豆豉から分離した *Bacillus subtilis* KFP 843 株を スターターとする軟らかい納豆

高橋沙織[§], 勝股理恵, 吉澤久美, 八巻桃子, 大迫美由紀, 村上満利子,
毛利さやか, 佐藤みずき, 目黒寛子, 久保倉寛子*,
広瀬佳苗, 田中直義**, 渡辺杉夫***, 木内 幹

共立女子大学家政学部

* 現 共立女子短期大学生生活科学科

** 共立短期大学生生活科学科

*** 鈴与工業株式会社

Soft Natto Manufactured with Starter of *Bacillus subtilis* KFP 843 Isolated from Douchi

Saori Takahashi[§], Rie Katsumata, Kumi Yoshizawa, Momoko Yamaki, Miyuki Osako,
Mariko Murakami, Sayaka Mouri, Mizuki Sato, Hiroko Meguro, Hiroko Kubokura*,
Kanae Hirose, Tadayoshi Tanaka**, Sugio Watanabe*** and Kan Kiuchi

Faculty of Home Economics, Kyoritsu Womens' University,

2-2-1 Hitotsubashi, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8437

* Present address : Department of the Science of Living, Kyoritsu Womens' College,

2-2-1 Hitotsubashi, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8437

** Department of the Science of Living, Kyoritsu Womens' College,

2-2-1 Hitotsubashi, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8437

*** Suzuyo Kogyo Co., 29-9 Ooyamahigashicyo, Itabashi-ku, Tokyo 173-0014

We collected non-salted Douchi from Yunnan Province, China, and isolated the dominant bacteria for the production of Natto. We identified the most predominant bacteria as *Bacillus subtilis*, called it KFP 843. The toughness of Natto made by us with this strain was about 40% of commercial Natto. Formol nitrogen content and relative viscosity of Natto made by us with *B. subtilis* KFP 843 was about 30% and 50%, respectively, of those of the commercial Natto. Organoleptic assessment revealed that the stickiness of Natto made by us was weaker than commercial Natto, but that the former was softer. The appearance, clack of soybean and toughness were considered good. The softer Natto will be useful for individuals who experience difficulty swallowing or in mastication. (Received Jan. 28, 2005 ; Accepted Jul. 8, 2005)

わが国の高齢者人口は世界に類を見ないスピードで増加しているが、高齢者人口の増大にともない、加齢と共に咀嚼や嚥下の弱まった高齢者にも食べやすい食品の需要が高まっている。高齢者ばかりでなく乳幼児や歯の治療などで食事が不自由な一般の人のためにも開発が進められている。わが国の市販納豆は機械化が発達し、冷蔵設備が普及するにつれて以前よりも軟らかい糸引納豆が製造されるようになってきたが、まだ咀嚼や嚥下の弱い者のための納豆

は見あたらない。

東南アジアには多くの納豆類が存在しており、わが国の糸引納豆は中国豆豉の分類に従えば淡豆豉に属するものである¹⁾。中国豆豉は糸引納豆のように大豆を発酵させ、その後加塩し、また同時に唐辛子や生姜等を加えて作られる場合が多い。製品として糸を引くものは少なく、形状も乾燥させて煎餅状もの、調味ダレの様な物など作る人により様々で、わが国の納豆とは様子が異なっている。

我々は中国雲南省で豆豉を採集して、菌株を分離同定し納豆を製造した結果、その中に、わが国の市販納豆よりも軟らかく豆のつぶれやすい糸引納豆を製造しうる菌株を見いだしたので報告する。

〒101-8437 千代田区一ツ橋 2-2-1

* 〒101-8437 千代田区一ツ橋 2-2-1

** 〒101-8437 千代田区一ツ橋 2-2-1

*** 〒173-0014 板橋区大山東町 29-9

[§] 連絡先 (Corresponding author),

実 験 方 法

1. 供試菌株

中国雲南省で採集した豆豉から分離した, KFP 843 株を用いた. 純粋分離した菌株の菌学的性質は, *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology* Vol. 2²⁾ (*Bergey's Manual* と略する) に準拠して同定を行った.

2. 供試大豆

納豆用大豆には, 米国産大豆 Marble (極小粒, 粒径 4.5 mm 以上 5.7 mm 以下, 2001 年産) を使用した.

