

## きのこ類を用いた発酵食品の製造

誌名	日本醸造協会誌 = Journal of the Brewing Society of Japan
ISSN	09147314
著者名	本間,裕人 徳田,宏晴
発行元	日本醸造協会
巻/号	112巻6号
掲載ページ	p. 378-385
発行年月	2017年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# きのこ類を用いた発酵食品の製造～アルコール耐性アミラーゼ生産株の探索と味醂の製造～

本間裕人・徳田宏晴

## 1. はじめに

麹菌 *Aspergillus oryzae* は、清酒、味噌、醤油といった様々な発酵食品の製造に広く用いられている我が国を代表する醸造微生物である。この麹菌は高いアミラーゼ生産性、プロテアーゼ生産性を持ち、さらにこれらの酵素がアルコール耐性や耐塩性を有することが知られている。例えば、20% エタノールの存在下における $\alpha$ -アミラーゼおよびグルコアミラーゼの活性はエタノール非存在下の76.4% および91.0% であることが報告されている<sup>1)</sup>。また、同菌の総アミラーゼ活性は20%の食塩水中で、10日にわたり初発活性の70%以上の活性を維持したとの報告もある<sup>2)</sup>。これらアルコール耐性、耐塩性は、清酒製造におけるアルコール存在下での米の糖化や、味噌・醤油製造における食塩存在下での糖質の分解を可能とする重要な性質であり、麹菌が長年発酵食品の製造に利用されてきた理由と考えられる。

一方、食用きのこ類もアミラーゼやプロテアーゼを生産することが知られているが<sup>3,4)</sup>、食品製造に利用することを前提とした研究はこれまでほとんどなされていなかった。しかし、近年松井らによりヒラタケ、エノキタケ、マツタケなどのきのこ類のアルコールデヒドロゲナーゼを利用したワイン、ビール、清酒などのアルコール飲料の製造が報告され<sup>5-7)</sup>、その後さらにスエヒロタケ、エノキタケ、カワラタケなどのプロテ

アーゼを利用したチーズ、発酵大豆、発酵豆乳、発酵肉など様々な発酵食品の開発が次々と報告された<sup>8-11)</sup>。これらのきのこ発酵食品は線溶活性や抗トロンピン活性など従来の発酵食品にはない優れた機能性を有することなどから、新規な機能性食品として注目を集めており、きのこ類を用いた発酵食品製造の研究が盛んに進められるようになってきている。例えば、中村らはエノキタケ、タモギタケ、ヌメリツバタケを用いたキノア味噌の製造を報告している<sup>12)</sup>。著者らもきのこ類の生産するプロテアーゼについての研究を行っており、マンネンタケ、ヌメリツバタケ、エノキタケなどきのこ類にも耐塩性を有するプロテアーゼを生産する菌が多く存在しており、一部の菌のプロテアーゼは、麹菌のプロテアーゼよりも耐塩性が高いことなどを報告してきた<sup>13)</sup>。さらに、これら耐塩性を有するプロテアーゼを生産するきのこ類を利用して味噌・醤油の試醸を行い、エノキタケやヌメリツバタケなどの菌が味噌・醤油の製造に適していることを示してきた<sup>14,15)</sup>。一方、著者らは食品加工において非常に重要な酵素であるアミラーゼについても注目し、アルコール耐性や耐塩性の高いアミラーゼを生産するきのこ株の選抜を試みたところ、数株の高いアルコール耐性を有するアミラーゼを生産するきのこ類を選抜することができた<sup>16)</sup>。本稿ではこれらきのこ類の生産するアミラーゼのアルコール耐性、耐塩性について解説すると共に、当該菌を用いた味醂の試醸について紹介する。

Production of Fermented Food using Mushrooms ~ Screening of mushrooms having alcohol-tolerant amylase activity for making "Mirin" ~

Hiroto HOMMA, Hiroharu TOKUDA (Junior College of Tokyo University of Agriculture, Department of Brewing and Fermentation, 1-1-1, Sakuragaoka Setagaya, Tokyo 156-8502, JAPAN)

