラインとし、時間ごとの面積の和とした。負荷前値より低い値は負の面積とし、総面積から差し引いた。

(3) 黒大豆煮汁のヒト長期飲用試験

① 対象者 インフォームド・コンセントを得た健康若年女性12名を対象とし、クロスオーバー法を用いて、基礎体温から生理周期を考慮して低体温期に試験を開始した。対象者の中には、薬物やサプリメントを服用している者はいなかった。

② 負荷試料 負荷試料には、水および黒大豆煮汁を使用した。負荷量は、水60ml/日 (対照群)、黒大豆煮汁60ml/日 (SE群) とした。

③ 試験方法 試験期間は4週間とし、食事および運動の制限は行わなかった。採血前12時間以上絶食とし、飲水のみを可とした。身体計測および採血は、負荷前 (0週) および、負荷2, 4週後に行い、採血は肘静脈から行った。血液は室温に30分放置後、4℃, 4,000gにて15分遠心分離し、得られた血清を-80℃にて保存した。

④ 測定項目

ア) 身体計測：測定項目は、体重、BMI、骨格筋量、体脂肪量、体脂肪率、内臓脂肪断面積、ウェストヒップ比を、InBody720 (株式会社バイオスペース) を用いてインピーダンス法にて測定した。

イ) 生化学検査：測定項目は、グルコース、IRI、グリコアルブミン、フルクトサミン、TC、HDL-コレステロール (high density lipoprotein-cholesterol ; HDL-C)、LDL-コレステロール (low density lipoprotein-cholesterol ; LDL-C)、TG、遊離脂肪酸 (free fatty acid ; FFA)、活性酸素代謝物 (derivatives of reactive oxygen

metabolites ; d-ROMs)、生物学的抗酸化能 (biological antioxidant potential test ; BAP) とした。また、腎・肝機能に異常がないことを確認するため、負荷前と負荷4週目にクレアチニン、尿素窒素 (urea nitrogen ; UN)、AST、ALT を測定した。

グルコース、IRI、TG、TCはグルコース負荷試験と同様の測定方法で行った。グリコアルブミンは、ルシカGA (旭化成ファーマ株式会社) を用い、酵素法にて測定した。フルクトサミンは、Fructosamine Reagent (フナコシ株式会社) を用い、比色法にて測定した。HDL-Cは、HDL-コレステロールE-テストワコー (和光純薬工業株式会社) を用い、リンタンングステン酸・マグネシウム塩沈殿法にて測定した。LDL-Cは、Friedewaldの計算式によって求めた。FFAは、NEFA C-テストワコー (和光純薬工業株式会社) を用い、ACS・ACOD法にて測定した。クレアチニンは、クレアチニン-テストワコー (和光純薬工業株式会社) を用い、Jaffe法にて測定した。UNは、尿素窒素B-テストワコー (和光純薬工業株式会社) を用い、ウレアーゼ・インドフェノール法にて測定した。AST、ALTは、トランスアミナーゼCⅡ-テストワコー (和光純薬工業株式会社) を用い、POP・TOOS法にて測定した。d-ROMsは、d-ROMs Test kit (Wismerll Co.) を用いて比色法にて測定した。BAPは、BAP Test kit (Wismerll Co.) を用いて比色法にて測定した。

2. 統計解析

値は全て平均±標準偏差で表した。統計解析にはStatView 5.0を用い、2群間の比較はunpaired t-testを行った。試験期間中の経時的変化の比較には、repeated measure one-way ANOVAを行った後、危険率が5%未満の場合にはFisher's PLSDのpost hoc testにより有意差を明らかにした。

