しょうゆからサワーズブレッドへ(II)

先号に引き続き、第2回目の本記事では *Z. rouxii* の育種の一例として温度感受性変異株の紹介、醤油もろみ中の耐塩性酵母の分類や分別計数法。醤油の特徴香である揮発性フェノール類の生成、酵母が造る赤色色素、さらには、食品製造の現場における微生物汚染の話にも及ぶ。

森 治 彦

Zygosaccharomyces rouxii の育種にかかわる研究について述べてきたが、これらの他にもこの酵母については興味ある研究や育種の試みがある。その一例が、味噌醸造において利用が期待される低温感受性株の誘導²³⁾である。ここでは、味噌用酵母の低温感受性株とは反対に、高温度に感受性の温度感受性変異株²⁴⁾が見出されているので紹介する。また、醤油もろみ中の耐塩性酵母の分別計数や分類、醤油の特徴香と言われる揮発性フェノール類の生成に関与する微生物や、その中の1酵母が作る赤色色素について触れたい。さらに醤油加工品を始めとする各種食品の微生物汚染事故例に関しても述べたい。

8. *Zygosaccharomyces rouxii* の温度感受性変異株²⁴⁾

醤油・味噌醸造酵母の *Z. rouxii* が、各種脳障害に対する有効な治療薬として用いられる CDP-コリンを効果的に作ることを柄倉ら^{25,26)} は明らかにしている。つまり、この酵母の解糖作用 (glycolysis) で生じたエネルギー (ATP) によって、CMP (cytidine 5'-monophosphate) が CDP (cytidine 5'-diphosphate) にリン酸化される。これはこの酵母の乾燥菌体によってばかりでなく、トリトン X-100 で処理した細胞によっても CDP-コリンに変換されると言う。CDP-コリンの生成のメカニズムを検討するために、これを作らない株を検索していた際に、供試した *Z. rouxii* の

栄養変異株が温度感受性であることが判った。すなわち、*Z. rouxii* の胞子をニトロソグアニジンで処理して得た栄養要求性変異株は、そのほとんどが CDP-コリン生成能を保持しているのに、リジン要求性株は CDP-コリン生成能が極端に低いか、全くなかった。とりわけ、Lys-M 7 (α) 株は、CMP をリン酸化する能力も、CDP-コリンに変換する能力もまったく持っていないことが判明した。その原因を調べたところ、この株が 37°C の処理では CDP-コリンを作らないが、16°C では作るという温度感受性株であることがわかった。この株は、後に味噌醸造研究で供試された株²⁷⁾と同じ株である。

前記の通り、味噌業界では、味噌の保存性向上のために各種の低温感受性株の誘導とその利用が試みられている¹⁾。安定した特性を持つ菌株を用いる基礎的研究が、この酵母のいろいろ複雑な各種の機構を明らかにする手掛かりやヒントを与えてくれ、実用面でも大いに役立つ酵母となることが期待される。

9. 醤油もろみ中の耐塩性酵母の分別計数法²⁸⁾

醤油や味噌醸造は開放系で行われるため、その醸造管理は頗る複雑である。しかし、昔からの“生活の知恵”的経験や試験研究の結果を参考にして、現代の醸造は、より衛生的な環境の近代的な設備で、合理的な管理のもとに行われている。しかし、仕込み初期のもろみでは、麴中の混入微生物や製造設備に由来する微

Microbiological Experiences of One Technologist Transferred from The Field of Soy Sauce Making to That of Bread Making (II).

Haruhiko MORI (Takaki Bakery Company, Ltd. Development Division, Laboratory of Microorganism)