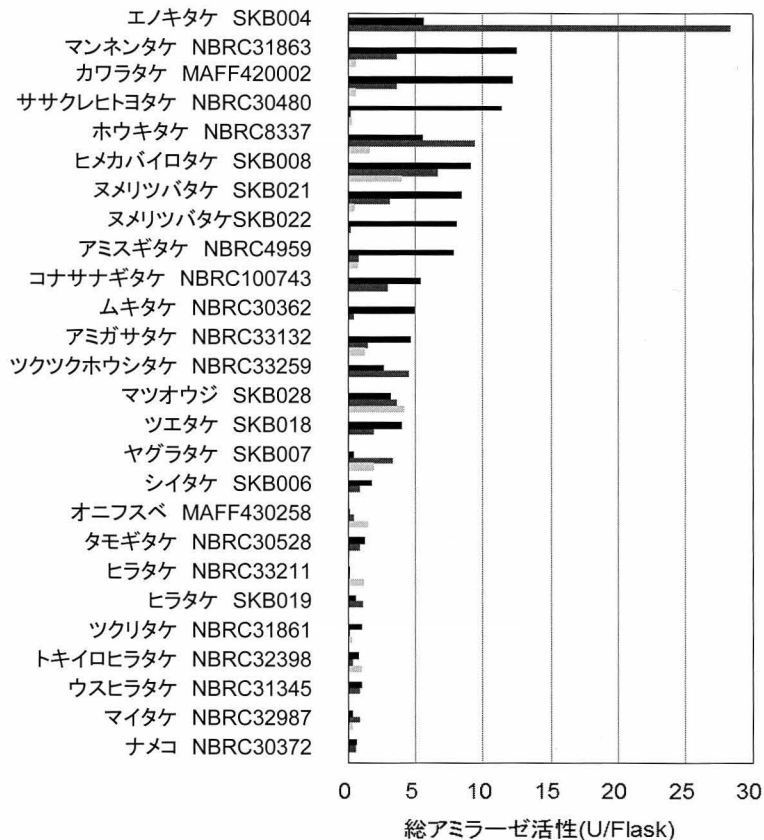
## 2. アミラーゼ高生産性きのこ株の選抜

食用・薬用きのこ株合計 91 株を、可溶性デンプンを炭素源とする SY 平板培地で培養し、ヨウ素を加えヨウ素デンプン反応に供して培地表面に形成されるクリアゾーンにより 26 株のデンプン高分解株を選抜した。この 26 株を米培地、木粉培地あるいは SY 液体培地を用いて 21 日間培養した後、総アミラーゼ活性および $\alpha$ -アミラーゼ活性を測定し、エノキタケ SKB004 株など 13 株をアミラーゼ高生産株として選抜した（第 1 図）。

## 3. 選抜菌のアミラーゼにおよぼすアルコール、塩および酸の影響

きのこ類を発酵食品の製造に利用するためには、その菌が生産するアミラーゼがアルコール耐性、耐塩性

あるいは耐酸性を有していることが望ましい。そこで、前項で選抜した 13 株のきのこ類の総アミラーゼ活性におよぼすアルコール、食塩および酸の影響について検討を行った。すなわち、エタノール・食塩無添加、pH5.0 の条件における活性値を基準として様々な条件下での総アミラーゼ活性を測定したところ、エタノール 20% 存在下においては、マンネンタケ NBRC31863 株でもっとも高い残存活性（89.5%）が得られた（第 1 表）。同一条件下における市販米麹アミラーゼの残存活性は 72.3% であることから、試験した 13 株のうち 4 株が市販米麹よりもアルコール耐性の高いアミラーゼを有することが明らかになった。また、食塩 15% 存在下において最も高い残存活性を示したのはアミスギタケ NBRC4959 株のアミラーゼであり、残存率は 77.0% であった。同一条件下における市販米麹の残存活性は 60.7% であり、試験した 13 株のうち 8



