

圧力処理を施した混合穀物を麴の原料とする味噌の製造

笹川秋彦, 五味正浩*, 大浦克彦*, 山崎 彬**[§], 山田明文

長岡技術科学大学大学院

* ひかり味噌(株) 商品開発部

** 越後製菓(株) 総合研究所

Production of *Miso* Based on *Koji* Prepared from Mixed Different Grains Using High-Pressure TreatmentAkihiko Sasagawa, Masahiro Gomi*, Katsuhiko Ohura*,
Akira Yamazaki**[§] and Akifumi Yamada

Nagaoka University of Technology, 1603-1 Kamitomioka-machi, Nagaoka-shi, Niigata 940-2188

* Hikarimiso Co., Ltd., 4848-1 Shimosuwa-machi, Suwa-gun, Nagano 393-0041

** Research Institute, Echigoseika Co., Ltd., 1003-1 Takanashi-machi, Ojiya-shi, Niigata 947-0102

Hakkoku koji was prepared by working with a mixture of brown rices, barleycorns, job's tears, proso millets, red rices, soybeans, black soybeans and adzuki beans. The tissues of these materials' were broke by high-pressure treatment in order to help the growth of *Koji* mold on the materials. The activities of acid protease and neutral protease of *Hakkoku koji* were similar to those in the typical *Rice koji*, and that of the alkaline protease was similar to the typical barley *Koji*. During the maturation of *Miso* which containing *Hakkoku koji* (named as *Hakkoku koji miso*), pH value decreased and acidity I value increased. The color charged to yellow tone, and ethyl alcohol was produced at the concentration over 1.0v/w%. The *Hakkoku miso* was abundant in amino acids, dietary fiber, vitamin B1 and SOD-like activity. The experiment in a factory-scale production suggested the possibility of the industrial production of the *Hakkoku koji* and its *Miso*.

(Received Oct. 20, 2004 ; Accepted Jul. 11, 2005)

味噌は日本の伝統的な発酵食品であり、国内では、主に米味噌、麦味噌、豆味噌が醸造されている。近年、ソバやきび、あわなどの穀物を麴に用いた味噌¹⁾²⁾、蒸米と蒸煮大豆の混合麴を用いた味噌³⁾といった特色ある味噌の醸造方法について検討がなされている。我々は、大麦、はと麦、きび、赤米、大豆、黒豆、小豆の8種類の穀物を麴の原料とした味噌の開発を計画したが、精白歩合が95%以上の精白米を麴の原料として使用した場合、破精回り、破精込みの悪いこと⁴⁾や、玄米を用いて製麴した場合、酵素活性値やその状貌から、麴菌の繁殖し難いことが知られており⁵⁾、開発の障害となっていた。

他方、精白米に圧力処理を施すことにより米粒の組織が破壊されたり⁶⁾、米表面の細胞が等方的に圧縮され澱粉粒が吐出することが観察されている⁷⁾。さらに、玄米を圧力処理することにより米粒内の組織に変化が生じ、米粒中で

酵素反応による γ -アミノ酪酸が富化される⁸⁾⁹⁾。これらのことから、玄米などの穀物に圧力処理を施すことにより、種付けした麴菌の生育(破精回り・破精込み)が向上するのではないかと思われた。そこで、本研究では、常法では製麴が困難な複数の穀物の混合物に圧力処理を施して麴およびその麴を使用した味噌の製造を試みた。そして、試作した麴および味噌の特徴についての知見を得たので報告する。なお、本研究では、8種類の穀物の混合物を原料として製麴したことから、麴を八穀麴と称した。また、その麴を使用して製造した味噌を八穀味噌と称した。

実験方法

1. 原料および試料

Table 1に、麴に用いた8種類の穀物原料の重量とその配合比を示した。玄米は新潟県産コシヒカリ、大麦は新潟県産ミノリムギ、はと麦は岩手県産はとじろう、きびは岩手県産たかきび、赤米は福島県産ベニロマン、大豆は北海道産音更大袖、黒大豆は北海道産いわいくろ、小豆は北海道産エリモシヨウズで、すべて平成14年度産のものを用

〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1

* 〒393-0041 長野県諏訪郡下諏訪町 4848-1

** 〒947-0193 新潟県小千谷市高梨町 1003-1

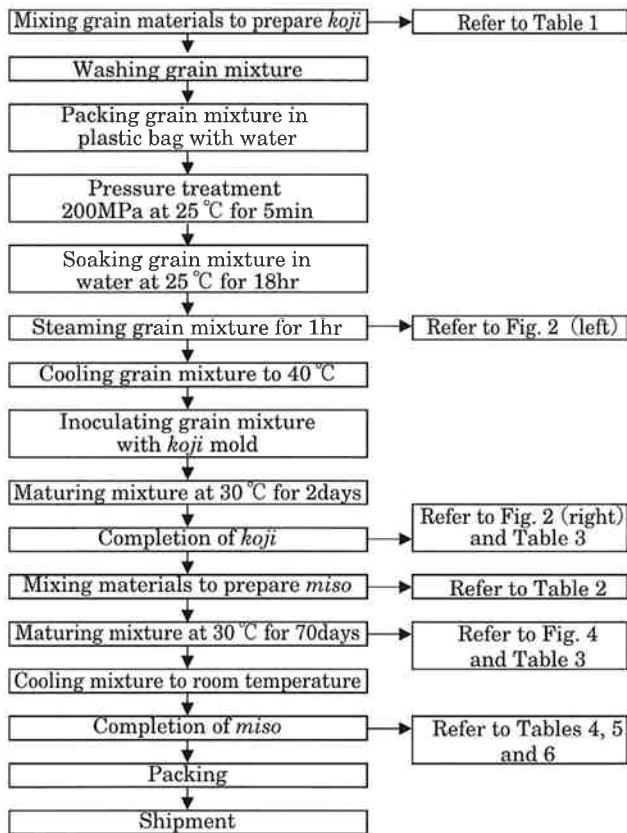
§ 連絡先 (Corresponding author), kenkyu@echigoseika.co.jp

Table 1 Ingredients for *Hakkoku koji*

Ingredients	Weight (kg)	Mixing ratio (%)
Brown rice	14.80	74.0
Barleycorn (Oomugi)	1.18	5.9
Job's tears (Hatomugi)	1.18	5.9
Proso millet (Kibi)	0.94	4.7
Red rice	0.70	3.5
Soybean	0.40	2.0
Black soybean	0.40	2.0
Adzuki bean	0.40	2.0
Total	20.00	100.0

Table 2 Ingredients for *Hakkoku koji miso*

Ingredients	Weight (kg)	Mixing ratio (%)
Cooked soy bean	40.00	56.50
<i>Koji (Hakkoku)</i>	21.00	29.70
Salt	8.30	11.70
Cultured yeast	0.07	0.10
12% salt solution (Tanemizu)	1.40	2.00
Total	70.80	100.00

Fig. 1 The process for preparation of *Koji* and manufacture of *Miso*

いた。

玄米、赤米は精白せずに、大豆、黒大豆、小豆は脱皮せずにそのまま使用した。大麦とはと麦およびきびの外皮は、麴にした際に硬い組織が残るので、搗精して使用した。それぞれの搗精歩合は、85%、40%、75%であった。

味噌の調製のため、麴と混合する大豆は北海道産トヨムスメを脱皮せずに用いた。食塩は並塩を使用した。

味噌に含まれる遊離アミノ酸や食物繊維、ミネラル、ビタミンなど、さらにSOD様活性の測定には、対照用の試料として、市販（ひかり味噌(株)製）の一般的な淡色系の米麴味噌（10割麴、煮大豆使用）および赤色系の米麴味噌

（8割麴、蒸し大豆使用）を供試した。

2. 圧力処理

麴用の原料20kgを軽く洗浄してザルで水切りし、同量の水とともに軟質性樹脂袋に封入した。食品工業用連続高圧処理装置（(株)神戸製鋼所製CP900型、処理容器の直径φ420mm、深さ940mm、容積130L¹⁰⁾¹¹⁾を用いて、25°Cにて200MPaの高圧処理を5分間施した。その後、樹脂袋を開封せずに室温で18時間吸水させた。次に室温にてザルを用いて30分間の水切りをし、麴の試料とした。圧力処理を施さず同様に操作した麴の試料を対照区とした。