生物が大勢を占め、事実、各種の微生物が検出される。醤油もろみのマイクロフローラは既に数多くの研究者により調べられ、いずれも菌数は異なるが検出される酵母群はほぼ一様のものである²⁹⁾。醤油もろみ中の酵母フローラを調べるための分別計数法は数多く考案されている³⁰⁻³³⁾が、散発的に認められる各種の耐塩性酵母の分別計数は、今なお一般的な分類学的手法によらねばならない。それゆえ、酵母のリチウム耐性の有無、高塩下での pH 6.5 に於ける生育の有無、さらに pH 4.0 に於ける酸性ホスファターゼ活性の有無から、耐塩性酵母を簡易的に 6 群に分ける方法を考案した²⁸⁾。すなわち、*Zygosaccharomyces* 属酵母群、*Candida* 属 (III) 群及び *Candida* 属 (V) 群の酵母群、*Pichia-Debaryomyces* 属酵母群、現在は *Pichia* 属に包含されている *Hansenula* 属酵母群、さらに *Candida* 属 (IV) 群の酵母群の 6 群に分けることが出来ることを示した。これを用いた酵母フローラ調査では、醤油もろみには仕込み初期より、いわゆる後熟酵母とされていた耐塩性 *Candida* 属酵母が既に存在することが確認された。

このように分別計数法を提案したものの、その基本は 1970 年に発行された酵母の分類書、“*The yeasts, a taxonomic study*”³⁴⁾ に基づいている。従って、現在の分類体系や、醤油・味噌醸造上における酵母の取り扱いや醸造への寄与についての報告とは多少異なってくる。たとえば、醤油もろみ中の耐塩性 *Candida* 属酵母について行った化学分類学的検討の結果から、従来、認められてきた多数の *Candida* 属酵母が、稀に認められる *C. sake*, *C. inconspicua*, *C. diddensiae*, *C. mogii* らを除いては、大きく *C. versatilis* と *C. etchellsii* の 2 種に分けられることを明らかにした³⁵⁾。すなわち、これらは細胞壁ガラクトマンナンの NMR スペクトルパターン、血清学的性状、酵素の電気泳動パターン、DNA の GC 含量と DNA-DNA 交雑試験の結果から判定した。いわゆる後熟酵母、かつて、耐塩性 *Candida* 属 (III) 群に属した酵母種を新しい分類法でまとめると、*C. versatilis*, *C. etchellsii*, *C. magnoliae* の 3 種となり、第 4 表の下方 3 段のごとくになる。また、著者等が発見し、命名した高塩培地でコロニーが赤色化する *C. rhodohalophila*³⁶⁾ は、*C. versatilis* の変種または変異株とされ、*C. versatilis* JCM 5958 等として登録されている。また、これらの

検討結果は、一昨年発行された上記 *The yeasts* の改訂版³⁷⁾ に採用されている。なお、この改訂版で *Candida* 属酵母の分類見直しも行われた。あらたに提案された *Candida* 属の生理学的グループ分けによる簡易分類では、*Candida* 属酵母は 12 グループに分けられ、硝酸塩同化能を有する、かつての耐塩性 *Candida* 属酵母群は、グループ II に集約されている。硝酸塩同化能を有する酵母はグループ I にも一部認められるが、耐塩性を有するものはグループ II に限られよう。ところで、醤油醸造においては、耐塩性 *Candida* 属酵母の働きは、主に醤油の特徴香 4-エチルグアヤコール等の揮発性フェノール類を生成するところに求められている。これら香気成分はフェルラ酸や *p*-クマル酸の微生物による変換によって生成するとされているが、実際にその変換をし得るのは *C. versatilis* のみで、*C. etchellsii* はなし得ないことが明らかになっている³⁸⁾。このことが先に述べた〇〇酵母の呼称に対する疑問の一つの原因である。この特徴香の生成機構については後の項で述べよう。

10. 耐塩性 *Candida* 属酵母の新分類体系³⁷⁾

KURTZMAN と FELL により編纂・改訂された酵母の分類書改訂版³⁷⁾ には、最新の研究成果がどんどん取り入れられ、新しい知見も加えられて、より明確なものになっている。前回、196 種 6 変種を擁した *Candida* 属酵母は、新しい分類書では 163 種 7 変種とされて、大きく体系が変わってきている。これらはまた、便宜上、生理学的な観点から 12 グループにわけられている (第 3 図)。しかし、これは遺伝学的な関連性に基づくものではないこと、また、生理学的性質の多様性のため複数のグループに顔を出している種もあることを了解しておくべきであろう。さらに、163 種のうち、4 種が特有な生育特性のため、この 12 グループには含まれていない。すなわち、*C. austromarina* と *C. psychrophila* が 25°C で生育できないため、また、*C. famata* var. *famata* と *C. famata* var. *flavari* は広範かつ多様な生理学的性質のため、さらに *C. glucosophila* は好浸透圧性酵母のため加糖しなければ生育しないので除外されている。