第 1 図 きのこ類の各種培地における総アミラーゼ活性。

■：米培地，■：木粉培地，■：SY 液体培地。

第1表 エタノール, 食塩, および pH がきのご類の総アミラーゼ活性におよぼす影響

菌株	総アミラーゼ活性 (%) <sup>1)</sup>								
	エタノール			食塩			pH		
	20%	10%	5%	15%	10%	5%	3.0	5.0	7.0
マンネンタケ NBRC31863 (米培地)	89.5	82.8	91.0	73.5	94.6	97.0	88.2	100.0	40.9
ヌメリツバタケ SKB021 (米培地)	81.5	84.1	84.5	50.7	50.8	69.2	9.3	100.0	28.7
アミスギタケ NBRC4959 (米培地)	76.4	78.6	83.9	77.0	83.0	84.6	38.6	100.0	50.2
アミガサタケ NBRC33132 (米培地)	75.0	86.2	98.9	69.3	81.4	103.9	26.2	100.0	77.6
ツクツクホウシタケ NBRC33259 (木粉培地)	72.1	80.0	84.2	69.1	77.3	86.2	44.8	100.0	48.4
ササクレヒトヨタケ NBRC30480 (米培地)	71.6	57.8	61.6	30.7	41.4	45.5	18.6	100.0	56.3
ホウキタケ NBRC8337 (木粉培地)	70.6	73.4	89.6	67.1	72.9	86.5	77.8	100.0	55.4
マツオウジ SKB028 (SY 培地)	69.9	70.7	84.3	67.3	68.9	71.7	72.3	100.0	32.6
ヒメカバイロタケ SKB008 (米培地)	66.8	69.5	72.2	60.5	78.0	82.6	23.6	100.0	63.5
カワラタケ MAFF420002 (米培地)	67.4	79.3	125.0	62.9	56.3	73.4	48.0	100.0	71.1
エノキタケ SKB004 (木粉培地)	66.3	68.9	75.3	62.9	67.7	71.1	53.7	100.0	60.4
オニフスベ MAFF430258 (SY 培地)	64.5	68.1	85.1	36.2	44.9	58.8	17.1	100.0	45.4
ヌメリツバタケ SKB022 (米培地)	43.3	53.1	79.4	57.1	57.1	76.8	40.4	100.0	71.3
黄麹菌 (市販米麹)	72.3	80.3	85.3	60.7	62.6	68.2	38.6	100.0	51.2

1) エタノール 0%, 食塩 0%, pH5.0 の時の値を基準値として算出

株が市販米麹よりも耐塩性の高いアミラーゼを有することが明らかとなった。さらに酸性条件下 (pH 3.0) ではマンネンタケ NBRC31863 株のアミラーゼの残存率 (88.2%) が最も高かった。元来、マンネンタケやアミスギタケなどの担子菌類は、高濃度のエタノールや塩化ナトリウムの存在する環境下で生育する菌ではないことから、このような酵素の性質は、何らかの他の形質 (例えば乾燥耐性など) を獲得した際に副次的に獲得した形質である可能性も考えられるが、これについては想像の域を出ない。また、前述したように麹菌のアミラーゼはアルコール耐性や耐塩性が高いと報告されているものの<sup>1,2)</sup>、他の糸状菌のアミラーゼと広く網羅的にアルコール耐性や耐塩性を比較調査した研究報告は無いため、実際には麹菌よりもアルコール耐性や耐塩性の高いアミラーゼを生産する糸状菌は多く存在している可能性も考えられた。

総アミラーゼ活性は、 $\alpha$ -アミラーゼ活性や $\alpha$ -グルコシダーゼ活性など様々な酵素の複合的な働きで示される活性であるため、それぞれの酵素の活性におよぼすエタノール、食塩の影響についても調べた。エタノール・食塩無添加、pH 無調整の条件における活性値を基準として、様々な条件下で $\alpha$ -アミラーゼ活性を測定したところ、エタノール 20% 存在下において最も高い残存活性を示したのはオニフスベ MAFF430258 の $\alpha$ -アミラーゼであり、残存率は 69.6% であった (第 2 表)。同一条件下における市販米麹の残存活性は 27.2% であり、試験した 13 株のうち 12 株が市販米麹よりもアルコール耐性の高い $\alpha$ -アミラーゼを有することが明らかになった。また、食塩存在下における $\alpha$ -アミラーゼ活性は、試験した 13 株全てにおいて市販米麹より高い残存活性を示した。