3. 麴および味噌の調製

Fig. 1に本研究での麴およびその麴を使用した味噌の調製方法を示した。

(1) 麴の製麴

麴の原料20kgに圧力処理を施し、吸水、水切りした後、蒸気圧1.0kg/cm²で60分間蒸した。その後40°C程度まで冷却し、麴菌の種付けを行なった。そして、30°Cで40時間、麴蓋法¹²⁾により製麴を行なった。種麴は味噌用の市販品（(株)ピオック製、良い種麴）を用いた。尚、対照区として圧力処理を施さない原料についても製麴を行った。

(2) 味噌の調製

Table 2に味噌の調製に用いた原料の重量とその配合比を示した。

大豆は蒸気圧0.9kg/cm²で10分間蒸し、その後、5mmの漉し網を通過させた。酵母は信州味噌研究所より分譲された *Zygosaccharomyces rouxii* Y7の酵母菌液（10⁸個/ml）を用いて味噌1g当たり10⁵になるように添加した。調製した味噌は30°Cで温醸した。

4. 麴および味噌の分析

麴の水分は、赤外線水分計（(株)ケット科学研究所製、FD-600型）により測定した。麴のプロテアーゼの酵素活性については、「基準みそ分析法」¹³⁾に準じて測定した。

味噌については、pH、酸度I、Y値およびエチルアルコール濃度を、「基準みそ分析法」に準じて調製直後から70日目まで1週間毎に測定した。即ち、酸度Iは滴定法¹⁴⁾、Y値はCIE表色法¹⁴⁾、エチルアルコール濃度は酵素法¹⁵⁾でそれぞれ測定した。

味噌中の遊離アミノ酸は「新・食品分析法」¹⁶⁾に従い試

料を調製して HPLC 法 (島津高速液体クロマトグラフ LC-10A, アミノ酸分析システム) により定量した。味噌の食物繊維は酵素-重量法, カルシウムと鉄は原子吸光法, ビタミン B₁ はチオクローム法により定量した。SOD 様活性は, 電子スピン共鳴 (ESR) 法により測定した¹⁷⁾。

実験結果および考察

1. 圧力処理を施した穀物の混合物を原料とした八穀麴の性状

圧力処理して吸水させた後に蒸した八穀麴の原料, および製麴後の八穀麴の外観を Fig. 2 に示した。八穀麴は各原料上で麴菌糸の伸延が見られた。麴菌を種付けする直前の, 八穀麴の原料の水分 (種付け水分) は 42% であり, 出麴直後の八穀麴の水分は 34% だった。製麴に用いる蒸米の水分は種付け時で 36.5% から 37% が適当⁴⁾ とされているが, 本実験では, 八穀麴の原料の水分はそれより高かった。また, 米麴の出麴水分は 24% から 28% 前後が通常⁴⁾ であるが, 八穀麴は出麴水分が 30% 以上の多湿麴⁵⁾ になった。

圧力処理を施さない対照区では蒸煮後, 豆類を除く穀物を手のひらで押し潰して「捻り餅」の状態¹⁸⁾ にすると, その中に白い芯が見られた。また製麴後, 八穀麴への麴菌の付着が弱く, 菌糸量も少ないことから, 麴としては不適と思われた。

佐藤ら⁵⁾ は, 米の精白歩留と麴および味噌の品質について研究し, 全く精白していない玄米では麴菌が繁殖し難いと報告しているが, 本研究の製麴でも同様な結果となった。これは圧力処理を施さずに蒸した穀物の表皮が硬く, 麴菌の生育が不十分であったからだろう。麴菌が玄米の表皮に食込めず, 胚乳部まで菌糸が到達しないので, 麴菌の増殖に必要なエネルギー源の摂取が困難になったからではないかと思われる。そのような麴を用いて味噌を製造すると, 麴の玄米が糖化せず味噌中にそのまま残るのが難点とされている⁵⁾。そのため, 玄米を製麴するときは, 玄米の表面を軽く搗精することが多い¹⁹⁾。また, 玄米の表皮を研削することなく丸粒での製麴するために, 玄米のアルファ化処理¹⁹⁾ や, 発芽処理²⁰⁾ などが試みられている。

