

大豆の水浸漬による遊離アミノ酸の変動

水野 時子, 島田 信二*, 丹治 克男**, 山田 幸二

(郡山女子大学短期大学部, * 東北農業研究センター, ** 福島県農業試験場)

原稿受付平成 14 年 3 月 27 日; 原稿受理平成 14 年 10 月 8 日

Change in the Free Amino Acid Composition of Soybeans by Soaking in Water

Tokiko MIZUNO, Shinji SHIMADA,* Katsuo TANJI** and Koji YAMADA

Koriyama Women's Junior College, Koriyama 963-8503

** National Agricultural Research Center for Tohoku Region, Nishisenboku, Akita 019-2112*

*** Fukushima Prefecture Agricultural Experiment Station, Koriyama 963-8041*

The change in the free amino acid composition of nine varieties of soybeans was investigated after soaking in water at 20°C and 40°C for 1 h. After soaking, the water was removed and the beans left to stand in a covered pot for 4 h at a controlled temperature of 20°C before being analyzed. The total amount of free amino acid in the soybeans was in the range of 222.8-653.4 mg/100 g on a dry matter basis. The major amino acids were arginine, glutamic acid, aspartic acid, and alanine, with arginine constituting 27.0-57.1% of the total free amino acids. After the cool water (20°C) soaking, the total amount of free amino acid in the soybeans was determined to be in the range of 506.7-1,435.9 mg/100 g, which is doubly the figure before soaking. The increases in arginine, glutamin acid, and γ -aminobutyric acid (GABA) were particularly marked. The total amount of free amino acids in beans soaked in warm water was 565.6-1,523.6 mg/100 g on a dry matter basis, which is similar to the figures for beans soaked in cool water. GABA was significantly increased, its content rising from 4.4-12.6 mg/100 g to 132.8-218.9 mg/100 g on a dry matter basis.

(Received March 27, 2002; Accepted in revised form October 8, 2002)

Keywords: soybean 大豆, soaking in water 水浸漬, free amino acid 遊離アミノ酸, γ -aminobutyric acid (GABA) γ -アミノ酪酸.

1. 緒 言

大豆は、穀類タンパク質の制限アミノ酸であるリジンの多いタンパク質やオレイン酸, リノール酸, α -リノレン酸などの不飽和脂肪酸の多い脂肪を含み栄養価の高い食品である。また、大豆タンパク質の血漿コレステロール濃度の上昇抑制¹⁾, 抗酸化²⁾, 血圧上昇抑制³⁾, 大豆イソフラボンのガン⁴⁾や骨粗鬆症⁵⁾⁶⁾などの予防に効果のあることが知られ、大豆の機能性についての関心が高まっている。

成熟乾燥大豆は、強固な種皮に被われており組織が硬い。したがって、大豆の調理加工の前処理として吸水軟化の操作を行う事例が多い。大豆の吸水率⁷⁾や煮熟軟化⁸⁾などについての検討は多くなされている。大豆の吸水軟化によるタンパク質、糖や酵素の変動につ

いての報告⁹⁾も見られる。しかし、遊離アミノ酸の変動についての検討はない。本研究は、大豆の調理加工前に行われる吸水軟化による成分、特に呈味成分の一つである遊離アミノ酸の変動を検討した。

2. 実験方法

(1) 実験材料

平成 12 年度産の大豆で福島県農業試験場の奨励品種決定調査等で得られた 7 品種 (青大豆の福島農試保存 4, 黒大豆の東北 133 号, 黄大豆のタチナガハ, スズタカ, コスズ, 東北 135 号, 東北 139 号) と市販品 2 品種 (青大豆の岩手ミドリ, 黒大豆の光黒) を用いた。東北 135 号は種子中のリポキシゲナーゼが欠失した大豆, 東北 139 号は種子中の 7S グロブリン貯蔵

