本格焼酎製造におけるソバの原料特性に関する研究 (第1報)

—ソバ種皮の麹菌生育阻害について—

荒井真哉¹・岡園文恵¹・中原徳昭¹・甲斐孝憲¹・水谷政美²・工藤哲三²・小川喜八郎³

(¹雲海酒造株式会社・²宮崎県食品開発センター・

³宮崎大学工学部物質環境化学科)

平成 19 年 2 月 23 日受理

Studies on characteristics of buckwheat raw material in *shochu* making(1)

—Growth inhibition of *koji* mold by buckwheat testa—

Shinya ARAI¹, Fumie OKAZONO¹, Noriaki NAKAHARA¹, Takanori KAI¹,
Masami MIZUTANI², Tetsuzo KUDO², Kihachiro OGAWA³

(¹Unkai Shuzo Co., Ltd., 1800-5, Minamimata, Aya, Miyazaki 880-1303

²Miyazaki Prefecture Food Development Center, 16500-2 Higashikaminaka Sadowara, Miyazaki,

880-0303 ³Department of Applied Chemistry, Faculty of Engineering, University of
Miyazaki, 1-1, Gakuen Kibanadai-Nishi, Miyazaki 889-2192)

Koji making was carried out using buckwheat grits showed no growth of *koji* mold on the surface of the buckwheat testa. The explanation for this was that the growth of the mold was inhibited by a defensive mechanism against the mold by the plant and the structure of buckwheat testa. To investigate this, confirmation of the inhibitor and defensive mechanisms of the cuticular layer and lignin to the mold was performed. These experiments proved that the buckwheat testa did not have an inhibiting, defensive mechanism in the cuticular layer and lignin to the mold. Furthermore, the surface structure of the buckwheat testa was determined by scanning electron microscope analysis. The result showed that the absence of a gap in the surface structure of the buckwheat testa, in contrast to the surface structure of other raw materials such as rice and barley; the structure was not attacked by the enzymes from the *koji* mold. From these results, it was suggested that the growth of the mold was inhibited due to these complex structures of the buckwheat testa.

Key words : ソバ種皮, 麹菌, 生育阻害

緒 言

東アジアの麹文化圏の穀物麹は、生原料の粉を水で練り、もち状に成形後、カビを繁殖させた「もち麹」であり、コメ、コムギ、アワ、ヒエ、キビ、コウリヤンなどの穀物が利用されている。一方、日本の麹は、蒸した原料に純粹のカビ（麹菌）を繁殖させた「ばら

麹」であり、主にコメやオオムギ等が使用され、ソバなどの穀物を用いた例は極めて少ない¹⁾。

本格焼酎の製造において、主にコメ焼酎にはコメ麹、オオムギ焼酎にはオオムギ麹、ソバ焼酎の製造においては、コメ麹やオオムギ麹が使用されている。この理由の一つは、ソバ実（玄ソバから黒色の果皮を脱皮させたもの）の表面に存在する種皮に麹菌が生育しにく

Fig. 1 Cross section of buckwheat seed

- ①: Endosperm and cotyledon of the buckwheat covered with testa and pericarp. Outside black area is the pericarp.
 ②: The left shows buckwheat seed retaining pericarp completely. The right is buckwheat seed with testa and pericarp peeled off.

く、安定した品質の麴を造ることが困難であることによる。ソバ種皮はFig.1に示すように胚乳(Endosperm)および子葉(Cotyledon)が、種皮(Testa)および果皮(Pericarp)に被覆された構造をしている。黒色の果皮は硬く、外力により容易に剝離するが、種皮はその内側に存在する胚乳と子葉に密着していることから剝離しにくい。さらに、胚乳部は脆く崩れやすいことから、コメやオオムギのように搗精により種皮を除去することができないといった特性を有している。そのため、本格焼酎製造においてソバは果皮を取り除いた状態のもの、あるいは2ないし3つ程度の挽き割り状にしたものが使用されている。このソバ種皮に麴菌が生育しにくい原因は未だ解明されておらず、その研究に関する報告も皆無である。

そこで今回、ソバ種皮の構造や、麴菌の生育に対するソバ種皮の影響を検討したところ、2, 3の知見を得たので報告する。

実験方法

1. 実験試料

ソバ原料は中国(内蒙古自治区)産マンカン種(*Fagopyrum esculentum*)を使用した。試験にはソバ実(種皮が完全に残った状態のもの)および、ソバ実を挽き割りにすることで、種皮の被覆率が低い状態のものをを用いた。