山崎らは, 精白米に静水圧による高圧処理を施すことにより, 米粒の水分量が高くなり, 米粒の組織には非常に広範囲にわたって水の浸入した形跡が見受けられたと報告している⁶⁾。著者らも, SEM 観察の結果から, 300 MPa で処理した精白米において, 米表面の細胞が等方的に圧縮され, 澱粉粒が吐出していることを確認した⁷⁾。また, 杵淵らは, 玄米を圧力処理することにより米粒内の組織レベルでの変化が起こることを見出している⁸⁾⁹⁾。本研究での製麴でも圧力処理を施して蒸した玄米などの穀物の表皮に組織レベルで構造の変化が生じたため, 麴菌の生育性が向上したものと思われる。

Table 3 に八穀麴の分析値を示した。米麴の pH は通常

5.5~5.8 である⁴⁾ が, 八穀麴の pH は 5.33 で若干の酸性を示した。坂口ら¹⁹⁾ の報告では, アルファ化割砕玄米を原料に用いた麴は若干の酸性 (pH 5.28) を示した。また, 佐藤ら⁵⁾ の報告では, 原料の精白歩合を変えた米麴において, 玄米を使用した麴の pH が最も低かった⁵⁾。窒素成分の多い原料を麴に用いた場合, 麴の代謝によりアンモニアの生成量が多くなり, pH が高くなることが知られている¹⁾。八穀麴に用いた玄米やその他の穀物は精白米に比べて窒素成分が多いにもかかわらず, 麴の pH は酸性側になったのは, 製麴の過程で pH を下げる成分が産生しているからではないかと思われる。

八穀麴の酵素活性について, 酸性プロテアーゼと中性プロテアーゼの活性は一般の米麴の力価と同等²¹⁾ であり, 酸性プロテアーゼの方が中性プロテアーゼの活性よりも若干強い傾向も米麴と同じであった²¹⁾。標準的な米麴は, アルカリ性プロテアーゼの活性は弱いとされているが, 八穀麴のそれは麦麴と同等な力価²¹⁾ であった。米麴は原料米の精白歩合が高いほどアルカリ性プロテアーゼの活性が強くなる⁵⁾。八穀麴に玄米や赤米を使用したことが, アルカリ性プロテアーゼの活性が米麴よりも高い (活性が強い) 要因の一つではないかと思われた。

2. 八穀味噌の熟成

Fig. 3 に熟成中の八穀味噌の酸度 I と pH (a), Y 値 (b) エチルアルコール濃度 (c) の経時変化を示した。

味噌の仕込み時の pH は通常 5.7~6.0 程度であり, 熟成に伴い, 約 4.9~5.2 まで pH は低下し, 酸度 I は増加する²²⁾。酸度 I はホルモール窒素, 乳酸と強い相関関係にあり, 熟成中に増大して行くため, pH とともに味噌の熟成の指標となる²²⁾。今回試醸した八穀味噌でも酸度 I の上昇に伴い, pH が 5.1 程度まで低下した (Fig. 3 (a))。

Y 値は味噌の熟成度の判断に用いられ, 熟成初期には味噌の酸化, 熟成中期から後期にはアミノカルボニル反応により低下する²³⁾。試作した八穀味噌の Y 値は経時的に 18% まで低下した (Fig. 3 (b))。

酵母によって生成されるエチルアルコール量は熟成が進むにつれて増加¹²⁾ し, 発酵型の味噌では少なくとも 0.3 v/w% 以上のエチルアルコールが生成する¹²⁾。本試醸では, エチルアルコールが味噌中に最大 1.2 v/w% 産生され, その後も 0.8 v/w% 程度で推移した (Fig. 3 (c))。