3. 培 地

生育用と保存用に NBP 培地 (NaCl 0.5%, Beef extract 1%, Phytone Peptone 1%) または NBP 寒天斜面培地を使用した⁴⁾.

4. 最適生育温度の測定

NBP 寒天斜面培地に菌を一白金耳接種し, 温度を調整した水槽を用いて培養し, 最適生育温度を測定した⁵⁾.

5. 納豆の製造

自動納豆製造装置 (鈴与工業 (株) 製, SY-No. 20) を用いて村松らの方法を参考にして行った⁸⁾. 製造中の酸素濃度の測定には, それぞれ (株) センス製ガルバニタイプの酸素電極を用いた⁵⁾.

6. 納豆の硬さの測定および成分分析

納豆の硬さ, ホルモール窒素, 相対粘度の測定と官能検査は納豆試験法に準拠した^{6)~9)}. 対照の納豆は, 極小粒大豆使用の A 社製の a ブランド品とし, 試験する度に購入して使用した (以下市販納豆とする).

硬さの測定には, 上皿天秤を用いた. 天秤に一粒ずつ乗せた納豆を指で押しつぶし, 押し終えた時の数値 (g) を読み取った. 測定に供した納豆は発酵終了後 5°C, 24 時間冷却し, 室温に 1 時間放置したものを用いた. 市販納豆も同様に室温に 1 時間放置した後測定した.

官能検査は, 菌の被り, 溶菌状態, 豆の色, 豆の割れ・つぶれ, 糸引き, 香り (納豆らしさ), 臭い (前項以外), 硬さ, 旨み, 豆の味, 渋み・苦み, 総合評価, 嗜好の 13 項目について市販納豆を段階 4 として, 7 段階評価 (1, 非常に悪い; 2, 悪い; 3, やや悪い; 4, 普通; 5, やや良い; 6, 良い; 7, 非常に良い) で行った. 統計処理は SPSS (社) のソフト¹⁰⁾ を使用し, Scheffé の検定を行った. パネラーは, 20 代の女性 11 人であった.

7. 納豆の揮発性成分の分析

田中らの方法に従ってガスクロマトグラフィーで分析した¹¹⁾¹²⁾.

実 験 結 果

1. 供試菌の分離

供試菌の分離源になった豆豉を Fig. 1 に示す. 雲南省瓦窑で採集したもので, 細長く切った生姜や粉碎した唐辛子

Fig. 1 Douchi collected at Wayao in China

を加えてあり, 豆豉の大豆は大粒で粒の形が保たれていた. 味は, 生姜の味が強く, ピリピリと辛いがまろやかであり, うま味が強かった. この試料から平板塗抹法によって細菌を 5 株分離したが, そのうちの一株が KFP 843 であった.

2. 菌株の同定

分離菌の同定の結果を Table 1 に示す. KFP 843 株の形態学的性質は, 直径 0.8 μ m の桿菌で, 内生孢子菌の中央部に 1 個有する細菌であったので, *Bacillus* 属に属する細菌であると同定した. さらに, 生理学的性質は, 7% 食塩を含む Nutrient broth に生育し, 孢子的耐熱性を有し, カタラーゼテスト陽性, 嫌気条件下での生育なし, V-P broth で培養後の pH は 6 と 7 の間にあり, D-グルコース, L-アラビノース, D-キシロース, D-マンニトール含有培地の酸産生, D-グルコースからのガス産生, カゼイン, ゼラチン, デンプンの加水分解は陽性, クエン酸資化性は陽性, チロシン分解は陰性, フェニルアラニンの脱アミノ反応は陰性, 卵黄テストは陰性, 硝酸塩の還元性は陽性, インドール反応は陰性, pH 6 または 8 の Nutrient broth での生育は陽性で, *Bergey's Manual* の記載と一致した. その他に, 10°C および 50°C での生育は *Bergey's Manual* では *d* (11-89% の株が陽性) となっているが, この性質は, 10°C では生育せず, 50°C では生育可能であった. 以上の結果, KFP 843 株の菌学的性質は, *Bergey's Manual* に記載された *Bacillus subtilis* に属する株であると同定した. そこで, KFP 843 株を *B. subtilis* KFP 843 と記すことにする.