タンパク質の Gly m Bd 28 K と Gly m Bd 60 K が欠失した高 11 S グロブリン含量で低アレルギーの大豆である。なお、実験に用いた大豆は平成 12 年 10 月に収穫し、室温に 1 カ月間保存し分析に供した。

(2) 大豆の水浸漬方法

大豆の水浸漬は、打ち豆の作り方¹⁰⁾に準じて行った。100 ml のビーカーに入れた水（水温 20℃）、および微温湯（水温 40℃）50 ml にそれぞれ大豆 10 g を加え、1 時間浸漬した後、直ちに水切りし、4 時間濡れ布巾で覆い室温（20℃）に放置し分析に供した。

大豆と水浸漬した大豆は、柴田工業（株）製 PERSONAL MILL SCM-40 A を用い粉碎し、分析まで密閉容器に入れ冷凍保存した。

(3) 分析方法

水分は常圧 105℃常圧乾燥法、タンパク質はケルダール法によって測定した窒素に 5.71 を乗じて算出、脂肪はソックスレー抽出法、灰分は 550℃灰化法、炭水化物は差し引き法で測定した。脂肪中の脂肪酸組成は、Folch 法¹²⁾によって抽出した脂質を 5% 塩酸メタノールでメチル化し日立製 G-3500 型ガスクロマトグラフィーで分析した。なお、分析はキャピラリーカラム（CP-sill 88, for FAME 50 m×0.25 mm）を用い、カラム温度 190℃、注入口温度 270℃、ディテクター温度 300℃の条件で行った。

遊離アミノ酸組成は、試料の 40 倍量の 1% ピクリン酸を加え、超高速万能ホモジナイザーを用いホモジナイズと脱タンパク質を行い、その上清を Dowex-2, X-8 のカラムを用い脱ピクリン酸を行い蒸発乾固し、pH 2.2 のクエン酸緩衝液で一定量とし分析に供した。アミノ酸の分析は日立 L-8500 形の高速度アミノ酸自動分析計を用い生体液分析法で行った。

3. 実験結果および考察

(1) 大豆の一般成分と脂質の脂肪酸組成

実験に用いた大豆の一般成分を分析した結果、大豆の水分は 10.8~12.1% で平均 11.7%、タンパク質は 32.9~36.0% で平均 34.4%、脂質は 14.0~17.0% で平均 15.5%、灰分は 4.6~5.2% で平均 5.0% であった。炭水化物は 31.2~35.5% で平均 33.5% であった。タンパク質や脂質の含量は、大豆の種類によって差が見られたが、これらの差は品種の違いによるか栽培条件の違いによるかは不明であり今後検討が必要である。また、試料数が少ないので問題もあるが、大豆の色調と一般成分との関連性はないと推察される。

本実験に用いた大豆脂質の脂肪酸は、*n*-6 系多価不飽和脂肪酸のリノール酸が 50.1~56.9%、*n*-9 系一価不飽和脂肪酸のオレイン酸が 20.2~30.1%、*n*-3 系多価不飽和脂肪酸の α -リノレン酸が 6.4~12.2% で、大豆の品種によって異なることが推察される。黒大豆の一種である光黒の脂質には α -リノレン酸が 12.2% 含まれており、*n*-6 系多価不飽和脂肪酸/*n*-3 系多価不飽和脂肪酸の比が 4.5 で、食事摂取基準の最適値¹³⁾である 4.0 に近い値であった。

(2) 大豆の遊離アミノ酸組成

大豆の遊離アミノ酸組成を Table 1 に乾物 100 g 当たりで示した。大豆の遊離アミノ酸総量は、222.8~653.4 mg/100 g で大豆の種類によって差が見られた。主なアミノ酸は、タンパク質系のアミノ酸であるアスパラギン酸、グルタミン酸、アラニン、アルギニンで、これらのアミノ酸量は遊離アミノ酸総量の 64.7~78.3% であった。特に、アルギニン含量が遊離アミノ酸総量の 27.0~57.1% で高値であった。また、大豆の品種による遊離アミノ酸総量の違いは、アルギニン含量の違いに起因した。