私たちがもっとも関心のある醤油・味噌関連の耐塩性酵母は、*Candida* 属のグループ II に属することになる。グループ II の酵母の種名を挙げると第 5 表の通

第4表 醤油もろみより分離されたことのある酵母の菌種名の変遷

旧名	1970年 ³⁴⁾	1984年 ⁴⁴⁾	1998年 ³⁷⁾
<i>Z. soya</i> <i>Z. soja</i> var. <i>soja</i> * <i>Z. major</i> var. <i>major</i> <i>Z. major</i> var. <i>miso</i> <i>Z. major</i> var. <i>threntensis</i> <i>Z. miso</i> <i>Z. miso</i> β <i>Z. miso</i> η <i>Z. japonicus</i> var. <i>soya</i> <i>Z. japonicus</i> var. <i>japonicus</i> <i>Z. salsus</i> var. <i>salsus</i> <i>Z. halomembranis</i> <i>S. acidifaciens</i> var. <i>halomembranis</i> <i>Z. mellis</i>	<i>S. rouxii</i> <i>S. rouxii</i> var. <i>halomembranis</i> * <i>Z. bailii</i> var. <i>osmophilus</i> <i>S. bisporus</i> var. <i>mellis</i>	<i>Z. rouxii</i>	<i>Z. rouxii</i> <i>Z. mellis</i>
<i>Z. acidifaciens</i> <i>S. acidifaciens</i>	<i>S. bailii</i> var. <i>bailii</i>	<i>Z. bailii</i>	<i>Z. bailii</i>
<i>P. farinosa</i> var. <i>farinosa</i> <i>S. farinosa</i> <i>Z. farinosa</i> <i>P. miso</i> <i>S. miso</i> <i>P. mogii</i> <i>Zygopichia farinosa</i> <i>Zygopichia miso</i>	<i>P. farinosa</i> <i>D. halotolerant</i> *	<i>P. farinosa</i>	<i>P. farinosa</i>
<i>D. miso</i>	<i>D. hansenii</i>	<i>D. hansenii</i>	<i>D. hansenii</i>
<i>H. miso</i> α <i>H. miso</i> β <i>H. miso</i> var. <i>miso</i> <i>Pseudohansenula peiping</i> <i>E. subpelliculosa</i>	<i>H. anomala</i> <i>H. subpelliculosa</i>	<i>H. anomala</i>	<i>P. anomala</i>
<i>Tr. behrendii</i>	<i>E. burtonii</i>	<i>P. burtonii</i>	<i>P. burtonii</i>
<i>C. polymorpha</i> *	<i>C. diddensiae</i>	<i>C. polymorpha</i>	<i>P. triangularis</i>
<i>Torula candida</i> <i>T. famata</i>	<i>T. candida</i>	<i>C. famata</i>	{ <i>C. famata</i> var. <i>famata</i> <i>C. famata</i> var. <i>flaveri</i>
<i>Torula gropengiesseri</i> <i>Cr. gropengiesseri</i>	<i>T. gropengiesseri</i>	<i>C. gropengiesseri</i>	<i>C. gropengiesseri</i>
<i>T. inconspicua</i>	<i>T. inconspicua</i>	<i>C. inconspicua</i>	<i>C. inconspicua</i>
<i>T. sake</i> <i>Eutorula sake</i>	<i>C. sake</i>	<i>C. sake</i>	<i>C. sake</i>
<i>T. magnoliae</i>	<i>T. magnoliae</i>	<i>C. magnoliae</i>	<i>C. magnoliae</i>
<i>Brettanomyces sphaericus</i> <i>T. etchellsii</i>	<i>T. etchellsii</i> <i>T. halonitratophila</i> <i>T. nodaensis</i> *	<i>C. etchellsii</i> <i>C. halonitratophila</i> <i>C. nodaensis</i>	<i>C. etchellsii</i>
<i>Torulasporea tamarii</i> <i>T. anomala</i> <i>Brettanomyces versatilis</i>	<i>D. tamarii</i> <i>T. halophila</i> * <i>T. mannito-faciens</i> <i>T. versatilis</i>	<i>D. tamarii</i> <i>C. halophila</i> <i>C. mannito-faciens</i> <i>C. versatilis</i> <i>C. rhodohalophila</i> *	<i>C. versatilis</i>