オオムギ原料はオーストラリア産スクーナー種を、

コメ原料は国産うるち米をそれぞれ使用した。なお、オオムギ原料およびコメ原料は、表面を搗精したものを試験に供した。

2. 製麴方法

各種ソバ原料15kgの総水分量が35%になるよう限定散水を行い、十分に吸水させた後40分間蒸煮処理を行った。その後、焼酎白麴菌(ビオック[®]製)を15g散布し、麴蓋法に従って前半28時間を高温設定(37~40°C)、後半15時間を低温設定(30~35°C)の温度条件下で製麴を行った。なお、以後の試験には同一種麴を使用した。

3. 原料一般成分および麴諸性質の分析方法

デンプン価、粗タンパク質量、水分量、脂質量、灰分量並びに、出麴酸度、出麴水分量、酵素抽出、 α -アミラーゼ(AAase)、グルコアミラーゼ(GAase)、酸性プロテアーゼ(APase)、酸性カルボキシペプチダーゼ(ACPase)の酵素活性測定は、国税庁所定分析法²⁾に従って行った。なお出麴酸度および各酵素活性は、無水物の麴1g当たりに換算し、表記した。

4. 走査型電子顕微鏡(Scanning Electron Microscope, 以下SEM)を用いた穀物および麴の表面観察

サンプルをカミソリで輪切りにし、デシケーター中で乾燥した。サンプルをAu-Pd蒸着後、SEM(日立製作所[®]製、S-510)を用いて、加速電圧15kVで観察を行った。

5. ソバ種皮の化学的抵抗機構確認試験

(1) ソバ粉の麹菌生育阻害確認試験

種皮の含有量が異なる4種類のソバ粉の調製は、低い順に配合ソバ粉-1~4のように行った。調製したソバ粉の一般成分分析結果をTable 1に示す。これらを9, 12, 15, 18g採取し(3~6%), 寒天(WAKO(株)製) 12gを添加後, 300mlにメスアップし, 計16種類のソバ粉寒天培地を作製した。培地平板を逆さにした状態で, カギ型エーゼを用いて麹菌孢子を培地中央部に点接種した。その後28°Cで7日間培養し, 生育円の直径を測定, 比較を行った³⁾。

(2) ソバ種皮抽出成分の麹菌生育阻害確認試験

① サンプル調製法

Watanabe⁴⁾, 小原ら⁵⁾の方法を参考に, 一部改変して行った。すなわち, 振動ミルを用いて粉末化したソバ種皮, オオムギ, コメ各0.5gに, 99.8%メタノール10mlを加え, 80°Cで1時間還流加熱抽出を行った。抽出液を8000rpmで10分間遠心分離し, 上澄液を回収した。得られた上澄液をエバポレーター(ヤマト科学(株)製, RE 52)を用い, 減圧度-680mmHg, 恒温槽30°Cの条件下で濃縮乾固し, 固形物を蒸留水あるいはジメチルスルホキシド(以下DMSO) 2.5mlで溶解したものを試験溶液とした。ルチン試験区として, Rutin hydrate (SIGMA(株)製) 22.9mgをDMSO 1mlに溶解したものに, グルコース・ペプトン培地(WAKO(株)製, 以下GP培地)を加え, 500ppmまで希釈したものをサンプル基準液とした。なお, DMSO自体に麹菌の生育抑制効果があるため, 予備試験を行い, 影響のない濃度で試験を行った(含有量5%以下)。没食子酸試験区として, 没食子酸一水和物(WAKO(株)製) 22.1mgに蒸留水10mlを加え, 上記同様に含有量500ppmまでGP培地で希釈したものを基準液とした。

② 操作

最小発育阻止濃度 (Minimum Inhibitory Concentration, 以下MIC) 測定試験法⁶⁾に従って行った。

ソバ種皮抽出試験区に関しては, 液中の抗菌成分含有量が低く, 富栄養条件により麹菌の生育が確認される可能性が高かったため, GP培地を添加せずに(サンプル200mgからの抽出物相当)/mlの抽出液を試験に供した。ルチン, 没食子酸試験区に関しては, GP培地で, サンプルの2倍希釈系列を作製し, 試験に供した。その後, 各種サンプル溶液を, 滅菌済み0.45 μ mメンブランフィルター (ADVANTEC(株)製, Mixed Cellulose Ester)に通した後, プレートのウェルに2mlずつ添加した。0.1% Tween 80に孢子数 1.5×10^6 cells/mlになるよう麹菌孢子を懸濁し, 0.1mlを各ウェルに添加した。その後, プレートを28°Cで7日間培養し, MICを判定した。