遊離アミノ酸総量やアルギニン含量は、黄大豆に比べ黒大豆で高値であったが青大豆では低値であった。これらの結果、試料数が少ないので問題点もあるが、大豆の色調の違いと遊離アミノ酸総量との関係も推察される。大豆の遊離アミノ酸を測定した報告は少ない¹⁴⁾が、榎らが打ち豆の煮汁や水抽出液にはアルギニン、アスパラギン、シスチン、 γ -アミノ酪酸などが高値であることを明らかにした¹⁵⁾。

本実験で大豆の遊離アミノ酸を分析したチャートの一部を Fig. 1 に示した。これらの結果、分析開始 43~45 分の間に通常シスチン区分が検出されたが、その近くに未知の大きなピークが検出された。このようなピークは 9 種全ての大豆で検出された。大豆抽出液とアミノ酸定量標準液（和光純薬）の混合液を分析したチャートの一部を Fig. 2 に示した。大豆抽出液の未知のピークは、バリンとシスチンの間で、シスチンより 30 秒前で検出され、未知のピークはシスチンのピークとは異なるアミノ酸のピークと推察される。今後詳細な検討が必要である。

(3) 水浸漬大豆の遊離アミノ酸組成

水（水温 20℃）浸漬大豆の遊離アミノ酸組成を乾物 100 g 当たりで Table 2、微温湯（水温 40℃）浸漬大豆の遊離アミノ酸組成を乾物 100 g 当たりで Table 3 に示した。大豆を 1 時間水浸漬後 4 時間放置した結

大豆の水浸漬による遊離アミノ酸の変動

Table 1. Free amino acid composition of soybeans (mg/100 g dry matter basis)

Variety	Hozon 4*	Iwatemidori	Tohoku 133	Hikariguro	Tachinagaha	Suzuyutaka	Kosuzu	Tohoku 135	Tohoku 139
Aspartic acid	39.8	31.9	66.3	56.3	53.4	37.9	54.0	41.2	50.7
Threonine	1.7	1.1	4.8	2.3	3.7	2.4	2.3	2.5	3.6
Serine	1.9	2.1	10.9	5.1	4.2	2.6	2.8	2.9	3.8
Glutamic acid	30.2	30.8	38.9	38.3	42.3	40.0	27.4	36.4	36.8
Glycine	8.8	13.7	12.1	17.5	7.7	13.0	9.8	14.4	15.0
Alanine	18.3	21.3	33.0	27.3	22.3	21.9	20.9	23.2	22.0
Valine	3.3	3.8	4.8	5.0	4.2	4.4	3.8	4.3	5.1
Methionine	2.7	3.9	4.5	3.9	4.3	3.1	3.6	2.9	4.6
Isoleucine	2.3	3.0	3.3	3.4	3.6	3.6	3.0	2.8	3.8
Leucine	2.2	3.0	3.6	4.4	4.0	4.5	3.5	3.4	4.0
Tyrosine	1.5	1.8	2.7	3.0	3.0	2.8	3.5	1.8	1.8
Phenylalanine	2.5	4.4	5.5	4.8	4.7	5.5	2.0	3.5	5.3
Lysine	5.5	6.9	6.8	8.9	6.6	7.9	4.7	9.5	8.7
Histidine	3.0	2.5	19.7	12.2	10.9	4.6	5.9	7.0	11.8
Arginine	106.4	60.2	373.0	214.9	210.5	146.5	110.4	154.5	230.2
Proline	Tr	Tr	Tr	4.1	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Taurine	Tr	2.4	Tr	3.7	3.8	Tr	Tr	Tr	2.2
Phosphoserine	11.9	7.6	18.7	14.8	8.1	12.7	11.6	12.4	7.8
α -Amino adipic acid	14.1	11.8	13.0	10.0	11.5	16.8	13.0	16.2	2.2
β -Alanine	1.7	3.5	13.8	5.4	4.7	6.3	6.1	5.8	4.0
γ -Aminobutyric acid	4.4	4.9	12.6	7.5	8.0	6.0	9.4	5.9	7.5
Ethanol amine	1.4	1.7	3.9	2.9	2.3	1.7	1.8	2.2	1.9
Ornithine	0.7	0.5	1.5	1.2	0.9	0.8	0.5	0.9	1.0
Total amino acids	264.2	222.8	653.4	456.9	424.7	345.0	300.0	353.7	433.8