結果・考察

1. α -グルコシダーゼ阻害活性

黒大豆煮汁には阻害活性が認められたが、白大豆煮汁には認められなかった (Fig. 1, 2)。したがって、黒大豆煮汁の阻害活性は、黒大豆に特徴的な色素成分であるC3Gに起因すると推察された。しかし、黒大豆煮汁の阻害活性は、C3Gの含有量から推定されるよりも強かった。ゲニステインやプロアントシアニジンに阻害活性があるとの報告⁷⁾⁸⁾から、これらの物質がC3Gと相加または相乗効果を示した可能性が考えられる。

2. 黒大豆煮汁の単回飲用試験

スクロース負荷試験

SE群は対照群と比べて負荷30, 60分後の血糖および血糖 Δ AUCが低値を示した (Fig. 3, 4)。この効果は煮汁によるスクロースの分解抑制に基づく糖質の軽度な吸収遅延による可能性が示唆された。

グルコース負荷試験

SE 群は対照群，種皮群と比べて負荷30，60分後の血糖が有意に低値を示した (Fig. 5)。IRI Δ AUC は3群間に差は認められなかったが (結果は示さず)，血糖 Δ AUC については，SE 群は対照群，SSE 群と比べて低値を示した (Fig. 6)。糖吸収抑制作用を有する配糖体サポニンが小腸でのグルコースの輸送を阻害することによって，糖吸収を抑制すると報告されている⁹⁾¹⁰⁾。煮汁もサポニンを含有していることから，本研究でのグルコースの吸収遅延作用の一部はサポニンに起因すると推察される。水溶性食物繊維は腸内の水分を取り込んでゲル化することにより，溶質の拡散速度を遅延させると言われており，グルコースの小腸内壁への到達速度を遅延させ，結果的に吸収量を減少させると報告されている¹¹⁾¹²⁾。したがって，煮汁へ溶出した水溶性食物繊維がグルコースの吸収を阻害した可能性が示唆され，これらの成分によって黒大豆煮汁はグルコースの吸収遅延作用を示すと考えられた。

3. 黒大豆煮汁の長期摂取の有用性

試験期間中，対照群は全測定項目で著明な変動は認められなかった (Table 2)。SE 群 (Table 3) では，体重，BMI，グリコアルブミンおよび d-ROMs は摂取 2，4 週後で前値と比べて有意に低下した。HDL-C は，2，4 週後で前値と比べて有意に上昇した。BAP は，4 週後では摂取前および 2 週後と比べて有意に上昇した。過去 1～2 週間の血糖状態の平均を反映するグリコアルブミンの低下や，二糖類分解阻害作用およびグルコースの吸収阻害作用を示した結果より，黒大豆煮汁の長期摂取は血糖に対する効果を示す可能性が推測された。食事要因が今回の結果に影響を与えた可能性も考えられるが，4 週間の食事習慣の調査では，摂食要因の変化は見られなかった。また，大豆タンパク質は HDL-C を上昇させるとの報告がなされていることから¹²⁾，被験者の HDL-C の上昇は，煮汁に溶出した大豆タンパク質の非消化性ペプチドに起因する可能性が考えられた。さらに C3G は抗酸化作用を持ち，活性酸素種の強い消去能を有することが報告されている¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾。したがって，本研究での d-ROMs の減少および BAP の上昇は種皮成分に起因すると推察された。酸化ストレスは生活習慣病の発症に関連しており，黒大豆煮汁摂取による酸化ストレスの有意な低下は，糖尿病および関連する生活習慣病の予防に有用な影響を与えることが示唆された。

要 約

黒大豆煮汁の日常摂取における有用性を明らかにするために，in vitro および in vivo における黒大豆煮汁の糖代謝に対する作用を検討した。

黒大豆煮汁の糖類分解酵素活性を in vitro で測定した。さらに，健康若年女性を対象に，スクロースおよびグルコース負荷試験における黒大豆煮汁同時摂取の効果を検討するとともに，黒大豆煮汁の長期 (4 週間) 摂取試験

Fig. 1 Dose response curves of inhibitory effects of black and white soybean extracts and C3G on the activity of sucrase

Sucrase inhibition was defined as follows : Inhibition (%) = $\{(\text{control formation of glucose} - \text{formation of glucose with sample addition}) / \text{control formation of glucose}\} \times 100$. ● ; black soybean extract, ○ ; white soybean extract, ■ ; C3G. IC₅₀ is shown as arrows.