3. 生育温度と納豆の製造

納豆の製造には初発温度を最適温度で発酵し, 発酵途中で温度を上げるのがよいことはすでに報告した⁵⁾. *B. subtilis* KFP 843 の最適生育温度は 43°C であった. そこで納豆製造温度プログラムを次のように設定した (Fig. 2). *B. subtilis* KFP 843 の最適生育温度 43°C を考慮し, 初期の 0-8 時間目は 43°C, 10-13 時間目は 48°C, 15-20 時間目は 43°C, その後 20 時間目から温度勾配を直線的に下げ, 24

Table 1 The characteristics of KFP 843

Characteristics	KFP 843	<i>Bacillus subtilis</i> *
Gram's stain	+	+
Spores heat-resistance test	+	+
Cell diameter	0.8	0.8
Spores round	—	—
Sporangium swollen	—	—
Catalase test	+	+
Anaerobic growth	—	—
Voges-Proskauer test	+	+
pH in V-P broth <6	—	d
>7	—	—
Acid from D-Glucose	+	+
L-Arabinose	+	+
D-Xylose	+	+
D-Mannitol	+	+
Gas from Glucose	—	—
Hydrolysis of Casein	+	+
Gelatin	+	+
Starch	+	+
Utilization of Citrate	+	+
Propionate	—	—
Degradation of tyrosine	—	—
Deamination of phenylalanine	—	—
Egg-yolk lecithinase	—	—
Nitrate reduced to nitrite	+	+
Formation of Indole	—	—
Dihydroxyacetone	—	ND
Growth at pH 6.8, nutrient broth	+	+
5.7, nutrient broth	+	+
Growth in NaCl 5%	+	+
7%	+	+
10%	+	ND
Growth at 5°C	—	—
10°C	—	d
30°C	+	+
37°C	+	+
40°C	+	+
50°C	+	d
55°C	+	—
65°C	—	—
Growth with lysozyme present	—	d

*The characteristics of *Bacillus subtilis* are those described in *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology* Vol. 2. Symbols are as follows: (—), 90% or more strains are negative; (+), 90% or more strains are positive; (d), 11–89% of strains are positive; (ND), No data available.

時間目で 5°C になるように設定した。湿度は村松らの方法を準拠して設定した⁴⁾。なお、最適生育温度での製造の他に、発酵温度を最適生育温度よりもそれぞれ 4°C 高く設定した場合についても納豆を製造し、両納豆の軟らかさを比較した。上記の製造温度プログラム全体を簡略に示すために、初発温度 43°C のプログラムを、プログラム 43 と称し、製造する納豆を、KFP 843 (43°C) 納豆、と表すことにする。同じく、上記の温度プログラムよりも常に 4°C 高い温度で製造するプログラムを、プログラム 47 と称し、製造する納豆を、KFP 843 (47°C) 納豆、と表すことにする。その際も湿度プログラムは村松らの方法に準拠して同一のプログラムを用いた。

Fig. 3 にプログラム 43、または 47 に設定したときの発酵中の室内と納豆容器内の酸素濃度の変化を示す。発酵中容器内の酸素濃度が減少することは納豆菌が呼吸して活発に発酵していることを示す。プログラム 43 では、発酵開始 6 時間目から酸素吸収が激しくなり、容器内の酸素濃度は 10 時間目に 5% 以下になり、20 時間目まで持続した。プログラム 47 では、6 時間目から酸素吸収が激しくなり、9 時間目から 19 時間目まで酸素濃度が 5% 以下に低下したが、それ以降は容器内の酸素濃度が 5% 以上に上昇した。

4. 納豆の硬さ

各温度プログラムで製造した製品を納豆試験法に準拠して極小粒大豆使用の市販納豆と比較した (Fig. 4)。市販納豆の硬さは、250 g を超えて 600 g 以下 (平均値 393±70.3 g) であった。それに対してプログラム 43 で製造した時は、硬さは 50 g を超えて 300 g 以下 (平均値 149±43.4 g) であった。プログラム 47 では 100 g を超えて 450 g 以下 (平均値 281±70.3 g) で、43°C の時よりもやや硬い納豆になった。しかしどちらの納豆も市販納豆に比べると軟らかく、特にプログラム 43 で製造すると軟らかい糸引納豆ができた。