* Blue soybean #4 preserved by Fukushima Prefecture Agricultural Experiment Station. Tr: trace.

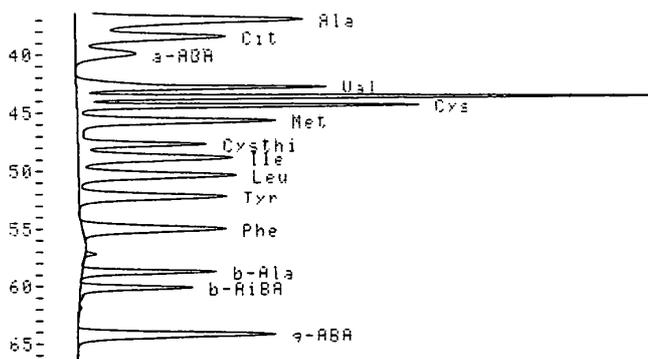


Fig. 1. Chromatogram of free amino acids in soybeans

果、遊離アミノ酸総量は 506.7~1,435.9 mg/100 g, 主なアミノ酸はグルタミン酸, グリシン, アラニン, アルギニン, γ -アミノ酪酸であった。大豆の水浸漬によって、実験に用いた9種の大豆全てで、アスパラギン酸が減少しグルタミン酸の増加が顕著であった。また、 γ -アミノ酪酸は 6.2~17.3 倍に増加した。大

豆の調理加工前の水浸漬処理によって、呈味成分の一つである遊離アミノ酸が増加し、大豆の呈味にも影響をもたらすことが推察される。

微温湯浸漬後4時間放置した大豆の遊離アミノ酸総量は、565.7~1,523.6 mg/100 g で、微温湯浸漬によって遊離アミノ酸総量は 2.1~2.9 倍となり、アスパラギン酸、グルタミン酸以外の全てのアミノ酸が増加した。特に γ -アミノ酪酸の増加は顕著で、黒大豆の光黒中に 218.9 mg/100 g, 黄大豆の東北 135 号は 205.2 mg/100 g で高値であった。

水浸漬や微温湯浸漬によって大豆中の遊離アミノ酸の増加は、推論の域を出ないが、大豆のプロテアーゼが活性化し、一部のタンパク質が分解した結果と推察される。また、大豆の水や微温湯の浸漬によって γ -アミノ酪酸が増加し、特に 40℃の微温湯浸漬によって顕著であった。 γ -アミノ酪酸は、グルタミン酸がグルタミン酸脱炭酸酵素により脱炭酸されることによって生成させることが知られている¹⁶⁾¹⁷⁾。したがって、

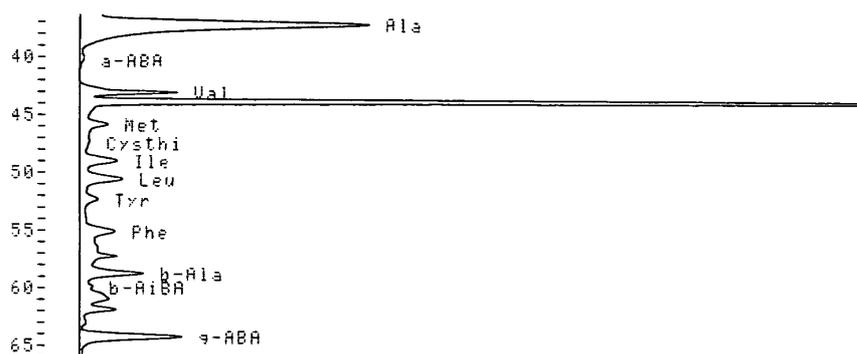


Fig. 2. Chromatogram of mixture of a standard amino acid solution (type B and type AN-II, Wako) and free amino acids in soybeans