Fig. 2 Dose response curves of inhibitory effects of black and white soybean extracts and C3G on the activity of maltase

Maltase inhibition was defined as follows : Inhibition % = $\{(\text{control formation of glucose} - \text{formation of glucose with sample addition}) / \text{control formation of glucose}\} \times 100$. ● ; black soybean extract, ○ ; white soybean extract, ■ ; C3G. IC₅₀ is shown as arrows.

Fig. 3 Blood glucose in oral sucrose tolerance test

After being fasted for 12 h, 12 subjects took sucrose alone (Control) or sucrose with black soybean extract (SE). Blood glucose was measured before (0) and 30, 60, 120, and 180 min after ingestion. ○ : Control, ● : SE. Values are expressed as mean $\pm$ SD.

Fig. 4 Δ AUC-blood glucose in oral sucrose tolerance test

Area under the curve (Δ AUC) for serial measurements of blood glucose at baseline and after the sucrose alone (Control) or sucrose with black soybean extract (SE) was calculated using the trapezoid rule. □ : Control, ■ : SE.

Fig. 5 Serum glucose in oral glucose tolerance test

After being fasted for 12 h, 10 subjects took glucose alone (Control), glucose with black soybean extract (SE) or black soybean seed coat (SSC). Serum glucose was measured before (0) and 30, 60, 120, and 180 min after ingestion. ○ : Control, ● : SE, ■ : SSC. Values are expressed as mean $\pm$ SD. The different alphabet shows significant difference among the groups ($p < 0.05$).

Fig. 6 Δ AUC-serum glucose in oral glucose tolerance test

Area under the curve (Δ AUC) for serial measurements of serum glucose at baseline and after ingestion of glucose alone (Control), glucose with black soybean extract (SE) or black soybean seed coat (SSC) was calculated using the trapezoid rule. □ : Control, ▨ : SE, ■ : SSC. Values are expressed as mean $\pm$ SD.

Table 2 Effects of long-term ingestion of control regimen on blood chemistry

		(n=12)		
Time (weeks)		0	2	4
Weight	(kg)	49.3±5.2	49.1±5.2	49.3±5.3
BMI	(kg/m ²)	19.9±1.8	19.8±1.8	19.9±1.8
SMI	(kg)	18.9±2.3	19.0±2.4	18.9±2.3
BFM	(kg)	13.8±3.4	13.6±3.3	13.9±3.3
PBF	(%)	27.9±5.2	27.6±5.2	28.0±5.0
VFA	(cm ²)	30.1±18.3	30.5±17.7	31.1±19.7
W/H		0.758±0.037	0.758±0.037	0.762±0.040
IRI	(μ IU/ml)	7.9±2.8	7.0±2.0	7.4±3.3
Glucose	(mg/dl)	81.8±5.0	80.2±7.0	79.2±5.1
Glycoalbumin	(%)	14.8±1.0	14.8±0.9	14.8±1.0
Fructosamine	(μ mol/l)	274±13	274±14	277±19
TC	(mg/dl)	182±33	178±29	183±32
HDL-C	(mg/dl)	74±10	72±10	75±12
LDL-C	(mg/dl)	99±31	95±28	98±29
TG	(mg/dl)	53±23	58±31	56±34
FFA	(mEq/l)	0.51±0.19	0.42±0.19	0.39±0.15
d-ROMs	(U.Carr)	302±57	282±38	301±42
BAP	(μ mol/l)	2614±213	2552±230	2582±169
Creatinine	(mg/dl)	0.7±0.2		0.8±0.1
UN	(mg/dl)	12±3		11±2
AST	(IU/l)	18±4		18±4
ALT	(IU/l)	11±5 ^a		13±5 ^b

Values are expressed as mean±SD.

