

# 食品分野で広く活用される 酵母菌

公益社団法人 日本技術士会 登録  
食品産業関連技術懇話会  
技術士（農業部門）

石田 賢吾



酵母菌は日本の国菌と呼ばれる麹菌と共に、日本においては古くから研究が行われ、バイオテクノロジーの基礎を作り上げたといえる。また、昨年のノーベル生理学・医学賞に輝いた大隅良典先生は、酵母を材料にしてオートファジー現象を解明された。

酵母は分類学では、カビ群と同じ菌類（Fungi）中の真正菌類（Eumycetes）に属する。実用面からパン酵母（baker's yeast、学名 *Saccharomyces cerevisiae*）、ビール酵母（brewer's yeast、学名 *Scarlbergensis*、最近 *S.uvarum*）、清酒酵母（sake yeast、*S.sake* または *S.cerevisiae*）、醤油酵母（soya yeast、*S.rouxii*）、ワイン酵母（wine yeast、*S.ellipsoides*）、トルラ酵母（*Candida utilis*）、石油酵母（petroleum yeast、*Candida sp.*）、食用酵母（food yeast）あるいは飼料酵母（fodder yeast）などの呼び方もある<sup>1)</sup>。

このような酵母は、酵母の発酵作用を活用した酒類や発酵食品の製造、および菌体成分を活用した調味料や生態機能の調節成分などの製造と幅広く活用されている。

本稿では、酵母の多面的利用の概要と、調味料や清酒への利用について解説する。

## 1. 酵母菌の多面的利用

酵母の利用は、酵母菌体に含まれる成分を利用するもの（菌体成分の利用）と、酵母の有するエチルアルコール、炭酸ガス生成能や風味成分を活用するもの（発酵機能の活用）の2つに分類される。

菌体成分の利用は、ビールなどを醸造した後の酵母を利用するものと、パン酵母、トルラ酵母のように酵母菌体を培養して使用するものに分類される。後者の場合は、酵母を培養する糖原料としては、砂糖精製後の糖蜜など比較的安価な原料が使用される。

菌体成分の利用も、その内容成分を抽出して利用する場合と、抽出した後に残る不溶性の細

胞壁成分を活用（植物活性資材、食品用コーティング剤、食物繊維など）する場合がある。抽出物の利用もそのままエキスとして活用するものと、内容成分を分離、精製して利用する場合や、分解して使用するなど利用法は多岐にわたっている。それらの概要をまとめて表1に示した。

## 2. 酵母菌体に含まれる成分

酵母菌体には、たんぱく質をはじめビタミン、ミネラル、核酸、グルタチオン、食物繊維など各種の栄養学的に重要な成分が含まれる。表2にビール酵母の成分分析例を示した。

このように栄養面、嗜好面に有益な成分が含まれるために、多様な用途が開発されたといえる。

表1 酵母の酒類・食品利用の事例

分類	製造法	利用の事例	
酵母菌体の利用	培養・抽出	酵母エキス（調味料用） 酵母エキス（微生物培地、栄養成分、機能性成分）	
		培養・分離・精製	グルタチオン コエンザイム Q10 RNA、DNA、その他核酸関連物質 ビタミン類
	細胞壁	培養・分離・精製	植物活性資材 食品用コーティング剤、食物繊維
	菌体全体	培養・精製・乾燥	ミネラル含有酵母（セレン、亜鉛 など）
		培養・精製・乾燥	食品素材
培養・精製・乾燥		飼料	
酵母の発酵作用	発酵機能（エチルアルコール生成、風味成分生成など）	酒類 清酒酵母（一般、吟醸）、焼酎酵母 エチルアルコール生成（食品用、工業用） ビール酵母（上面発酵、下面発酵） ワイン酵母（一般、キラー酵母） 発酵調味料 味噌・醤油・食酢など	
	発酵機能（炭酸ガス生成、風味成分生成など）	パン酵母（パン、クッキーなど） 一般パン酵母、冷凍耐性酵母、フレーバー酵母	