$\alpha$ -グルコシダーゼのアルコール耐性、耐塩性につ

いては、総アミラーゼのアルコール耐性が高かったマンネンタケ NBRC31863 株など 3 株、および総アミラーゼ活性が最も高かったエノキタケ SKB004 株の計 4 株についてのみ調べた。その結果、エタノール 20%

存在下において最も高い残存活性を示したのはアミスギタケ NBRC4959 株 (52.1%) であった (第 3 表)。一方、同一条件下における市販米麴の残存活性は 72.4% であり、試験した 4 株の生産する  $\alpha$ -グルコシダ

第 2 表 エタノール、食塩、および pH が  $\alpha$ -アミラーゼ活性におよぼす影響

菌株	$\alpha$ -アミラーゼ活性 (%) <sup>1)</sup>								
	エタノール			食塩			pH		
	20%	10%	5%	15%	10%	5%	3.0	5.0	7.0
オニフスベ MAFF430258 (SY 培地)	69.6	87.5	91.1	60.7	80.4	89.3	58.9	104.5	72.3
ササクレヒトヨタケ NBRC30480 (米培地)	65.2	95.7	117.4	130.4	150.7	120.3	46.4	56.5	39.1
アミスギタケ NBRC4959 (米培地)	61.1	90.2	94.6	52.7	69.0	80.7	9.1	119.5	94.1
ツクツクホウシタケ NBRC33259 (木粉培地)	61.1	71.3	80.1	47.7	58.7	60.1	50.9	58.4	55.6
カワラタケ MAFF420002 (米培地)	57.8	81.4	88.5	49.3	57.1	66.8	15.2	96.8	57.7
ヒメカバイロタケ SKB008 (米培地)	57.7	84.5	92.5	84.9	99.0	102.3	15.5	59.7	161.5
ヌメリツバタケ SKB022 (米培地)	57.6	82.2	92.9	77.7	95.7	102.7	9.6	71.4	91.3
エノキタケ SKB004 (木粉培地)	56.1	82.2	107.7	92.4	99.3	101.3	60.9	109.9	87.3
ヌメリツバタケ SKB021 (米培地)	53.1	80.5	91.7	92.3	102.9	109.5	12.5	87.7	81.1
マンネンタケ NBRC31863 (米培地)	50.0	72.8	83.3	73.7	76.8	80.3	15.4	114.0	111.4
マツオウジ SKB028 (SY 培地)	49.1	73.3	82.8	58.6	59.5	74.1	41.4	75.9	59.5
アミガサタケ NBRC33132 (米培地)	45.3	60.3	73.5	42.7	49.0	86.6	5.3	81.4	66.4
ホウキタケ NBRC8337 (木粉培地)	25.8	77.5	100.0	108.9	109.4	102.3	25.4	148.4	115.0
黄麴菌 (市販米麴)	27.2	63.3	93.7	25.7	32.1	35.4	26.6	219.3	95.9

1) エタノール 0%, 食塩 0%, pH 無調整の時の値を基準値として算出

第 3 表 エタノール、食塩、および pH が  $\alpha$ -グルコシダーゼ活性におよぼす影響

菌株	$\alpha$ -グルコシダーゼ活性 (%) <sup>1)</sup>								
	エタノール			食塩			pH		
	20%	10%	5%	15%	10%	5%	3.0	5.0	7.0
アミスギタケ NBRC4959 (米培地)	52.1	75.3	83.6	77.9	78.9	81.9	162.8	100.0	23.5
エノキタケ SKB004 (木粉培地)	47.5	85.4	97.7	63.3	64.0	86.1	54.1	100.0	99.7
ヌメリツバタケ SKB021 (米培地)	31.9	57.4	77.2	41.0	46.9	55.9	115.6	100.0	2.7
マンネンタケ NBRC31863 (米培地)	31.1	56.5	76.9	70.5	76.7	74.9	269.2	100.0	71.7
黄麴菌 (市販米麴)	72.4	85.0	93.3	82.2	87.9	99.4	78.5	100.0	54.5