*は該当分類書に詳細が記載されていないもの。

略語 C.: *Candida*, Cr.: *Cryptococcus*, D.: *Debaryomyces*, E.: *Endomycopsis*, H.: *Hansenula*, P.: *Pichia*, S.: *Saccharomyces*, T.: *Torulopsis*, Tr.: *Trichosporon*, Z.: *Zygosaccharomyces*

1. a. イノシトールを資化する。 グループ I
b. イノシトールを資化しない → 2
- 2(1) a. 硝酸塩を同化する。 グループ II
b. 硝酸塩を同化しない。 → 3
- 3(2) a. エリスリトールを資化する。 → 4
b. エリスリトールを資化しない。 → 6
- 4(3) a. ラフィノーズを資化する。 グループ III
b. ラフィノーズを資化しない。 → 5
- 5(4) a. マルトースを資化する。 グループ IV
b. マルトースを資化しない。 グループ V
- 6(3) a. 40°C で生育する。 グループ VI
b. 40°C で生育せず。 → 7
- 7(6) a. ラフィノーズを資化する。 → 8
b. ラフィノーズを資化しない。 → 9
- 8(7) a. セロビオースを資化する。 グループ VII
b. セロビオースを資化しない。 グループ VIII
- 9(7) a. セロビオースを資化する。 → 10
b. セロビオースを資化しない。 → 11
- 10(9) a. メレチトースを資化する。 グループ IX
b. メレチトースを資化しない。 グループ X
- 11(9) a. トレハロースを資化する。 グループ XI
b. トレハロースを資化しない。 グループ XII

第 3 図 *Candida* 属酵母の生理学的グループ分けのキー³⁷⁾

第 4 図 耐塩性酵母による桂皮酸類の揮発性フェノール類への変換主経路³⁸⁾

りで、基本的な性質は、イノシトールを資化せず、硝酸塩を同化することである。グループ II 以外で硝酸塩同化能を有するグループは、グループ I のみで、それも 10 種のうち 4 種のみであるので、醤油・味噌醸造関連酵母は比較的限られた範囲のものとなろう。上記の *C. famata* は、その多様な性質から真の醸造用酵母とは考えられず、また、かつて、醤油麹や醤油もろみ等から検出されたことのある *C. sake*, *C. incon-*

spicua, *C. mogii*, *C. diddensiae* など、いずれも硝酸塩同化能を持たず、検出の度合いも低いことから、たまたま検出されたもので、たとえば、人由来の酵母と言えなくはなかろう。それゆえ、グループ II に含まれるもので耐塩性を有する *C. versatilis*, *C. etchellsii*, と *C. magnoliae* が本来の醸造に関係ある酵母と考えられなくもない。しかし、後者の 2 種は、検出頻度も低く、醸造におけるその働きが明確にされていない。

第5表 *Candida* 属IIグループの酵母種³⁷⁾

イノシトールを資化せず、硝酸塩を同化するもの。		
<i>C. berthetii</i>	<i>C. boidinii</i>	<i>C. chilensis</i>
<i>C. ernobii</i>	<i>C. etchellsii</i>	<i>C. ishiwadae</i>
<i>C. lactis-condensi</i>	<i>C. magnoliae</i>	<i>C. methanosorbosa</i>
<i>C. nanaspora</i>	<i>C. nitratophila</i>	<i>C. norvegica</i>
<i>C. pignaliae</i>	<i>C. populi</i>	<i>C. utilis</i>
<i>C. vaccinii</i>	<i>C. vanderwaltii</i>	<i>C. vartiovaarae</i>
<i>C. versatilis</i>	<i>C. wickerhamii</i>	