表2 ビール酵母の成分分析例（木田氏より引用）<sup>2)</sup>

大分類	成分	分析例	大分類	成分	分析例
ビタミン類	ビタミンB1	22.1mg	ミネラル類	鉄	6.9mg
	ビタミンB2	3.04mg		銅	428 $\mu$ g
	ビタミンB6	2.96mg		マンガン	1.29mg
	ビタミンB12	0.03 $\mu$ g		亜鉛	2.20mg
	エルゴステロール	184mg		セレン	52 $\mu$ g
	コリン	400mg	一般成分	たん白質	49.7g
	ナイアシン	35.1mg		脂質	4.5g
	葉酸	2.6mg		糖質	7.6g
	パントテン酸	1.19mg		灰分	6.0g
	ビオチン	119 $\mu$ g		食物繊維	30.5g
ミネラル類	イノシトール	489mg	エネルギー	270kcal	
	カルシウム	45.7mg	その他	グルタチオン	480mg
	リン	1,360mg		核酸	3,000mg
	カリウム	1,330mg			
	マグネシウム	205mg			

（乾燥酵母、100 g 当たり）

### 3. 調味料としての利用（酵母エキス）

調味料としてのビーフエキスの源流は1865年有名な科学者リービッヒが栄養剤として開発した「Liebig Fleisch-Extract」に始まる<sup>2)</sup>。このビーフエキスは最初栄養剤、次いで調味料と

しての用途が拡大した。リービッヒはこれに加えて、ビール酵母から肉様の香味を有する調味料ができることに着目し、酵母エキスの歴史がスタートしたとされている<sup>3)</sup>。その後1942年頃から欧米でパン酵母を原料とした自己消化型の酵母エキスが開発された。日本初の酵母エキ

スは「ミースト」(エビオス薬品工業株、現アサヒグループ食品株)で、1996年に発売されている<sup>4)</sup>。

## 1) 酵母エキスの製造法

### (1) 一般の酵母エキス

一般の酵母エキスは、ビール酵母やパン酵母、トルラ酵母を原料にして、自己消化法や酵素を応用した方法によって製造される。ビール酵母を原料とする場合には、ビール醸造後、酵母菌体を分離、洗浄後、自己消化処理される。自己消化では酵母菌自身が持つプロテアーゼや核酸分解酵素などで菌体成分が分解される。分解物から不溶解成分を分離除去した後、殺菌・濃縮してエキスペーストが作られる。これを粉末化すれば、エキス粉末が得られる。また、酵母臭の低減や風味改善などの目的で、洗浄、加熱、調合、熟成などの工程が行われる。

酵母エキスの一般分析値として、水分4.0～21.1%、全窒素5.0～12.5%、グルタミン酸3.3～9.0%、5'-ヌクレオチド0.3～3.0%の報告<sup>5)</sup>がある。

### (2) 高核酸・高グルタミン酸酵母エキス

酵母エキスの呈味成分は、各種のアミノ酸、ペプチド、核酸関連物質に加えて、原料や製造工程に由来する香気成分から成り立っているが、近年、呈味成分の強化を目的にして高グルタミン酸や高核酸関連物質を含有する酵母エキスが開発されている。これらは、グルタミン酸を生成蓄積する能力の高い酵母菌の選抜<sup>6)</sup>、酵母に含まれる核酸にヌクレアーゼ、デアミナーゼなどを作用させて、5'-グアニル酸、5'-アデニル酸、5'-イノシン酸を生成させるものである<sup>7)</sup>。これらの酵母エキスには、グルタミン酸が20%以上(MSG換算)含有されるもの<sup>4)、7)、8)</sup>やイノシン酸やグアニル酸が10～20%以上も含まれる製品が開発されている<sup>9)、10)、11)</sup>。

### (3) メイラード反応の応用

食品の風味生成に糖とアミノ酸の間で起こるメイラード反応が関与することは良く知られている。酵母エキスにも糖とアミノ酸が含まれ、また、その他の食品素材も含めて、一定の温度、水分濃度のもとで加熱調理することにより、ミートフレーバー、ローストフレーバーなどが生成する。このようなマイルドなクッキングテクノロジーの応用により各種の酵母エキスが開発されている<sup>4)、12)</sup>。

## 2) 酵母エキスの使用効果

酵母エキスは、うま味、コク味の付与増強を中心に肉風味や調理風味の増強のために、洋風、和風、中華風のスープを始め、農産、水産、畜産原料を使用した殆どの加工食品に使用されている。その使用効果は下記の通りである。