1) エタノール 0%, 食塩 0%, pH5.0 の時の値を基準値として算出

ーゼは、いずれも市販米麴の $\alpha$ -グルコシダーゼよりアルコール耐性が低かった。また、塩化ナトリウム15%存在下における市販米麴の残存活性が82.2%であるのに対し、試験した4株中で最も高い値を示したアミスギタケ NBRC4959 株の残存活性が77.9%であり、いずれの菌の $\alpha$ -グルコシダーゼについても市販米麴の $\alpha$ -グルコシダーゼより耐塩性は低かった。酸性条件下 (pH 3.0) における $\alpha$ -グルコシダーゼはマンネンタケ NBRC31863 株など3株において高い値が示され、これら菌株の $\alpha$ -グルコシダーゼの至適 pH は酸性域にあることが示唆された。

以上のことから、試験した13株のうち、総アミラーゼに関して最も高いアルコール耐性および耐酸性を示したマンネンタケ NBRC31863 株は味醂や乳酸発酵食品などの製造に、高い耐塩性を示したアミスギタケ NBRC4959 株は醤油や味噌などの製造に使用可能であると推察された。また、きのご類の生産する $\alpha$ -アミラーゼはアルコール耐性や耐塩性が高いものの $\alpha$ -グルコシダーゼについてはそれらが低いことから、きのご類を用いた発酵食品の製造では、原料の液化反応は進行しやすいが糖化反応は進行しにくいものと予想され、オリゴ糖類が蓄積する可能性が考えられた。

#### 4. きのご味醂の試験

我が国特有の酒類調味料である味醂は、「麴と蒸し米に焼酎を加える」という独特の製法にて製造される。そのため、仕込み開始時には濃度20%以上のエタノール存在下において糖化が行われるが<sup>17)</sup>、前項で選抜した「アルコール耐性の高いアミラーゼを有するきのご類」は、このような味醂の製造に利用できる可能性が考えられた。

そこで、マンネンタケ NBRC31863 株、ヌメリツバタケ SKB021 株、アミスギタケ NBRC4959 株、あるいはエノキタケ SKB004 株を用いて、「きのご類」を作成し、これを用いた「きのご味醂」の試験を行った。この際、黄麹菌の場合とは異なり、きのごを用いる場合にはいわゆる製麴に長時間を要するため、ポリエチレン製のマイタケ栽培袋 (信越農材株式会社・SF-25P-30) を使い、滅菌して無菌環境下で作業を行うこととした。すなわち、袋内に米200gと水を100ml~200ml (菌により最適条件が異なる) 入れてオートクレーブ滅菌 (121℃, 60分) し、米培地の厚みが



第2図 ヌメリツバタケ SKB021 株を用いて製造したきのご麴の様子 (培養14日後)

1~2cm となるように伸ばした後、ここにあらかじめ PDA 培地で前培養しておいた担子菌を接種し、25℃で2~5週間培養し、「きのご類」を得た (第2図)。

2L容ネジ蓋付ガラスビンに、「きのご類」2袋および40% (v/v) エタノール480mLを加え、定期的に攪拌しながら2ヶ月間熟成を行った。マンネンタケ NBRC31863 麴、ヌメリツバタケ SKB021 麴、あるいはアミスギタケ NBRC4959 麴を用いた場合には、30日間の熟成により原料の米粒が崩壊して粥状になっていた。60日後には米粒の崩壊がさらに進行し、最も米粒の崩壊が進んでいたアミスギタケ NBRC4959 麴については、ほぼ全体が液化して糊状となっていた (第3図)。これに対して、エノキタケ SKB004 麴を用いた場合ではもろみ中の米粒は60日の熟成を行ってもあまり崩壊せず原形を留めていた。これはアミスギタケ NBRC4959 の米培地における $\alpha$ -アミラーゼ活性がエノキタケ SKB004 の $\alpha$ -アミラーゼ活性よりも顕著に高く、アルコール耐性もやや高いことが影響しているものと思われる。このような熟成を経て調製されたもろみの遠心分離上清を濾過し、4種の「きのご味醂」を得た。