The different alphabet shows significant difference ($p<0.05$).

BMI : body mass index, SMI : skeletal muscle index, BFM : body fat mass, PBF : percent body fat, VFA : visceral fat area, W/H : waist-hip ratio

IRI : immunoreactive insulin, TC : total cholesterol, LDL-C : low density lipoprotein-cholesterol, HDL-C : high density lipoprotein-cholesterol, TG : triglyceride, FFA : free fatty acid, UN : urea nitrogen, AST : aspartate aminotransferase, ALT : alanine aminotransferase

Table 3 Effects of long-term ingestion of black soybean extract on blood chemistry

		(n=12)		
Time (weeks)		0	2	4
Weight	(kg)	49.6±5.0 ^a	49.2±5.3 ^b	49.1±5.3 ^b
BMI	(kg/m ²)	20.0±1.8 ^a	19.8±1.9 ^b	19.8±1.9 ^b
SMI	(kg)	19.0±2.3	18.9±2.2	18.8±2.3
BFM	(kg)	13.9±3.3	13.9±3.3	13.9±3.4
PBF	(%)	27.9±5.0	28.0±4.8	28.1±5.0
VFA	(cm ²)	29.6±17.3	31.2±17.7	32.6±16.5
W/H		0.760±0.039	0.762±0.040	0.762±0.037
IRI	(μ IU/ml)	7.0±2.7	7.7±2.7	7.2±3.2
Glucose	(mg/dl)	80.6±7.1	81.1±4.3	81.0±6.5
Glycoalbumin	(%)	15.0±1.0 ^a	14.8±0.9 ^b	14.7±0.9 ^b
Fructosamine	(μ mol/l)	273±15	269±13	277±16
TC	(mg/dl)	167±27	174±29	175±41
HDL-C	(mg/dl)	67±11 ^a	71±8 ^b	71±8 ^b
LDL-C	(mg/dl)	88±28	90±30	93±41
TG	(mg/dl)	53±27	58±27	56±24
FFA	(mEq/l)	0.42±0.15	0.42±0.22	0.49±0.23
d-ROMs	(U.Carr)	327±74 ^a	288±43 ^b	287±40 ^b
BAP	(μ mol/l)	2592±260 ^a	2535±168 ^b	2731±204 ^b
Creatinine	(mg/dl)	0.7±0.1		0.8±0.1
UN	(mg/dl)	11±2		11±3
AST	(IU/l)	18±3		17±4
ALT	(IU/l)	12±3		11±3

Values are expressed as mean±SD.

The different alphabet shows significant difference ($p<0.05$).

BMI : body mass index, SMI : skeletal muscle index, BFM : body fat mass, PBF : percent body fat, VFA : visceral fat area, W/H : waist-hip ratio

IRI : immunoreactive insulin, TC : total cholesterol, LDL-C : low density lipoprotein-cholesterol, HDL-C : high density lipoprotein-cholesterol, TG : triglyceride, FFA : free fatty acid, UN : urea nitrogen, AST : aspartate aminotransferase, ALT : alanine aminotransferase

を行った。

その結果、黒大豆煮汁は *in vitro* において α -グルコシダーゼ阻害活性を有することが明らかになった。また、スクロースおよびグルコース負荷試験における黒大豆煮汁の同時摂取は、血糖上昇を抑制した。さらに、黒大豆煮汁の長期摂取は、血糖コントロール改善、抗酸化能上昇、活性酸素代謝物低下の作用を示した。