Fig. 4 に熟成中の八穀味噌の外観写真を示した。調製時は, 淡黄色の大豆に八穀麴が散在していた。2 週間の熟成を経ると若干の赤色を呈し, 八穀麴の澱粉の糖化およびたんぱく質の分解が促進され, 麴が軟化してきた事を目視および触感にて確認した。8 週間を経過すると味噌様の赤茶色を呈し, 麴はさらに軟化して, 玄米や赤米, 麦類などの澱粉は糖化し, 通常の米味噌と同様に味噌中に溶け込んだ。調製後 10 週間経過した段階で熟成を終了した。

3. 八穀味噌の成分



Left, Grain mixture after subjected to pressure treatment and subsequent steaming for 1hr
Water content was 41.5 %

Right, Grain mixture at the end of 40hr koji propagation period
Water content was 34.3 %

Fig. 2 Changes in appearance of grain mixture in the process of preparation of *Hakkoku koji*

Table 3 General analysis of *Hakkoku koji*

pH	5.33
Acid protease (pH 3.0)	92.2 U/g
Neutral protease (pH 6.0)	85.2 U/g
Alkaline protease (pH 7.5)	24.1 U/g

Table 4 に八穀麹味噌の遊離アミノ酸分析の結果を示した。市販の淡色系の米麹味噌と比較して、全体的にアミノ酸の含有量が多かった。アミノ酸の種類により異なるが、米味噌に比べて最小でもスレオニンが約 1.3 倍、最大でアスパラギン酸とヒスチジンが約 1.7 倍多く含まれていた。なお、味噌の旨みであるグルタミン酸や、血圧降下作用のあるといわれる γ -アミノ酪酸⁸⁾⁹⁾ も米麹味噌に比べて多く含まれていた。なお、金子らは、6 検体の市販の米味噌に含まれる遊離アミノ酸を測定している²⁴⁾ が、その総遊離アミノ酸量の平均値と比べても八穀麹味噌に含まれる総遊離アミノ酸量は多かった。

Table 5 に八穀麹味噌の食物繊維、カルシウム、鉄、ビタミン B₁ の含有量を示した。その分析値は、市販の淡色系の米麹味噌と比較して、八穀麹の原料に由来して高い値であった。特にビタミン B₁ は 2 倍以上含まれていた。

4. 八穀麹味噌の SOD 様活性

Table 6 に市販の淡色系および赤色系の米麹味噌と八穀麹味噌の SOD 様活性を測定した結果を示した。八穀麹味噌は、淡色系の米麹味噌と比較して 2.2 倍、赤色系の米麹味噌と比較して 1.5 倍の SOD 様活性を示した。

味噌の抗酸化物質として発酵・熟成中にプロテアーゼの作用によって生成するペプチドやアミノ酸、メラノイジンなどの褐変物質、イソフラボン類が知られている²⁵⁾²⁶⁾。また、酵母の好氣的経路による米糠の発酵によって SOD 様活性を持つ物質が生成するとの報告もある¹⁷⁾。さらに、原料に由来する小豆のトコフェロール²⁷⁾ や豆類のアントシアニン²⁸⁾、おからのペプチド、アミノ酸²⁹⁾ に抗酸化作用