太字は醤油もろみから分離されたことのある菌種。

第6表 耐塩性酵母及び各種細菌による *p*-クマル酸（フェルラ酸）からの揮発性フェノールの生成³⁸⁾

	<i>p</i> -クマル酸 → 4-ビニルフェノール (フェルラ酸) → (4-ビニルグアヤコール)	→ 4-エチルフェノール (4-エチルグアヤコール)
<i>B. subtilis</i>	+/(+)	-/(-)
<i>B. megaterium</i>	+/(+)	-/(-)
<i>M. varians</i>	-/(-)	-/(-)
<i>St. epidermidis</i>	-/(-)	-/(-)
<i>St. spp.</i>	+/(+)	-/(-)
<i>Te. halophilus</i>	-/(-)	-/(-)
<hr/>		
<i>Z. rouxii</i>	-/(-)	-/(-)
<i>D. hansenii</i>	+/(+)	-/(-)
<i>P. farinosa</i>	-/(-)	-/(-)
<i>P. anomala</i>	+/(+)	-/(-)
<i>P. subpelliculosa</i>	+/(+)	-/(-)
<i>C. famata</i>	+/(+)	-/(-)
<i>C. etchellsii</i>	-/(-)	-/(-)
<i>C. versatilis</i>	+/(+)	+/(+)

B. : *Bacillus*, *M.* : *Micrococcus*, *St.* : *Staphylococcus*, *Te.* : *Tetragenococcus*,
Z. : *Zygosaccharomyces*, *D.* : *Debaryomyces*, *P.* : *Pichia*, *C.* : *Candida*

従って、もっとも関連が深いのは *C. versatilis* 1 種となる。これらの結果が、前回、醤油醸造酵母は *Z. rouxii* のみで、付随的に *C. versatilis* が寄与していると考えられると述べた理由である。もちろん、硝酸塩同化能を持たぬ酵母だから、醤油・味噌醸造酵母でないというわけではない。醸造に何らかの寄与を行ってこそ当該醸造酵母と呼ばれるのが正当と考えるからである。4-エチルグアヤコールなどの特徴香が醤油や味噌に必須のものとするならば、その醸造で主役をなすのは、*Z. rouxii* と *C. versatilis* ということになる。このように考えると、醤油もろみ中の酵母の分別計数法も、さらに簡略化できそうである。

11. 耐塩性酵母によるフェルラ酸及び *p*-クマル酸の揮発性フェノール類への変換³⁸⁾

醤油の特徴香とされる 4-エチルグアヤコールや 4-エチルフェノール等の揮発性フェノール類は、麹菌によって麹原料中のリグニンが分解されて生じたフェルラ酸や *p*-クマル酸が *C. versatilis* によって変換され、生じることが明らかとなり、その生成経路は第4図に示す変換経路をとることが示された³⁸⁾。意外にも、同じ耐塩性 *Candida* 属酵母でも *C. etchellsii* は、これらの揮発性フェノール類を生じないことが明らかにされている。すなわち、醤油もろみ中に存在する耐塩性酵母や細菌、あるいは麹菌のフェルラ酸及び *p*-クマル酸の揮発性フェノール類への変換能³⁹⁾を調べた。

その結果、麴菌 *Aspergillus oryzae* や *Asp. sojae* は全く変換能を示さなかった。細菌類については一部の細菌が、変換経路の中間物質であるビニル化合物を生じさせるが揮発性フェノール類を生じさせるものがないことが明らかになった。醤油もろみより分離された耐塩性酵母類は、*C. versatilis* を除いて、いずれもフェルラ酸及び *p*-クマル酸から揮発性フェノール類を生成せず、一部にビニル化合物を生成するものが認められるに過ぎなかった（第6表）。これらの結果から、醤油もろみ中での揮発性フェノール類の生成に寄与するものは、*C. versatilis* のみと考えられる。すなわち、フェルラ酸等の素材から中間産物であるビニル化合物が他の耐塩性酵母や細菌類によっても作られ、最終の揮発性フェノール類は *C. versatilis* による変換のみで生成されるものと考えられた。