6. ソバ種皮の物理的抵抗機構確認試験

ソバ脱皮機(㈱國光社製, インペラ式SP-X型)を用いてソバ実を粗く砕き, ソバ原料の種皮部分のみを分離, 採取した。その後, 振動ミルを用いて粉碎し, 一般成分を測定した。総食物繊維 (Total Dietary Fiber, 以下TDF) 含有量測定に関しては, サンプル1g当たりに25mlのジエチルエーテルを加え, 遠心分離して上澄液を除去する脱脂操作を3回繰り返して, 残渣をガラス濾過器(G3)上に移して風乾後, Prosky法⁷⁾に従って測定した。なお, 試料より粗タンパク質, 水分, 脂質, 灰分, TDF含有量を差し引いた値を炭水化物量とした。

7. 麹粗酵素液を用いた原料表面の溶解性試験

松永ら⁸⁾の方法に従って行った。

(1) α 化原料の調製

常法に従い, コメ・オオムギ・ソバグリッツの蒸煮処理を行い, 水分量35%前後の原料を得た。その後, 95°Cの熱風乾燥機 (ADVANTEC(株)製, DRM 620 TA型)中で, 水分量が5%以下になるまで乾燥し,

Table 1 Ingredients of blended buckwheat flours

	Moisture(%)	Starch(%) ^a	Protein(%) ^a
Blended buckwheat flour-1	13.1	89.6	4.2
Blended buckwheat flour-2	12.8	86.0	6.1
Blended buckwheat flour-3	10.9	66.2	17.0
Blended buckwheat flour-4	9.2	40.2	24.2

^a: Converted into per 1g of anhydride buckwheat

α 化原料としてデシケーター中に保存した。

(2) 麴粗酵素濃縮液の調製

麴から酵素を抽出し、ろ紙ろ過を行った。その後、乾燥 α 化原料に吸収させた時に、一般的な麴の酵素活性とほぼ同等になるように、ろ液を限外ろ過（セントリプラス YM-10 分画分子量 10,000）で 5 倍に濃縮し、麴粗酵素濃縮液を得た。麴粗酵素濃縮液の AAase, GAase, APase および ACPase 活性はそれぞれ 131, 246, 16872 および 4712 U/ml であった。

(3) 原料の表面溶解性確認

乾燥重量で 1g の α 化原料をシャーレに採り、もとの水分量（35%）になるように麴粗酵素濃縮液を加えた。シャーレをパラフィルム（WAKO ㈱製）で密封し、30°C で 24 時間放置し、原料を粒内消化した。消化後、前述の方法で SEM 観察を行った。なお、プランクとして麴粗酵素濃縮液の代わりに蒸留水を加えた原料を、同様の方法で観察した。

試験結果および考察

1. SEM を用いたソバ麴の観察

ソバを用いて製麴を行った場合、種皮部分には麴菌が全く生育せず、胚乳が露出した部分のみに生育が確認された。種皮の被覆率が異なるソバを用いて製麴を行ったソバ麴の SEM 観察像を Fig. 2 に示す。左図のように種皮が完全に残っている場合は、種皮が断裂した部分のみに麴菌が生育し、右図のように種皮の被覆率が低い場合には、胚乳部露出箇所を中心に麴菌の生育が確認された。これら 2 種類のソバ麴の諸性質を分析した結果、Table 2 に示すように種皮の被覆率が低いほうが各種酵素活性、出麴酸度共に高い値を示し、ソバ種皮の存在により、麴菌の生育が阻害され、麴の品質が低下することが明らかになった。

ソバ種皮に麴菌が生育しにくい原因として、植物が微生物に対して有する防御機構により、生育が阻害されていること、および麴菌の増殖特性に対し、ソバ種

Fig. 2 Spores and mycelia of *koji* mold grown on the buckwheat-*koji* ($\times 30$)

Left : Buckwheat *koji* retains testa completely.

Right : Buckwheat *koji* with testa peeled off.