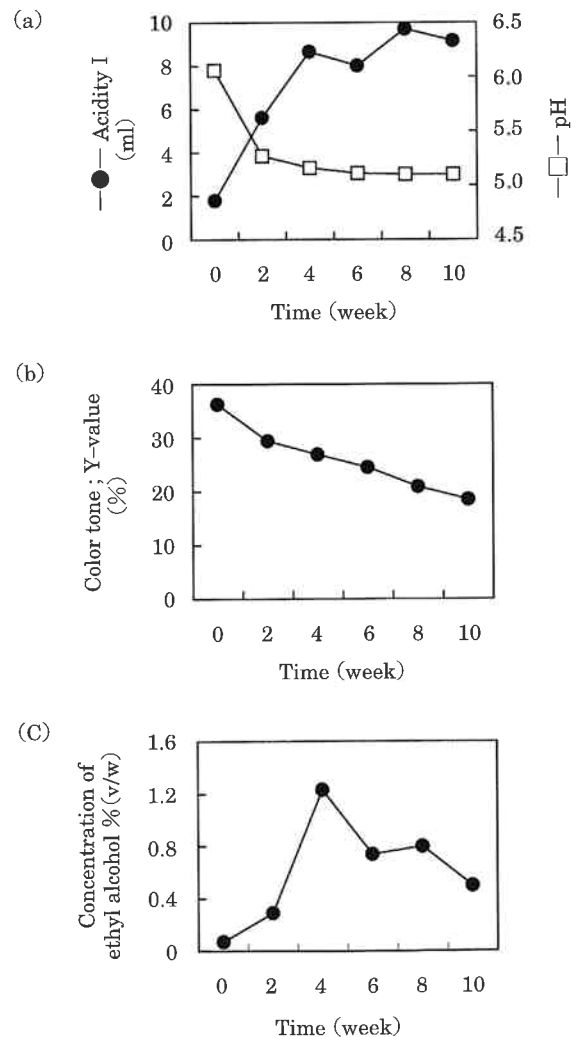


Fig. 3 Changes with time during maturing period of materials for *Hakkoku koji miso* (Acidity and pH, color tone, concentration of ethyl alcohol)



Left,
Immediately after mixing materials

Center,
After 2-week fermentation period

Right,
After 8-week fermentation period

Fig. 4 Changes in appearance of mixture of materials for *Hakkoku koji miso* in the process of fermentation

Table 4 Comparison of free amino acid contents in *Hakkoku koji miso* and *Rice koji miso* product (thin-colored) (mg/100 g miso)

	<i>Rice koji miso</i>	<i>Hakkoku koji miso</i>	Ratio (<i>Hakkoku</i> / <i>Rice</i>)
Alanine	170.7	227.9	1.33
Arginine	346.0	460.8	1.33
Aspartic acid	198.9	334.3	1.68
Glutamic acid	354.9	481.0	1.36
Glycine	86.0	114.4	1.33
Histidine	34.0	57.1	1.68
Isoleucine	126.5	178.2	1.41
Leucine	268.5	391.9	1.46
Lysine	230.6	316.1	1.37
Methionine	54.0	73.9	1.37
Phenylalanine	245.8	342.9	1.40
Proline	253.6	411.6	1.62
Serine	149.0	224.1	1.50
Threonine	235.7	299.0	1.27
Tyrosine	229.1	326.3	1.42
Valine	164.5	222.7	1.35
GABA	16.8	22.4	1.33
Total Free amino acid	3164.5	4484.5	1.42

のあることが報告されている。八穀麹は通常の米麹よりもアルカリ性プロテアーゼ活性が強い傾向にあり、アミノ酸も多く含まれていた。また、八穀麹には玄米や赤米を使用しているため、市販の米麹よりも米糠成分が多く含まれており、豆類も麹の原料に使用されているので、ペプチドやアミノ酸が多く含まれ、豆類由来のトコフェロールやイソフラボンや赤米や小豆、黒豆由来のアントシアニンも含まれていると考えられる。これらのことが、八穀麹味噌のSOD様活性を高くしているのではないかと考えられた。

5. 八穀麹味噌の官能評価

八穀麹を使用しているため、一般の米麹味噌や麦味噌との比較ができず、評点法による食味の数値化が困難であった。ひかり味噌(株)の評価員のコメントには、外観では、

Table 5 Comparison of contents of some components in *Hakkoku koji miso* and *Rice koji miso* product (thin-colored) (mg/100 g miso)

	<i>Rice koji miso</i>	<i>Hakkoku koji miso</i>
Dietary fiber	2600	3000
Calcium	47.51	71.89
Iron	2.39	3.05
Thiamin	0.08	0.18

Table 6 Comparison of SOD-like activities of *hakkoku koji miso* and *Rice koji miso* products

Samples	SOD (U/100 g miso)
Thin-colored <i>rice koji miso</i>	15000
Red-colored <i>rice koji miso</i>	22240
<i>Hakkoku koji miso</i>	33420