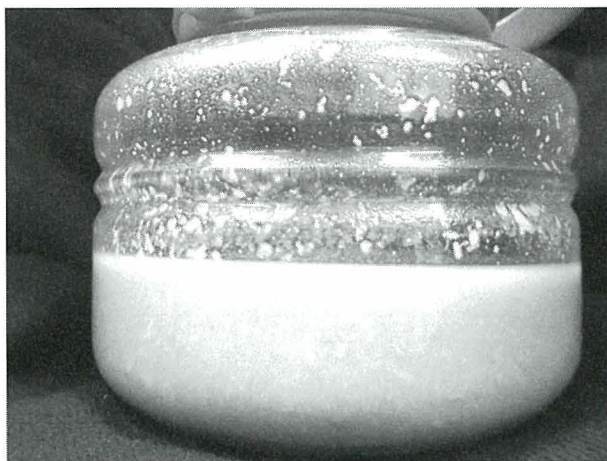
各「きのご味醂」の一般成分分析を行ったところ、全糖量が最も高かったのはヌメリツバタケ SKB021 麴を用いた味醂 (180g/L) であり、次いでマンネンタ

ケ NBRC31863 麹を用いた味醂 (177 g/L) がそれに続いた (第 4 表)。また、還元糖濃度、グルコース濃度が最も高かったのはマンネンタケ NBRC31863 麹を用いた味醂であり、それぞれ 173 g/L、および 129 g/L であった。マルトースについては、いずれのきのこ味醂においても含有量は低かったが、ヌメリツバタケ SKB021 麹の味醂およびマンネンタケ NBRC31863 麹の味醂ではグルコースとマルトースの合計値と還元糖量の間に大きく開きがあるため他のオリゴ糖が含まれているものと思われた。一方、比較対象として分析した市販本味醂の全糖濃度は 426 g/L、還元糖濃度は 279 g/L であり、試醸したきのこ味醂は市販本味醂と比較して全体的に含有糖量が少ない傾向が認められた。

有機酸量を滴定酸度 I で、アミノ酸量を滴定酸度 II およびホルモール窒素量で定量した<sup>18)</sup>。その結果、

滴定酸度 I、滴定酸度 II、およびホルモール窒素は、いずれも試醸したきのこ味醂において、市販本味醂よりも数倍高い値が示され、試醸したきのこ味醂は、有機酸とアミノ酸の含有量が高いことが示された。きのこ類はリンゴ酸、コハク酸、フマル酸、クエン酸などの有機酸を生産することが知られており<sup>19)</sup>、またプロテアーゼ生産性も高いことから、製造過程において有機酸とアミノ酸が生成されたものと推察された。

さらに、きのこ味醂の色度は、いずれも市販本味醂の色度 (0.03) より濃色であり、最も高い値を示したエノキタケ SKB004 麹味醂では 0.53 (茶褐色)、最も低い値を示したマンネンタケ NBRC31863 麹味醂でも 0.21 (淡黄色) であった。長期間貯蔵し熟成させた古味醂はメイラード反応によりメラノイジンが生成し褐色となること<sup>20)</sup>、さらにはきのこ類にはポリフェノ



第 3 図 アミスギタケ NBRC4959 株のきのこ麹を用いて試醸した味醂醪の様子 (糖化 60 日後)

第 4 表 試醸したきのこ味醂の一般成分

菌株	全糖 (g/L)	還元糖 (g/L)	グルコース (g/L)	マルトース (g/L)	エタノール (g/L)	ホルモール窒素 (%)	酸度 I	酸度 II	pH
ヌメリツバタケ SKB021	180	151	123	14	178	0.098	2.4	1.8	5.0
マンネンタケ NBRC31863	177	173	129	9	195	0.034	1.2	1.0	5.2
アミスギタケ NBRC4959	173	121	95	33	172	0.095	2.3	1.2	4.6
エノキタケ SKB004	97	84	76	10	183	0.112	1.0	1.4	6.6
黄麹菌 (市販本味醂)	426	279	295	73	87	0.017	0.3	0.3	5.8