5. 軟らかい納豆の成分

(1) ホルモン窒素

Table 2 に示すように、ホルモン窒素含量は市販納豆が 0.94% であったのに対し、KFP 843 (43°C) 納豆のそれは 0.38% で、KFP 843 (47°C) 納豆の場合は 0.28% と、いずれもたんぱく質の分解があまり進んでいないことを示した。*B. subtilis* KFP 843 で製造した納豆のホルモン窒素含量は、発酵温度に関わらず市販納豆のそれよりも低かった。

(2) 相対粘度

軟らかい納豆の相対粘度を Table 3 に示す。市販納豆の相対粘度が 2.06 であったのに対し、KFP 843 (43°C) 納豆では 1.10、KFP 843 (47°C) 納豆では 1.21 であった。KFP 843 (43°C) 納豆の相対粘度が 3 品の中で最も低かった。

(3) 揮発性成分

田中らは、キャピラリーガスクロマトグラフィーと GC-MS で納豆の揮発性成分を分析して、納豆の主要な臭

Fig. 2 Temperature and humidity programs for manufacturing natto with *Bacillus subtilis* KFP 843

—, Temperature program 43 (initial temperature is 43°C)
 - - -, Temperature program 47 (initial temperature is 47°C)
 , Humidity program

い成分として10成分を報告した¹¹⁾。すなわち，エタノール，2,3-ブタンジオン（ジアセチル），ピラジン，2-メチルピラジン，3-ヒドロキシ-2-ブタノン（アセトイン），2,5-ジメチルピラジン，2,3,5-トリメチルピラジン，2-メチルプロパン酸（イソ酪酸），3-メチル酪酸（イソ吉草酸），2-メチル酪酸である。

本研究では，KFP 843（43°C）納豆の揮発性成分を同定した（Fig. 5）。その結果 KFP 843（43°C）納豆には，10個の臭い成分のうち，2,3-ブタンジオン（ジアセチル），3-メチル酪酸（イソ吉草酸），2-メチル酪酸の3つのピークが検出されなかった。KFP 843（47°C）納豆の揮発成分には，KFP 843（43°C）納豆のそれと大きな差は見られなかった。

(4) 製品の官能検査

Table 4 に温度プログラムを変えて *B. subtilis* KFP 843 で製造した納豆の官能評価の結果を示す。KFP 843（43°C）納豆は，製造後容器のフタを開けフィルムを開いたとき豆の形は崩れておらず，外観は市販されている納豆とほとんど遜色なかった。香りはやや甘い香りがし，豆の割れやつぶれはなかった。KFP 843（43°C）納豆は，非常に軟らかくかき回すと容易に豆がつぶれ，あたかも餡のようになった（Fig. 6）。それは単に蒸煮大豆をすりつぶしたというよりも蒸煮大豆を納豆の糸とよく混ぜ合わせてよく練り合わせた，という状態であった。糸引きは少なかった。KFP843（43°C）納豆は，豆の割れ・つぶれ，硬さの項目で他の2つの納豆に比べて有意に（ $p < 0.05$ ）評価が優れていた。さらに溶菌状態については市販納豆と比べて，豆の味については KFP843（47°C）納豆と比べて有意に（ $p < 0.05$ ）評価が高かった。KFP843（47°C）納豆は，菌の被りが他の2つよりも有意に（ $p < 0.05$ ）評価が優れていた。嗜好の項目では，KFP 843（43°C）納豆，市販納豆に比べて KFP 843

Fig. 3 Oxygen concentration during manufacturing Natto with *B. subtilis* KFP 843

(A) Natto manufactured by using the temperature Program 43 shown in Fig. 2
 (B) Natto manufactured by using the temperature Program 47 shown in Fig. 2
 ●, O₂ concentration in the chamber
 ▲, O₂ concentration in the natto package

Fig. 4 Toughness of three kinds of Natto

The three markings of poles show the using temperature programs for natto manufactured and commercial natto as follows :

- , Temperature program 43 ;
- ▨, Temperature program 47 ;
- , Commercial natto.

Table 2 Formol nitrogen concentrations in Natto

Natto	Formol nitrogen (%)
Natto 1	0.38
Natto 2	0.28
Commercial natto	0.94

Natto 1 and 2 were made with *B. subtilis* KFP 843 using the temperature programs 43 and 47, respectively, shown in Fig. 2.