黒豆や小豆、赤米の麹の表皮が残りに、彩りが良いとの意見が多かった。味では濃厚な旨みがあり、香りでは穀物の独特の香りを感じる、との意見が多かった。

6. 八穀麹味噌の工場規模による醸造試験

ひかり味噌(株)の協力工場において、Table 2に示した配合比に従い、Fig. 1に示した製造方法で八穀麹味噌を1回に3.5tから5.2tを仕込み、計8回、37tの醸造試験を行った結果、常法の製麹および味噌の製造が可能であった。

要 約

常法では製麹が困難な玄米などの8種類の穀物に圧力処理を施し、八穀麹を試作した。その麹を使用した八穀麹味噌を試作し、試作した味噌の遊離アミノ酸含量やSOD様活性等を測定した。結果は以下の通りであった。

(1) 圧力処理を施し吸水させた後に蒸した8種類の穀物を原料とした八穀麹は、製麹により麹菌糸の良好な伸延が見られた。八穀麹の酵素活性について、酸性プロテアーゼと中性プロテアーゼの活性は一般の米麹の力価と同等であ

り、アルカリ性プロテアーゼの活性は麦麴と同等であった。

(2) 八穀麴味噌の熟成において、酸度 I の上昇、pH の低下、Y 値の低下、エチルアルコールの生成が見られた。玄米や赤米、麦類などは糖化して通常の米味噌の様に味噌中に溶け込んだ。

(3) 八穀麴味噌は市販の淡色系および赤色系の米麴味噌に比べ、アミノ酸、食物繊維、カルシウム、鉄、ビタミン B1 を多く含み、高い SOD 様活性を示した。

本研究は、平成 14・15 年度経済産業省の地域新生コンソーシアム研究開発事業「高圧処理を利用した新機能性食材の開発と産業化」より得られた研究成果の一部である。関東経済産業局ならびに (財)信濃川テクノポリス開発機構からのご支援をいただき、厚くお礼申し上げます。また、米の特性については独立行政法人食品総合研究所の大坪研一先生に、味噌の特性については新潟大学農学部の鈴木敦士教授、西海理之助教授、グリルト先生に、味噌の分析については長岡技術科学大学の梅田実助教授、程内和範技官に、味噌の薬理活性については新潟薬科大学の小西徹也教授に、また、微生物については藤井智幸教授、和泉 徹研究員にそれぞれご助言、ご指導いただき心より深謝いたします。さらに、味噌の試作、製造および食味試験にご協力いただいた、ひかり味噌(株) および協力工場の社員の皆様に謝意を表します。最後に、研究業務で協力いただいた越後製菓(株) 総合研究所の研究員の方々、特に本論文の作成にご尽力いただいた山本美穂子女史、佐藤悠子女史に陳謝いたします。