ールオキシダーゼなどの酸化還元酵素を有するものが知られていることから、アミノ酸含有量が高いきのこ味醂では、メイラード反応の短期間での進行や各種酵素による褐色色素の生成が色度の上昇に寄与している可能性も考えられた。

これら試醸したきのこ味醂4種および市販本味醂1種について、パネリスト20人により官能検査を行った。色、香り、および味について順位法で評価したところ、色についてはきのこ味醂の評価が高かったものの、香りおよび味については市販本味醂の評価がきのこ味醂よりも高かった(第5表)。しかしながら、きのこ味醂の中で最も評価の高かったマンネンタケNBRC31863麴を用いて試醸した味醂と市販本味醂の官能評価に関して、有意水準5%でt検定したところ、色以外に有為差は認められず、香り、味については、ほとんど差がないものと考えられた。また、味醂は、通常は飲用されることよりも調味料として加熱調理に利用されることが多いことから、マンネンタケNBRC31863麴を用いて試醸した味醂および市販本味醂を用いて調理した「里芋の煮付」について、パネリスト20人により3点識別法で官能検査を行った。その結果、正解者数はパネリスト20人中9人であり、過半数以上がマンネンタケNBRC31863麴の味醂を用いたものと市販本味醂を用いたものを識別することができなかった。さらに、この結果を有意水準5%でt検定したところ、市販本味醂とマンネンタケNBRC31863麴味醂との間に有意な差がないことが示された。したがって、一般的な味醂の用途である「料理での使用」においては、マンネンタケNBRC31863麴味醂は市販の本味醂と同様に用いることが可能であ

ると考えられた。

## 5. きのこ味醂の機能性

きのこ類を用いて製造した発酵食品は抗酸化活性、線溶活性、および抗トロンピン活性など様々な機能性を有していることが報告されている<sup>8-11,14)</sup>。一方味醂についても、数年間熟成させた古味醂には抗酸化活性が認められ、それには着色成分メラノイジンが大きく寄与していることなどが報告されている<sup>20)</sup>。そこで、きのこ味醂の抗酸化活性をDPPHラジカル消去能により測定した。その結果、いずれのきのこ味醂においても抗酸化活性が認められ、中でもヌメリツバタケSKB021麴を用いた味醂において最も高い抗酸化活性(33.3 nmol-Trolox/mL)が得られた。一方、今回用いた市販の本味醂からは抗酸化活性は検出されなかった。貯蔵期間が短くてもきのこ味醂が顕著な抗酸化活性を有するという事は、機能性食品としてのきのこ味醂の大きな特性であると言える。

## 6. 終わりに

従来の発酵食品に利用されてきた糸状菌は麴菌類数種、*Rhizopus*属数種、および*Penicillium*属数種などが主要なものとして挙げられるが、その種類は少ない。地球上には無数の糸状菌が存在しているものの、新規な糸状菌を土壌等から分離しても安全性を証明することが難しいため、発酵食品製造に利用することは困難である。一方、食用きのこ類は国産のものだけでも100種以上存在しており、長い間の食経験から安全性も保証されている。そのため、発酵食品製造や食品加工などに用いる糸状菌を探索するためのスクリーニングソースとして、大きな可能性を秘めていると考えられる。

本研究において、きのこ類にはアルコール耐性、耐塩性、および酸耐性を有するアミラーゼを生産する菌が複数存在することが明らかになった。また、それら菌の中には味醂の製造に利用可能な菌の存在も確認できた。また、著者らは同様に耐熱性アミラーゼ生産性を有するきのこ類のスクリーニングを行ない、取得菌を用いた甘酒の製造にも既に成功している(未発表データ)。このように食用きのこ類は、味醂に限らず様々な発酵食品の製造に適用可能であり、今後ますますその用途開発がなされるものと期待される。