Table 2. Free amino acid composition of soybeans soaked in water at 20°C (mg/100 g dry matter basis)

Variety	Hozon 4*	Iwatemidori	Tohoku 133	Hikariguro	Tachinagaha	Suzuyutaka	Kosuzu	Tohoku 135	Tohoku 139
Aspartic acid	23.0	8.9	56.5	9.9	31.8	18.9	26.0	5.9	41.8
Threonine	5.9	7.3	13.7	10.5	9.0	8.7	7.0	16.0	8.5
Serine	8.7	9.6	22.3	13.6	13.2	13.7	9.3	19.8	12.6
Glutamic acid	81.6	46.6	119.2	49.6	99.6	127.9	86.5	99.8	97.8
Glycine	27.9	21.6	30.9	27.6	29.6	21.9	28.2	26.1	29.0
Alanine	36.6	30.0	57.7	43.6	47.3	43.2	42.3	39.9	47.9
Valine	9.5	10.0	13.8	14.8	11.1	13.3	9.9	19.1	12.0
Methionine	7.6	3.5	13.1	14.3	10.3	8.8	12.7	15.9	12.5
Isoleucine	4.7	5.7	7.9	10.5	6.4	7.2	6.1	9.5	7.0
Leucine	6.4	8.1	11.0	14.3	8.0	9.8	8.2	15.6	9.9
Tyrosine	8.7	13.7	13.5	29.6	7.5	10.0	10.9	22.9	9.3
Phenylalanine	13.2	18.9	16.2	27.1	12.3	13.3	15.9	22.0	17.4
Lysine	14.7	21.8	24.3	28.2	17.2	19.8	16.4	36.1	20.4
Histidine	6.2	8.5	34.9	15.3	22.8	14.0	14.0	13.0	23.3
Arginine	208.4	138.3	824.6	396.4	410.5	217.7	250.2	242.2	428.2
Proline	8.8	8.1	11.6	14.5	4.8	8.0	4.0	12.2	8.9
Taurine	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Phosphoserine	19.5	14.8	27.2	16.5	19.6	20.9	14.4	11.1	15.0
α-Amino adipic acid	27.1	22.7	30.4	19.3	25.0	36.4	24.5	30.8	5.2
β-Alanine	5.7	9.5	16.6	13.6	11.5	14.6	7.6	10.5	10.3
γ-Aminobutyric acid	39.8	84.4	78.5	118.7	54.3	38.5	58.6	102.1	46.9
Ethanol amine	12.8	13.8	9.4	14.3	13.0	15.1	17.9	15.2	18.1
Ornithine	0.7	0.9	2.6	1.6	1.4	1.0	0.9	1.5	1.2
Total amino acids	577.5	506.7	1,435.9	903.8	866.2	682.7	671.5	787.2	883.2

* Blue soybean #4 preserved by Fukushima Prefecture Agricultural Experiment Station. Tr: trace.