以上の結果から、黒大豆煮汁の摂取は糖代謝改善および抗酸化作用を有し、耐糖能障害および糖尿病の予防に有用であることが示唆された。

参考文献

- 1) Tsai AC, Vinik AI, Lasichak A, Lo GS : Effects of soy polysaccharide on postprandial plasma glucose, insulin, glucagon, pancreatic polypeptide, somatostatin, and triglyceride in obese diabetic patients. *Am J Clin Nutr.* 45, 596-601 (1987)
- 2) Takahata Y, Ohnishi-Kameyama M, Furuta S, Takahashi M, Suda I : Highly polymerized procyanidin in brown soybean seed coat. *J Agric Food Chem*, 49, 5843-5847 (2001)
- 3) 亀井千晃 : 黒豆茶による肥満抑制効果について. *New Food Industry*, 46, 16-29 (2004)
- 4) Kaneto H, Kajimoto Y, Miyagawa J, Matsuoka T, Fujitani Y, Umayahara Y, Hanafusa T, Matsuzawa Y, Yamasaki Y, Hori M : Beneficial effects of antioxidants in diabetes : possible protection of pancreatic β -cells against glucose toxicity. *Diabetes*, 48, 2398-2406 (1999)
- 5) 古田正範 : 食品関連未利用資源の素材化に関する調査研究 福岡県工業技術センター研究報告, 14, 39-42 (2004)
- 6) 米安実 : 黒大豆の有効利用を考える. 広島文教食物栄養研究会誌, 23, 36-37 (2006)
- 7) Adisakwattana S, Ngamrojanavanich N, Kalampakorn K, Tiravanit W, Roengsumran S, Yibchok-Anun S : Inhibitory activity of cyanidin-3-rutinoside on α -glucosidase. *J Enzyme Inhib Med Chem*, 19, 313-316 (2004)
- 8) Lee DS, Lee SH : Genistein, a soy isoflavone, is a potent α -glucosidase inhibitor. *FEBS Lett*, 501, 84-86 (2001)
- 9) Yoshikawa M, Shimada H, Morikawa T, Yoshizumi S, Matsumura N, Murakami T, Matsuda H, Hori K, Yamahara J : Medicinal foodstuffs. VII. On the saponin constituents with glucose and alcohol absorption-inhibitory activity from a food garnish "Tonburi", the fruit of Japanese *Kochia acoparia* (L.) Scharad. *Chem Pharm Bull*, 45, 1300-1305 (1997)
- 10) Sidhu S : Effects of soy saponins and tigenin cellobioside on intestinal uptake of cholesterol, cholate and glucose. *Nutr Rep Int*, 35, 615-623 (1987)
- 11) Ou S : In vitro study of possible role of dietary fiber in lowering postprandial serum glucose. *J Agric Food Chem*, 49, 1026-1029 (2001)
- 12) Innami S, Ishida H, Nakamura K, Kondo M, Tabata K, Koguchi T, Shimizu J, Furusho T : Jew's mallow leaves (*Corchorus olitorius*) suppress elevation of postprandial blood glucose levels in rats and humans. *Int J Vitam Nutr Res*, 75, 39-46 (2005)
- 13) 山下撰 : 黒豆種皮エキスを摂取した ALS 系マウスのアロキサン誘発糖尿病および生体に与える効果. *New Food Industry*, 46, 34-42 (2004)
- 14) Maeda H, Katsuki T, Akaike T, Yasutake R : High correlation between lipid peroxide radical and tumor-promoter effect : suppression of tumor promotion in the Epstein-Barr virus/B-lymphocyte system and scavenging of alkyl peroxide radicals by various vegetable extracts. *Jpn J Cancer Res*, 83, 923-928 (1992)
- 15) Yoshiki Y, Okubo K, Igarashi K : Chemiluminescence of anthocyanins in the presence of acetaldehyde and tert-butyl hydroperoxide. *J Biolumin Chemilumin*, 10, 335-338 (1995)
- 16) Takahata Y, Ohnishi-Kameyama M, Furuta S, Takahashi M, Suda I : Highly polymerized procyanidins in brown soybean seed coat with a high radical-scavenging activity. *J Agric Food Chem*, 49, 5843-5847 (2001)