硝酸塩同化能を有する耐塩性 *Candida* 属酵母についてのこれらの結果は、明らかに先の化学分類学での *C. versatilis* と *C. etchellsii* にこれらの酵母が集約される結果と一致している。それゆえ、醤油の特徴香生成に関して *C. etchellsii* は何ら寄与していず、醤油もろみからの検出頻度などを考慮すると、いわゆる、後熟酵母と称することができるものは *C. versatilis* のみとなる。しかし、この酵母とても、ワインの異臭とされる揮発性フェノール類⁴⁰⁾などの香りを好まぬ人々にとっては、真の醤油酵母とは言えないかも知れない。

12. *Candida versatilis* が産生する赤色色素

醤油もろみ中に存在する各種耐塩性酵母の分別計数試験の際に、ピンクないし赤色を呈するコロニーを見いだした。かつて、醤油もろみの古い木桶の壁やもろみの付着した設備の各所に、淡い赤色が生じていることがあったが、それらの一部が混入したものと思われる。明らかに酵母の性状を示し、*Halobacterium* などの好塩性細菌ではない。これらの生理学的性質その他の性状から新種と考え、当初 *Candida rhodohalophila* と名付けて発表した³¹⁾。しかし、その後の化学分類学的検討の結果³⁵⁾から、この株は *C. versatilis* の1種と判った。もちろん、前項で記したごとくフェルラ酸から4-エチルグアヤコールを作る能力をこの株は持っていた。この株は、食塩無添加の培地では、ほぼ白色に近いコロニーを生じるが、食塩の添加により、それも添加割合が高くなるほど淡いピンクから濃い赤

色を呈するようになる。コロニーの赤色化は無機塩の添加で顕著になり、 FeCl_3 が添加された時、もっとも顕著となった。このように非常に特異な菌株であった。それゆえ、耐塩性機構を探るに適切な酵母ではないかと考えられる。赤色色素は、菌体を酢酸エチルで処理し、希アンモニア水で抽出すると容易に得られる、水溶性で鉄を含む色素である。この赤色色素を *Rhodohalophilin* と名付けたが、その構造を知ることにより、耐塩性との関係の手掛かりが得られるのではないかと考え、目下、色素の分離、精製、構造決定に取り掛かっている⁴¹⁾。さらに、この物質の機能性の解明にも取り組む考えである。

13. 加工食品の微生物汚染防止と防除

加工食品の微生物防除は、古くて新しい問題である。とりわけ、新しい時代に即した新しい加工食品が数多く出現して、時により思わぬ微生物による食品の劣化などの失敗や、製造規模の大型化や市場の拡大による原材料や製品の貯蔵・輸送時に大規模な微生物事故などに遭遇した経験の持ち主の方も多いことと思う。防菌防黴の専門家は、除菌、静菌、殺菌と、その対処法を講釈されるが、醸造関係の私たちにとっては微生物も仲間うち、その制御は簡単であるとともに、同時に困難な問題である。しかしながら、微生物の習性を熟知することによって、通常の、というより一般的な汚染問題は、ほとんど回避され得ると考えている。液状の加工食品で、もっとも多い微生物事故は、それらの汚染による発泡現象であろう。これらは原材料由来の微生物が原因することが多く、酵母では孢子を形成しやすいホモトリックな酵母、たとえば *Zygosaccharomyces bailii* などは容易に耐久性のある孢子を形成する。さらに耐酸性等を有し、対応のし難い酵母の一つである⁴²⁾。また、清涼な香りと味を与える *Kloeckera* 属や *Saccharomyces* 属酵母は、有用な微生物であるが取り扱いを誤ると劣化を速める有害な酵母として機能しよう。これらは糖質を利用して発泡するもので、*Z. bailii* はトマトに、*Kloeckera* や *Saccharomyces* 属酵母はブドウにと、その寄生性等を覚えておけば対応は比較的容易であろう。たん白質やアミノ酸を多量に含む食品などでは、ヘテロ発酵型乳酸菌によるガス発生や、一般乳酸菌により消費されたアミノ酸により、つまり、アミノ酸の脱炭酸に伴うガス発生による事故