本実験での水浸漬や微温湯浸漬によって大豆中のγ-アミノ酪酸の増加もグルタミン酸脱炭酸酵素の作用によると推察される。Saikusaら¹⁸⁾は、加水条件下で米粒中のグルタミン酸を大量、かつ急速にγ-アミノ酪酸へ変換されることを明らかにし、γ-アミノ酪酸生

成のための至適温度は30~50℃で、特に40℃で最もγ-アミノ酪酸の生成が大であることを明らかにした。本実験の結果、40℃の微温湯浸漬した大豆のγ-アミノ酪酸が大豆の12.4倍~34.8倍に増加した原因は、グルタミン酸からγ-アミノ酪酸へ転換のための適温

大豆の水浸漬による遊離アミノ酸の変動

Table 3. Free amino acid composition of soybeans soaked in water at 40°C (mg/100 g dry matter basis)

Variety	Hozon 4*	Iwatemidori	Tohoku 133	Hikariguro	Tachinagaha	Suzuyutaka	Kosuzu	Tohoku 135	Tohoku 139
Aspartic acid	4.9	2.2	21.6	9.0	4.0	3.1	8.6	6.9	5.4
Threonine	11.6	13.1	22.6	19.7	13.8	17.5	16.0	34.1	15.0
Serine	13.9	13.2	55.1	25.5	18.5	21.2	18.8	34.1	17.4
Glutamic acid	29.3	18.6	130.9	25.2	24.6	41.7	12.9	60.3	25.3
Glycine	22.3	20.6	36.8	31.2	25.5	19.2	21.8	28.7	19.8
Alanine	19.6	17.2	84.3	41.6	35.4	21.6	41.1	28.3	33.7
Valine	11.6	14.7	18.0	21.4	15.5	19.8	14.9	33.2	16.3
Methionine	5.0	20.3	20.5	18.3	23.4	21.5	8.3	23.2	15.6
Isoleucine	5.1	8.2	10.9	14.7	9.4	10.8	10.0	17.9	8.6
Leucine	7.4	10.6	14.0	21.0	10.9	14.5	13.8	27.0	11.0
Tyrosine	21.4	27.0	19.2	45.7	19.5	31.8	27.3	42.4	21.3
Phenylalanine	20.5	27.0	17.5	36.1	20.1	28.5	26.8	38.0	25.8
Lysine	22.2	26.7	28.5	41.4	27.0	36.0	30.6	57.1	29.6
Histidine	8.9	9.6	39.2	22.1	22.8	14.8	19.5	21.3	22.2
Arginine	210.2	128.2	726.0	432.5	411.9	219.8	230.1	255.5	402.5
Proline	9.0	11.4	12.4	20.5	9.8	15.1	12.8	26.1	10.8
Taurine	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Phosphoserine	19.0	13.2	28.8	10.4	17.0	20.9	21.9	35.8	45.5
α -Amino adipic acid	25.6	18.3	25.9	19.4	21.2	30.0	23.0	27.2	2.7
β -Alanine	7.5	10.4	42.3	13.1	15.8	16.2	13.5	14.3	9.7
γ -Aminobutyric acid	132.8	139.4	155.7	218.9	160.6	174.4	166.1	205.2	153.9
Ethanol amine	13.4	14.5	9.7	17.8	16.2	14.0	20.4	16.0	13.7
Ornithine	0.9	1.3	3.7	2.1	1.5	1.0	1.3	1.9	1.4
Total amino acids	622.1	565.7	1,523.6	1,107.6	924.4	793.4	759.5	1,034.5	907.2

* Blue soybean #4 preserved by Fukushima Prefecture Agricultural Experiment Station. Tr: trace.

であったことに起因すると推察される。

γ -アミノ酪酸は、血圧上昇抑制作用を有することが確認されている¹⁹⁾。また、 γ -アミノ酪酸蓄積脱脂コメ胚芽が抑うつ、イライラ、不定愁訴の自律神経障害の改善に高い効果を示す報告²⁰⁾、嫌気的条件下でインキュベートすることにより製造した γ -アミノ酪酸を蓄積させた日本茶投与によってラットの血圧を正常レベルに維持する報告²¹⁾、 γ -アミノ酪酸富化クロレラが血圧上昇を抑制する報告²²⁾などがある。