Table 3 Relative viscosity of Natto

Natto	Relative viscosity
Natto 1	1.10
Natto 2	1.21
Commercial natto	2.06

Natto 1 and 2 were made with *B. subtilis* KFP 843 using the temperature programs 43 and 47, respectively, shown in Fig. 2.

(47℃) 納豆がやや高い値が得られたが有意差があるほどの結果ではなく、市販納豆と同程度に好まれる納豆が製造できたとみなすことができた。

考 察

わが国の納豆メーカーの中には数社、独自のスターターを開発してそれらを用いて納豆を製造しているメーカーがあるが、市販されている納豆の大部分はスターターメーカー3社のスターターを用いて製造されている。そのためほとんどのメーカーの納豆の性質は類似しており、市販品と異なる特徴を有する納豆を現在の納豆プラントで機械的に製造するのはむずかしい。従って、わが国の市販菌で現在の納豆より軟らかく、咀嚼や嚥下の弱い者のための納豆を製造するのは困難な状況にあると言える。納豆は昔から食されているために納豆の好きな高齢者には食べ慣れている食品であり、原料大豆はたんぱく質含量の多いものであ

るので、高齢者のたんぱく源としてもよい食品である。しかし、歯が悪い高齢者にとって納豆の豆は、咀嚼するのに硬く感じられ飲み込むのがむずかしいものである。

本研究で豆鼓から分離した菌株 KFP 843 を同定した結果、その分類学的性質から *B. subtilis* に属するものであった。既報で、清国醬に使用されている菌株は、わが国の糸引納豆菌と同様の性質を持つもので、いわゆる *B. subtilis* (natto) に近いと考えられること、清国醬はその菌株を用いて大豆を発酵させたものに唐辛子とニンニクと食塩約 7% を加えて磨砕したものであることを報告したが¹³⁾、*B. subtilis* KFP 843 も同様に、糸引納豆菌（すなわち、*Bacillus subtilis* (natto)）と同様の性質を有するものであると見なすことができた。豆鼓から分離した細菌も同じく *B. subtilis* (natto) に近い性質をもつことは、豆鼓、清国醬、糸引納豆が同一の系統の大豆発酵食品であることを裏付けるものである。

Fig. 5 Chromatogram of volatile components in Natto made with *B. subtilis* KFP 843

The components with peak numbers in the chromatogram are as follows : No. 15, ethanol ; No. 60, pyrazine ; No. 73, 2-methylpyrazine ; No. 75, 3-hydroxy-2-butanone (acetoin) ; No. 76, 2,5-dimethylpyrazine ; No. 88, 2,3,5-trimethylpyrazine ; No. 101, 2-methylpropanoic acid (isobutyric acid) ; A (No. 21), 2,3-butanedione (diacetyl) ; B (No. 107), 3-methylbutanoic acid (isovaleric acid) ; C (No. 108), 2-methylbutanoic acid.

Table 4 Organoleptic assessment of Natto made with *B. subtilis* KEP 843 using temperature programs 43 and 47

	Commercial	Manufactured natto	
	natto	Program 43	Program 47
Appearance	4.0±0.0 ^b	3.8±0.4 ^b	6.0±0.0 ^a
Lysis of bacilli	4.0±0.0 ^b	6.0±1.4 ^a	5.8±1.1 ^{ab}
Color of soybean	4.0±0.0 ^a	2.4±1.1 ^b	3.0±0.0 ^{ab}
Clack of soybean	4.0±0.0 ^b	6.6±0.9 ^a	4.8±1.1 ^b
Stickiness	4.0±0.0 ^a	1.0±0.0 ^b	1.0±0.0 ^b
Smell	4.0±0.0	3.4±1.5	2.8±0.4
Different odor from natto	4.0±0.0	4.0±1.9	3.0±2.7
Toughness	4.0±0.0 ^b	7.0±0.0 ^a	4.6±1.5 ^b
Umami	4.0±0.0	4.2±1.6	3.0±1.2
Taste of soybean	4.0±0.0 ^a	5.0±1.2 ^a	1.8±0.4 ^b
Bitter taste	4.0±0.0	2.8±2.4	3.8±2.0
Overall estimation	4.0±0.0	3.6±1.9	4.2±1.1
Fancy	4.0±0.0	3.0±1.6	4.8±1.6

Data are presented as mean±S.D. values (n=11).