文 献

- 1) 大介, 川原一仁, 山下 實, 西山和夫, 水光正仁, 三浦道雄, ソバを麴として用いた味噌の製造, 日食工誌, **40**, 713-719 (1993).
- 2) 戸井田仁一, 蟻川幸彦, 近藤君夫, 小原忠彦, きび, あわを利用したみそに関する研究, 長野県食品工業試験場研究報告, **32**, 52-55 (2004).
- 3) 鈴木英子, 特色ある味噌の醸造方法の検討, 茨城県工業技術センター研究報告, **30**, 61-63 (2002).
- 4) 今井誠一, 松本伊左尾, 米味噌の製造法, 味噌の科学と技術, **49**, 75-84 (2001).
- 5) 佐藤正, 安平仁美, 米の精白歩留とこうじ, 味噌の品質, 信州味噌研究所研究報告, **30**, 1-2 (1989).
- 6) 山崎 彬, 杵淵美優子, 山本和弘, 山田明文, 高圧処理を施した浸漬米の炊飯後の微細構造と物性, 高圧力の科学と技術, **5**, 168-178 (1996).
- 7) 笹川秋彦, 杵淵美優子, 山崎 彬, 山田明文, 高圧処理を利用した米菓の製造, 「高圧バイオサイエンス」, 功刀 滋, 島田昇二, 鈴木敦士, 林 力丸編, (さんえい出版, 京都), pp. 336-343 (1994).
- 8) 杵淵美優子, 関谷美由紀, 山崎 彬, 山元皓二, 高圧処理を利用した玄米中への γ -アミノ酪酸 (GABA) の蓄積, 食科工, **46**, 323-328 (1999).
- 9) 杵淵美優子, 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, 食科工, **46**, 329-333 (1999).
- 10) 山崎 彬, 杵淵美優子, 高圧処理による食品加工の研究と米飯開発, 応用糖質科学, **50**, 89-96 (2003).
- 11) 山崎 彬, 笹川秋彦, 加圧食品の開発と産業化への諸問題, 「高圧バイオサイエンスとバイオテクノロジー」, 菅野長右エ門, 林 力丸編, (さんえい出版, 京都), pp. 227-246 (2000).
- 12) 望月 務, 今井誠一, 米味噌, 「味噌の醸造技術」, 中野政弘編著, (新日本印刷, 東京), pp. 39-126 (1982).
- 13) 全国味噌技術会, 麴の分析, 「基準みそ分析法」(明和印刷, 東京), pp. 48-53, (1997).
- 14) 全国味噌技術会, 栄養成分以外の成分, 「基準みそ分析法」(明和印刷, 東京), pp. 24-32, (1997).
- 15) 全国味噌技術会, 酵素法による分析, 「基準みそ分析法」(明和印刷, 東京), pp. 42-44, (1997).
- 16) 鈴木忠直, アミノ酸組成の定量法, 「新・食品分析法」, (社)日本食品科学工学会, 新・食品分析法編集委員会編, (光琳, 東京), pp. 493-508 (1998).
- 17) 宮本陽子, 野田博行, 大矢博昭, 鎌田 仁, 米糠醗酵物の抗酸化能, 食科工, **47**, 214-219 (2000).
- 18) 今井誠一, 赤色味噌の製造法, 味噌の科学と技術, **52**, 191-203 (2004).
- 19) 坂口 胖, 早出昭雄, 安平仁美, アルファー化玄米の製麴およびみその仕込み試験, 味噌の科学と技術, **33**, 348-349 (1985).
- 20) 吉川茂利, 米山 正, 榎葉芳夫, 宮本輝雄, 大池昶威, 塚原菊一, 小川原美智代, 発芽玄米を利用したみその試醸, 長野県食品工業試験場研究報告, **25**, 16-19 (1997).
- 21) 今井誠一, 麴の酵素, 味噌の科学と技術, **53**, 465-474 (2005).
- 22) 全国味噌技術会, みその成分, 「みそ技術ハンドブック」, (明和印刷, 東京), pp. 59-74, (1997).
- 23) 賀来由夏, 菅原悦子, 高橋 清, 赤色辛口系米味噌における大豆蒸熟と熟成温度が香気成分形成に及ぼす影響, 食科工, **47**, 919-925 (2000).
- 24) 金子憲太郎, 辻 匡子, 金天 浩, 乙黒親男, 角野 猛, 会田久仁子, 佐原 昊, 金田尚志, 日本及び韓国産味噌・醤油の有機酸, 遊離糖, 遊離アミノ酸, オリゴペプチド, 日食工誌, **41**, 148-156 (1994).
- 25) 江崎秀男, 川岸舜朗, 井上 昂, 大澤俊彦, 味噌中のオルトヒドロキシイソフラボンとその抗酸化性, 食科工, **48**, 51-57 (2001).
- 26) 岩屋あまね, 亀沢浩幸, 下野かおり, 間世田春作, 多麴味噌の機能性に関する研究, 鹿児島県工業技術センター研究報告, **14**, 31-34 (2001).
- 27) 小嶋道之, 鈴木信幸, 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および抗酸化活性の変動, 日食工, **44**, 144-148 (1997).
- 28) 津田孝範, 豆由来の新しい機能性成分の解明とその応用, 食科工, **46**, 621-626 (1999).
- 29) 田村貴起, 竹中陽子, 竹中哲夫, おから由来水溶性抗酸化物質の精製およびその性状, 食科工, **46**, 303-310 (1999).

(平成 16 年 10 月 20 日受付, 平成 17 年 7 月 11 日受理)