したがって、機能性の面から γ -アミノ酪酸を富化させる方法が検討され、茶を嫌気的に発酵させる方法²³⁾、大豆もやしを炭酸ガスで処理する方法²⁴⁾、玄米を高圧処理する方法²⁵⁾などが報告されている。

本実験の結果、大豆を水浸漬や微温湯浸漬によって、呈味成分である遊離アミノ酸が増加し、機能性を有する γ -アミノ酪酸を富化できることが示唆された。今後、大豆を調理した場合の遊離アミノ酸や γ -アミノ酪酸の動向を検討したい。

4. 要 約

大豆9品種（青大豆2，黒大豆2，黄大豆5）を用い、水（水温20℃）と微温湯（水温40℃）1時間浸漬した後、4時間室温（20℃）に放置し遊離アミノ酸の変動を調べた。

大豆の遊離アミノ酸総量は、222.8～653.4 mg/100 g（大豆乾物中）であった。主なアミノ酸はアルギニン、グルタミン酸、アスパラギン酸、アラニンで、特にアルギニンは遊離アミノ酸総量の27.0～57.1%であった。

水浸漬大豆の遊離アミノ酸総量は、506.7～1,435.9 mg/100 g（大豆乾物中）で、大豆の遊離アミノ酸総量に比べ約2倍に増加した。特に、アルギニン、グルタミン酸、 γ -アミノ酪酸が増加し、アスパラギン酸が減少した。