### (1) 基本的な調味効果

一般的な酵母エキスの使用効果につき、鈴木氏は次のように報告されている<sup>4)</sup>。

- ①底味・濃厚感・深み・ボディ感・コク・厚み・呈味増幅(うま味調味料などでは不足する部分を補う。)
- ②マイルド・熟成感・まろやか・まろみ(まろやかでマイルドな風味に仕上がる。)
- ③先味・中味・後味(各種の酵母エキスにより、味を感じるタイミングを設計できる。)
- ④複雑・エグ味・収斂味(味のアクセントや隠し味として、自然な味をつくる。)
- ⑤味の緩衝作用(味のバランスと安定性を保つことができる。)

### (2) 減塩調味効果

佐野氏は、酵母エキスを主体にした「塩味様呈味増強素材」を開発し、本素材0.1%の添加で、30%以上の減塩効果(食塩0.2～2.0%の食品)を発揮することを報告されている<sup>13)</sup>。これは、麺つゆやラーメンスープに対して、0.1%添加することにより、30%減塩し

ても、この素材が塩味エンハンス効果を示し、減塩時の物足りなさを補っておいしい味となり、和、洋、中華風の分野に応用できるとされている。また、阿部氏らは酵母エキスの減塩に関与する成分として、5'-リボヌクレオチドと分岐鎖アミノ酸を同定している<sup>14)</sup>。その他、数社の酵母エキスの減塩効果について

の報告がある。

### (3) 特殊な風味の付与

酵母エキスのコク味、うま味、ミートフレーバーの強化、減塩効果に加えて、その他の風味増強や風味付与効果として、表3のような特殊な効果があることが報告されている。

表3 酵母エキスの特殊な風味付与効果<sup>4)</sup>

風味付与効果	効果の内容
辛味のエンハンス	特定の酵母エキスが、スパイス感、辛さ、カレー風味を強化する。同時にレトルト臭を低減
乳感、バニラ感のエンハンス	特定の酵母エキスが、クリームスープの乳感の向上、「カスタードクリーム」のミルク感、バニラ感の向上
スモーク風味の付与	特定の酵母エキスが、スモーク風味を強化し、かつお節を使用しないで「だし」ができる
ゴマ風味の付与	特定の酵母エキスが、ごまの特徴的な香りとしての、Roasty 香、Nutty 香、Fatty 香を強化
ガーリック風味の強化	特定の酵母エキスが、ガーリック風味の向上とロースト感を強化する <sup>12)</sup>

## 3) 酵母エキスの市場と生産量

### (1) 国内市場

酵母エキスの日本国内における生産・販売量は、15,289 トン（2015 年）と堅調で、前年比 6.8% 増と報告されている<sup>15)</sup>。

### (2) 世界市場

世界市場では依然 2 桁増の伸長が続き、特にナチュラル指向が強い欧州と、加工食品、外食産業が伸長する中国の需要が堅調。日本以外の酵母エキスの世界市場は、236,000 トン（2015 年）と報告されている<sup>15)</sup>。

ては、古くから研究されており、優れた酵母の造成について幾多の研究が行われた。

### (1) 協会ナンバー酵母

基本的な清酒酵母として、日本醸造協会による協会ナンバー酵母がある<sup>16)、17)</sup>。なかでも協会 6 号酵母は秋田県の新政酒造で生まれ、昭和 10 年に実用化され、寒さに強く、東北地方での純米酒に適した酵母とされている。次いで、7 号酵母は、昭和 21 年真澄酒造の諏訪蔵で発見され、落ち着いた香りとバランスのとれた味わいの清酒ができるとされ、真澄酵母とも呼ばれている。さらに、協会 9 号酵母（熊本酵母）は、昭和 43 年に熊本酒造研究所で開発され、吟醸酒づくりに適した酵母とされている。協会 10 号酵母（小川酵母）はリンゴ酸が少なく、吟醸香が高いとされている。その他、11 号（アルコール耐性酵母）、14 号酵母（金沢酵母）など特徴のある清酒酵母が開発され、現在でも使用されている。

## 4. 清酒に特徴をつける酵母

### 1) 清酒と酵母

清酒（日本酒）醸造においては、微生物的にみれば麹菌と酵母の作用が重要である。原料白米の澱粉、たんぱく質などが分解され、次いで酵母による発酵によってエチルアルコールと各種の香気成分が生成する。清酒用の酵母につい