も少なからず認められる。これらの乳酸菌は、往々にして栄養要求性などを有し、単離し難く判断を誤る時があるから要注意である。

詰め醤油や醤油加工品などでは、加熱による、それも炎天下、車内などの密室での温度上昇に伴う醤油中の還元糖とアミノ酸の反応、つまりストレッカー分解による発泡・破裂事故もあるが、これは微生物事故ではない。

カビによる食品汚染は、多くは空気の遮断で防ぐことができるが最小限の酸素を得て生育したカビは、時には代謝産物を蓄積し、たとえば、しゅう酸の白色結晶が析出したりして商品の劣化を招く。もっとも複雑なものは、十分なカビの生育がなくとも異臭を発生したりする場合であろう。すなわち、食品製造の際に離型剤として用いた潤滑油、つまり食用油に混在するカビの胞子が僅かに発芽・増殖しかけた際にその油を分解して生じさせた香気物質、すなわち、香粧臭の発生の例⁴³⁾などである。カビの存在が肉眼で認められなくとも商品の劣化が進んでいる場合があるから注意したいものだ。いずれの事故も先人が経験したものに違いないので、その未然防止には事故情報の収集とその原因の熟知が必要である。

文 献

- 23) 奈良岡哲志, 松江 一: 醸協, **95** (9), 641 (2000)
- 24) KIMURA, A., M. HASHIMOTO and H. MORI: *Agr. Biol. Chem.*, **40**, 93 (1976)
- 25) TOCHIKURA, T., A. KIMURA, H. KAWAI, T. TACHIKI, and T. GOTAN: *J. Ferment. Technol.*, **48**, 763 (1970); *ibid.*, **48**, 769 (1970)
- 26) TOCHIKURA, T., K. KARIYA, and A. KIMURA: *J. Ferment. Technol.*, **52**, 637 (1974)
- 27) YOSHIKAWA, M., K. CHIHARA, H. HASHIMOTO, N. MITSUI, M. SHIMOSAKA, and M. OKAZAKI: *J. Ferment. Bioeng.*, **79**, 6 (1995)
- 28) 森 治彦, 鳥海博次: 醸酵工学, **63**, 47 (1985)
- 29) 板倉辰六郎編: 増補・醤油の科学と技術, p. 164 醸造協会 (1994)
- 30) 茂木恵太郎, 茂木孝也: 農化, **42**, 466 (1968)
- 31) 馬場林留, 泉 保広, 茂田井宏, 花岡嘉夫: 農化, **51**, 261 (1977)
- 32) 茂木恵太郎, 逆井利夫: 醬研, **3**, 61 (1977)
- 33) 奥沢洋平, 板倉 徹, 江口卯三夫: 醬研, **6**, 138 (1980)
- 34) LODDER, J.: *The yeasts, a taxonomic study*, North-Holland Publ. Co. (1970)
- 35) SUZUKI, M., T. NAKASE, H. MORI, H. TORIUMI, and C. P. KURTZMAN: *Bull. JFCC.*, **8** (1), 18 (1992)
- 36) 森 治彦, 鳥海博次: 昭和 58 年度日本醸酵工学会大会講演要旨集, p. 244 (1983)
- 37) KURTZMAN, C. P., and J. W. FELL: *The yeasts, a taxonomic study*, Elsevier Science Publ., B. V. (1998)
- 38) 末澤保彦: *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, **69**, 1587 (1995)
- 39) 末澤保彦, 吉岡直美, 森 治彦: *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, **72**, 43 (1998)
- 40) 篠原 隆: 醸協, **96**(3), 182 (2001)
- 41) SUEZAWA, Y., H. MORI, and H. OHIGASHI: *Papers of the 4th Intl. Symp. On Natural Colorants*, San Diego, p. 349 (2000)
- 42) MORI, H., S. NASUNO, and N. IGUCHI: *J. Ferment. Technol.*, **49** (3), 180 (1971)
- 43) FUJIKAWA, H., A. IBE, T. WAUKE, S. MORIOZUMI, and H. MORI: *J. Food Hyg. Soc. Japan*, **42** (1), 7 (2001)
- 44) KREGER-VAN RIJ, N. J. W.: *The yeasts, a taxonomic study*, Elsevier Science Publ., B. V. (1984)