微温湯浸漬大豆の遊離アミノ酸総量は565.7～1,523.6 mg/100 g（大豆乾物中）で大豆の種類によって差が見られた。主なアミノ酸はアルギニンと γ -

ミノ酪酸であった。

以上の結果、大豆の水や微温湯の浸漬によって、呈味性物質である遊離アミノ酸が増加し、さらに機能性物質の一つである γ -アミノ酪酸が増加することが示唆された。

引用文献

- 1) Anderson, J. W., Johnstone, B. M., and Cook-Newell, M. E.: Meta-Analysis of the Effects of Soy Protein Intake on Serum Lipids, *N. Engl. J. Med.*, **333**, 276-282 (1995)
- 2) Bishov, S. J., and Henick, A. S.: Antioxidant Effect of Protein Hydrolyzates in a Freeze-Dried Model System, *J. Food Sci.*, **37**, 873-875 (1972)
- 3) 河村幸雄:大豆タンパク質のアンギオテンシン変換酵素阻害ペプチドと血圧効果作用, *食品工業*, **40** (12), 73-82 (1997)
- 4) Watanabe, S., and Koessel, S.: Colon Cancer: An Approach from Molecular Epidemiology, *J. Epidemiol.*, **3**(2), 47-61 (1993)
- 5) 石見佳子, 池上幸江: 卵巣摘出モデル動物における骨髓Bリンパ球の蓄積と骨量減少に対する大豆インフラボノイドの効果, *Osteoporosis*, **6**, 59-63 (1998)
- 6) Ishimi, Y., Miyaura, C., Ohmura, M., Onoe, Y., Sato, T., Uchiyama, Y., Ito, M., Wang, X., Suda, T., and Ikegami, S.: Selective Effects of Genistein, a Soybean Isoflavone, on β -Lymphopoiesis and Bone Loss Caused by Estrogen Deficiency, *Endocrinology*, **140**, 1893-1892 (1999)
- 7) 黒田正治郎, 真砂佳美, 大鹿淳子: 豆類の膨潤過程に及ぼす吸水の影響, *家政誌*, **44** (2), 97-101 (1993)
- 8) 中村泰彦, 田島真理子: 大豆の二段階浸漬処理による軟化における鉄(II)イオンの作用の特異性, *家政誌*, **43** (12), 1229-1233 (1992)
- 9) Wang, H. L., Swain, E. W., Hesseltine, C. W., and Heath, H. D.: Hydration of Whole Soybeans Affects Solids Losses and Cooking Quality, *J. Food Sci.*, **44**, 1510-1513 (1979)
- 10) 魚住 恵: 大豆の伝統的調理方法に関する研究(その3)一ゆで豆と打ち豆一, 岩手県立盛岡短大研究報告, **46**, 71-81 (1995)
- 11) 榎 和子: 打ち豆の調製法と物理・化学的諸性質, 滋賀女短大研究, **9**, 45-51 (1984)
- 12) Folch, J., Lees, M., and Sloane-Stanley, G. H.: A Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipides from Animal Tissues, *J. Biol. Chem.*, **226**, 487-509 (1957)
- 13) 健康・栄養情報研究会(編):『第六次改定 日本人の栄養所要量』, 第一出版, 東京, 53-57 (1999)
- 14) 松下アヤコ:大豆, 小豆, かぼちゃおよびきゅうりの成熟過程における遊離アミノ酸含有量の変化に関する研究, *栄養と食糧*, **17** (6), 76-81 (1965)
- 15) 榎 和子, 梶田武俊: 打ち豆の加熱時間と可溶性成分との関係, *奈良女大家政研究*, **30**, 66-69 (1983)
- 16) Streeter, J. G., and Thompson, J. F.: Anaerobic Accumulation of γ -Aminobutyric Acid and Alanine in Radish Leaves (*Raphanus sativus* L.), *Plant Physiol.*, **49**, 572-578 (1972)
- 17) Streeter, J. G., and Thompson, J. F.: *In Vivo* and *In Vitro* Studies on γ -Aminobutyric Acid Metabolism with the Radish Plant (*Raphanus sativus* L.), *Plant Physiol.*, **49**, 579-584 (1972)
- 18) Saikusa, T., Horino, T., and Mori, Y.: Distribution of Free Amino Acids in the Rice Kernel and Kernel Fractions and the Effect of Water Soaking on the Distribution, *J. Agric. Food Chem.*, **42**, 1122-1125 (1994)
- 19) Stanton, H. C.: Mode of Action of Gamma Amino Acid Butyric Acid on the Cardiovascular System, *Arch. Int. Pharmacodyn.*, **143**, 195-204 (1963)
- 20) 岡田忠司, 杉下朋子, 村上太郎, 村井弘道, 三枝貴代, 堀野俊郎, 小野田明彦, 梶本修身, 高橋 励, 高橋丈夫: γ -アミノ酪酸蓄積脱脂コメ胚芽の経口投与における更年期障害及び初老期精神障害に対する効果, *日食科工誌*, **47** (8), 596-603 (2000)
- 21) 大森正司, 矢野とし子, 岡本順子, 津志田藤二郎, 村井敏信, 樋口 満: 嫌気処理緑茶(ギャバロン茶)による高血圧自然発症ラットの血圧上昇抑制作用, *農化*, **61** (11), 1449-1451 (1987)
- 22) 中村寿雄, 松林恒夫, 浦池加寿子, 長谷川節, 安藤洋太郎, 大森正治: γ -アミノ酪酸(GABA)富化クロレラは高血圧自然発症ラット(SHR)の血圧上昇を抑制する, *農化*, **74** (8), 907-909 (2000)
- 23) 津志田藤次郎, 村井敏信, 大森正司, 岡本順子: γ -アミノ酪酸を蓄積させた茶の製造とその特徴, *農化*, **61**, 817-822 (1987)
- 24) 片桐充昭, 清水純夫: もやし(大豆, グリーングラム, ブラックグラム)の二酸化炭酸ガス処理による γ -アミノ酪酸含量変化, *日食工誌*, **36** (11), 916-919 (1989)
- 25) 杵淵美倭子, 関谷美由紀, 山崎 彬, 山元皓二: 高圧処理により γ -アミノ酪酸(GABA)を蓄積させた玄米の一般生菌数の変化と加工玄米の性質, *日食科工誌*, **46** (5), 329-333 (1999)