Assessment was scored on a scale of 1 to 7 (1=far inferior, 2=inferior, 3=slightly inferior, 4=equal, 5=slightly better, 6=better, 7=far better) compared to commercial natto.

^{a,b} Mean values with different superscript letters in the same row were significantly different at $p<0.05$ (Scheffé post hoc test).

製造過程で、納豆容器内の酸素濃度の低下は菌の生育が活発になったことを示し、発酵が盛んに行われたことを示している。20時間目以降の酸素濃度の上昇は、菌の生育が抑制されたことと、PSP容器に通気性があるため外部から酸素を含む空気が流入したためであると推察される。

KFP 843 (43℃) 納豆のホルモール窒素含量は、市販納豆のそれよりも低かった。KFP 843 (43℃) 納豆の方がKFP 843 (47℃) 納豆よりも高い値を示した。納豆のうま

味は強すぎてもよくなく、適当にうま味があるのがよい。しかし、うま味が弱い場合はタレを使用することで補うことができるので、納豆として問題ないといえる。

また、相対粘度については大豆の可溶性糖分が糸引きと関連するであろうが¹⁴⁾、今回のプログラム2種における発酵温度の差は相対粘度にあまり影響を及ぼさなかったこと、同時に対照の市販納豆よりも*B. subtilis* KFP 843で製造した両納豆の糸引きが弱かったことは、本菌株の粘質物生産能が低いことによるものと推察された。官能検査での糸引きの評価が低いこともその影響によると考えられるが、かき回すそばから豆が崩れていくので、納豆の糸とつぶれた豆とが混合されることで、より一層納豆の糸らしい粘りが失われたことも一因であると考えられた。納豆は糸引きが特徴であるが、糸引きを好む者と好まない者がいるので、この菌株で納豆を製造する場合には相対粘度が低くなることに留意すべきである。

田中ら¹²⁾は、市販納豆6種類について、揮発性成分の中で納豆の臭い成分とされるものを比較し、報告している。本研究での揮発性成分の抽出法とガスクロマトグラフィーのカラムが既報¹²⁾のそれと異なるので量的な比較はできないが、*B. subtilis* KFP 843で製造した納豆からはイソ酪酸が検出されたものの、納豆臭の成分として知られている2-メチル酪酸、3-メチル酪酸は検出されなかった。市販納豆と本研究で*B. subtilis* KFP 843を用いて製造した納豆で若干臭いに差が感じられたが、糸引納豆と見なして差し支えないものであった。

我々は軟らかい納豆を製造するために市販納豆スターターとは別のわが国の納豆菌を探索したが、適した菌株を見いだすことはできなかった。丸大豆の代わりに挽き割り大豆を用いて軟らかい納豆の製造を試みたがそれでもよい結果は得られなかった。大豆粉を用いるとタンパク質の分解が多く、アンモニア臭その他の臭いが強くなり、食品と

Fig. 6 Photographs of Natto made with *B. subtilis* KFP 843 and commercial Natto

- (A), Before agitation of natto we made ;
 (B), Before agitation of marketed natto ;
 (C), After agitation of natto we made ;
 (D), After agitation of marketed natto.

して適したものは得られなかった。中国の豆豉から分離した *B. subtilis* KFP 843 で納豆を試作した結果、臭いもわが国の市販納豆菌に比べてそれほど劣らず、軟らかい納豆を製造しうる菌株を見いだした。KFP 843 株以外の同一試料から分離した 4 株についても *B. subtilis* と同定できたので納豆を製造してみたが、市販納豆と KFP 843 株との中間の硬さに仕上がった。従って、本菌を用いることにより、現在の市販納豆にはない軟らかさをもつ、特色ある納豆を製造することができる。 *B. subtilis* KFP 843 を用いるとなぜ軟らかくなるのかということについての検討は今後の課題であり、また、実際に必要としている方々に試食と評価をしてもらうこと等も必要であると考えている。

軟らかい納豆を咀嚼や嚥下の弱い者のための食品として開発してきたが、本納豆は歯がまだ生えていない乳児や咀嚼が十分でなく軟らかい食品を必要とする幼児用の食品としても有用な食品であろう。今後さらに軟らかい納豆の栄養学的成分を分析することによって健康食品としての価値も生じてくるであろう。