第5表 試醸したきのこ味醂の順位法による官能評価

菌株	平均順位		
	色	香り	味
マンネンタケNBRC31863	2.60*	2.80	2.30
アミスギタケNBRC4959	3.55*	2.55	3.30*
ヌメリツバタケSKB021	2.00*	4.35*	3.45*
エノキタケSKB004	2.75*	3.10	4.10*
黄麴菌(市販本味醂)	4.10	2.20	1.85

\*市販本みりんに対しての有為差 ( $p < 0.05$ ,  $n = 20$ )



本稿は日本きのこ学会誌第23巻2号に寄稿した論文を要約し、再編したものである<sup>16)</sup>。研究成果を広く紹介する機会を与えていただいた日本醸造協会編集部の方々に深く御礼申し上げます。

〈東京農業大学短期大学部醸造学科〉

### 引用文献

- 1) 岩野君夫, 岡田光司, 三上重明, 椎木敏: 醸協, **84**, 259-263 (1989)
- 2) 今原広次: 京都府立大学學術報告 農學, **12**, 134-138 (1960)
- 3) 川合正允: きのこの加水分解酵素, 「きのこの利用」, 築地書館, 東京 pp 106-126 (1988)
- 4) 寺下隆夫, 楠田瑞穂, 松川祥子, 永井勝, 吉川賢太郎, 坂井拓夫: 日本応用きのこ学会誌, **8**, 115-120 (2000)
- 5) Okamura, T, Ogata, T, Toyoda, M, Tanaka, M, Minamimoto, N, Takeno, T, Noda, H, Fukuda, S and Ohsugi, M: Mushroom Sci Biotechnol, **8**, 109-114 (2000)
- 6) Okamura, T, Ogata, T, Minamimoto, N, Takeno, T, Noda, H, Fukuda, S and Ohsugi, M: Biosci Biotechnol Biochem, **65**, 1596-1600 (2001)
- 7) Okamura, T, Ogata, T, Minamimoto, N, Takeno, T, Noda, H, Fukuda, S and Ohsugi, M: Food Sci Technol Res, **7**, 88-90 (2001)
- 8) 松井徳光: 日本きのこ学会誌, **24**, 169-175 (2017)
- 9) Okamura-Matsui, T, Takemura, K, Sera, M, Takeno, T, Noda, H, Fukuda, S and Ohsugi, M: J Biosci Bioeng, **92**, 30-32 (2001)
- 10) Okamura-Matsui, T, Izuta, H, Tomoda, T, Noda, H, Fukuda, S and Ohsugi, M: Food Sci Technol Res, **9**, 227-230 (2003)
- 11) 田畑麻里子, 福田祥子, 大杉匡弘, 佐藤美次, 山川友宏, 波多野健二, 野池利彰, 松井徳光: 日本きのこ学会誌, **16**, 159-163 (2008)
- 12) 中村和夫: 醸協, **110**, 388-389 (2015)
- 13) 中村和夫, 川村拓未, 本間裕人, 中西載慶: 日本きのこ学会誌, **19**, 121-124 (2011)
- 14) 本間裕人, 中村和夫, 川村拓未, 徳田宏晴, 中西載慶: 日本きのこ学会誌, **21**, 23-29 (2013)
- 15) Homma, H, Tokuda, H, Nagashima, R, Nakamura, K and Nakanishi, K: Mushroom Sci Biotechnol, **23**, 20-30 (2015)
- 16) 本間裕人, 徳田宏晴, 安井文, 間宮千尋, 中村和夫, 中西載慶: 日本きのこ学会, **23**, 65-74 (2015)
- 17) 柳田藤治: みりん, 「改訂醸造学」(野白喜久雄, 小崎道雄, 好井久雄, 小泉武雄編) 講談社, 東京, pp 87-92 (1993)
- 18) 安藤達彦, 吉田宗広: 身のまわりの食品化学実験, 三共出版, 東京, 183 p (2011)
- 19) 青柳康夫: キノコの味, 「キノコの化学」(菅原龍幸編), 朝倉書店, 東京, pp 106-113 (1997)
- 20) 竹村朋実, 渡部清香, 田中万祐子, 進藤齊, 小泉武夫, 高橋康次郎: 醸協, **106**, 547-555 (2011)