## (2) 泡なし酵母

一方、清酒もろみで、酵母がアルコール発酵を始めると炭酸ガスが出て、もろみの表面に泡が立ち始め、高泡がでてやがて発酵は終了する。この発生する大量の泡のために、タンク容量の半分から3分の2ほどの量しか仕込みができないという生産性や製造管理面における問題点があった。島根県のある酒蔵で泡の立たないもろみが見つかり、この酵母について研究が加えられて、泡あり酵母の細胞壁は撥水性の素材で、泡なし酵母は親水性の細胞壁であることが明らかにされた。清酒醸造における有用酵母の開発として、UV照射と気泡非吸着性を利用した濃縮法により、泡なし酵母が開発された<sup>18)</sup>。これは泡なし酵母として、協会601号酵母、701号酵母、901号酵母として利用され始めた。現在の清酒用の酵母としては、この泡なし酵母が70%位使用されている。

## 2) 酵母による清酒香気の生成と吟醸酒酵母

近年日本酒は吟醸酒など香りに特徴のあるものが好まれ、海外でも注目され輸出の重要な対象になっている。清酒に含まれる成分は約500種類といわれ<sup>19)</sup>、この香気成分は、アルコール類、エステル類、有機酸類、その他カルボニル化合物など多数の成分から成り立っており、主として清酒酵母によって生成される。

近年注目されている吟醸酒は、花・ハーブや果実の華やかな香り、いわゆる吟醸香と甘さと酸味のバランスが良いタイプであり、精米歩合が60%以下で、吟醸酒用酵母を用いて低温でゆっくり発酵させて造られる。

吟醸酒の香気としては、カプロン酸エチルと酢酸イソアミルが有名である<sup>20)</sup>。リンゴ様の香を有し、吟醸香のうち含み香(口中に広がる香り)に寄与するカプロン酸エチルは、清酒酵母によってエチルアルコールとカプロン酸からエステラーゼにより、又は、エチルアルコールとカプロイル CoA からアルコールアシルトランスフェラーゼにより生成される。

バナナ様の香をもつ酢酸イソアミルは、アセチル CoA とイソアミルアルコールを基質としてアルコールアセチルトランスフェラーゼによって生成される<sup>21)</sup>。

このような特徴のある酵母の育種は、国、県の試験場や大学などで行われ、酢酸イソアミル香の優勢な「静岡酵母」、カプロン酸エチルの優勢な長野県の「アルプス酵母」、そして、「秋田流・花酵母」、「山形酵母」、福島「うつくしま夢酵母」など、いずれも香りが高く、酸の生成が少ないことから味わいがマイルドな酒ができる。各県が開発したオリジナル酵母が続々誕生し、吟醸香などの特徴のある清酒が造られている<sup>17)</sup>。

### 〈参考文献〉

- 1) 好井久雄ら編著：食品微生物ハンドブック、p181、技報堂出版(2003)
- 2) 木田隆生：月刊フードケミカル、(5) 58 (2013)
- 3) 船引龍平：必須アミノ酸研究、175 59 (2007)
- 4) 鈴木睦明：月刊フードケミカル、374 (6) 26 (2016)
- 5) 太田静行：食品化学新聞、6月27日号(1999)
- 6) 鈴木睦明：月刊フードケミカル、(11) 29 (2010)
- 7) 豊増敏久：月刊フードケミカル、(11) 39 (2010)
- 8) 池田咲子：月刊フードケミカル、(11) 34 (2010)
- 9) 松村伸康ら：月刊フードケミカル、(6) 34 (2010)
- 10) 池田咲子：月刊フードケミカル、(6) 27 (2010)
- 11) 徳永 税：月刊フードケミカル、(10) 38 (2006)
- 12) 古川裕考：月刊フードケミカル、(10) 34 (2011)
- 13) 佐野博之：月刊フードケミカル、(4) 49 (2016)
- 14) 阿部竜典ら：醤油の研究と技術、42 (2) 149 (2016)
- 15) 食品化学新聞、9月29日号(2016)
- 16) 公益財団法人 日本醸造協会HP
- 17) 柳紀久夫：日本酒の香りを決定付ける重要な役割を担う酵母の話 (DIAMOND ONLINE 2010年7月23日)
- 18) 秋山裕一：醸造協会誌、79 (3) 190 (1984)
- 19) 吉澤 淑編：酒の科学、p81、朝倉書店(1995)
- 20) 秋田 修ら：化学と生物、29 (9) 586 (1991)
- 21) 堤 浩子：におい・かおり環境学会誌、46 (5) 346 (2015)