要 約

1. 中国雲南省の淡豆豉から分離した細菌でわが国の糸

引納豆を製造した結果、攪拌すると豆の形が完全に崩れてしまうほど軟らかい納豆を製造することができる菌、KFP 843 を見いだした。同定の結果、KFP 843 株は *Bacillus subtilis* に属する菌であった。

2. *B. subtilis* KFP 843 の納豆製造には 2 種類の温度プログラムを用いたが、KFP 843 株の最適生育温度である 43℃ を初発温度とする製造プログラムが適しており、製造した納豆の硬さは、市販納豆の硬さを 100% とすると、それは約 40% の硬さに仕上がった。

3. ホルモール窒素は市販納豆のそれが 0.94% であったのに対し、本菌株で製造した納豆は 0.28 ないし 0.38% であった。また糸引きは市販納豆よりもやや弱く、相対粘度は市販納豆のそれが 2.06 であったのに対し、1.10 ないし 1.21 であった。

4. 官能検査では、菌の被り、豆の割れ・つぶれ、硬さの項目で市販納豆に比べて有意に良い評価 ($p < 0.05$) であった。市販納豆に比べて有意に ($p < 0.05$) 糸引きは弱い、豆が軟らかいという評価を得た。

研究を実施するにあたり、実験にご協力いただきました石田ゆり氏及び赤堀真意子氏に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 伊藤 寛, 童江 明, 李 幼, 糸引納豆から粒味噌まで (1) 味噌の科学と技術, **44**, 216-220 (1996).
- 2) Claus, D. and Berkley, R.C.W., Genus *Bacillus* Cohn 1872, 174AL. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Vol. 2, Eds. by Sneath, P.H.A., Mair, N., S., Sharpe, M., E. and holt, J.G. William & Wilkins Co. (Baltimore, U.S.A.). pp. 1105-1139 (1986).
- 3) Sulistyo, J., Taya, N., Funane, K. and Kiuchi, K., Production of natto starter. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **35**, 278-283 (1988).
- 4) 村松芳多子, 金井幸子, 木村典代, 三浦紀子, 吉田桂子, 木内 幹, エラスターゼ高活性納豆の開発, 食科工, **42**, 575-582 (1995).
- 5) 村松芳多子, 勝股理恵, 渡辺杉夫, 田中直義, 木内 幹, 糸引納豆製造法の改良, 食科工, **48**, 277-286 (2001).
- 6) 納豆試験法研究会, 農林水産省食品総合研究所編, 納豆の硬さ, 納豆試験法, (株) 光琳発行, pp. 12, 17 (1990).
- 7) 納豆試験法研究会・農林水産省食品総合研究所, ホルモン窒素, 納豆試験法, p. 22 (1990).
- 8) 納豆試験法研究会・農林水産省食品総合研究所, 相対粘度測定法, 納豆試験法, p. 58 (1990).
- 9) 納豆試験法研究会・農林水産省食品総合研究所, 官能検査法, 納豆試験法, p. 61 (1990).
- 10) SPSS Inc., *SPSS Base 10.0 J for Windows user's guide*, エス・ピー・エス・エス(株), 東京, p. 7-1.
- 11) Tanaka, T., Muramatsu, K., Kim, H-R., Watanabe, T., Takeyasu, M., Kanai, Y. and Kiuchi, K., Comparison of volatile components from Chungkuk-jang and Itohiki-natto, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **62**, 1440-1444 (1998).
- 12) 田中直義, 山内智子, 勝股理恵, 木内 幹, 微量固相抽出ーガスクロマトグラフィーによる市販糸引納豆の揮発性成分の比較, 食科工, **50**, 278-285 (2003).
- 13) Kim, H., Muramatsu, K., Kanai, Y., Tanaka, T., Takeyasu, M. and Kiuchi, K., Manufacture of chungkuk-jang with elastase activity. *Food Sci. Technol.*, **3**, 251-256 (1997).
- 14) 平 春枝, 田中弘美, 齋藤昌義, 齋藤正隆, 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).

(平成 17 年 1 月 28 日受付, 平成 17 年 7 月 8 日受理)