Table 2 Acidity and enzyme activities of buckwheat *koji* with different coverage factors of testa

	Acidity ^a	Enzyme activity ^b			
		AAase	GAase	APase	ACPase
Buckwheat <i>koji</i> retaining testa completely	5.7	124	107	16481	907
Buckwheat <i>koji</i> with testa peeled off	7.5	185	218	25685	2789

^a : 0.1M NaOH ml / g-anhydride *koji*

^b : U / g-anhydride *koji*

皮の構造が生育を阻害することが示唆されたので、今回詳しい検討を行った。

2. 植物の防御機構

多くの植物は、微生物に対して多数の防御機構を備えており、ごく一部の病原性、寄生性微生物以外は侵入することができない⁹⁾。植物のもつ主要防御機構¹⁰⁾はFig. 3に示すように、化学的および物理的なものに大別され、それぞれ静的・動的抵抗性に分類される。静的抵抗性は、微生物感染前から存在し、微生物の侵入を阻止する機構である。動的抵抗性は、植物が微生物感染後に積極的に反応し、発病をくい止めようとする機構で、健全な植物には確認されない。製麴用の原料は蒸煮処理を行うため、種子としての機能は消失しており、抵抗機構の発現に関与する代謝は行われないものと考えられる。そこで、ソバ種皮の麴菌に対する防御機構として、Fig. 3に示す静的抵抗性に関する試験を実施した。

(1) 化学的抵抗機構

① ソバ粉寒天培地を用いた麴菌生育阻害確認試験
化学的抵抗機構の中で、静的抵抗性に分類されるものにプロヒビチンがある。プロヒビチンは、微生物感染前から抗菌力を発現できる濃度で存在する物質の総称である^{9,10)}。ソバ種皮にプロヒビチンが存在するか否かを確認するため、ソバ粉を基質とした寒天培地を作製し、麴菌の生育阻害効果の確認を行った。その結果、Fig. 4, 5に示すように、いずれの基質濃度においても、種皮を多く含む配合ソバ粉-4の生育円が最も大きく、配合ソバ粉-3, 2, 1の順に生育円が小さ

くなっていく傾向が確認された。配合ソバ粉-4に麴菌生育阻害活性が認められなかったことから、ソバ種皮には麴菌に対する化学的抵抗物質は含まれていないことが示唆された。

② ソバ種皮メタノール溶出区分およびソバに含まれるフェノール性物質の麴菌生育阻害確認試験

ソバ種子にはルチン、ケルセチン、エピカテキンなどのフェノール性物質が豊富に含まれていることが報告されており^{3,11,12)}、特に果皮や種皮部で、強い活性酸素消去活性が見られる¹³⁾。フェノール性化合物のヒドロキシル基は、活性酸素消去活性に関与していると共に抗菌活性のメカニズムにも大きく関与している¹⁴⁾。ソバ種皮に局在するルチン⁴⁾は、カテキン類と構造が類似している上に、*Staphylococcus* 属、*Candida* 属に対して若干の抗菌活性を示すことが報告されている¹⁵⁾。また、ソバのアレロパシー作用物質として報告されている没食子酸^{16,17)}にも、同様にヒドロキシル基が存在し、抗菌活性を有する可能性が考えられた。

ソバ粉寒天培地を用いた生育阻害確認試験の結果から、麴菌に対する抗菌活性の高い成分が種皮に多量に含まれている可能性は低いと考えられたが、抗菌活性の低い物質が局在することで、麴菌の生育に影響を与える可能性が示唆された。そこで、ソバ種皮メタノール溶出区分およびソバに含まれているフェノール性物質を用い、溶媒に蒸留水を用いて麴菌に対するMIC測定試験を行った結果をFig. 6に示す。全ての試験区において麴菌の生育が確認されたことから、水溶性のソバ種皮抽出成分には、麴菌に対する抗菌活性がな

Fig. 3 Main defensive mechanism of plant

The defensive mechanism of the plant was roughly separated into two kinds of the chemical defensive mechanism and the physical defensive mechanism and were classified into static and dynamic resistances^{9,10)}.

Fig. 4 *Koji* mold growth circle in each buckwheat flour medium (Substrate concentration 6%)

①：Blended buckwheat flour-1 ②：Blended buckwheat flour-2
③：Blended buckwheat flour-3 ④：Blended buckwheat flour-4

いことが確認された。また、図には示していないが、溶媒に DMSO を使用した際にも、同様に麹菌の生育が確認され、脂溶性のソバ種皮抽出成分にも麹菌に対する抗菌活性のないことが確認された。

これらの結果から、ソバ種皮には麹菌に対する化学的抵抗機構が備わっていないことが確認された。

(2) 物理的抵抗機構

前項と同様に、物理的抵抗機構に関する試験を行った。植物の静的抵抗機構には、クチクラ層、リグニン、細胞壁が関与していることが知られており、これらがソバ種皮に存在しているかどうかを検討した。

クチクラ層は、不飽和脂肪酸とそのエステル化物の重合体、非水溶性脂肪酸エステルで形成された保護効果の高い層であり、植物細胞壁の表面に存在する¹⁸⁾。梁取¹⁹⁾は、ズダンⅢを用いてソバ種子の脂質分布を調べた結果、種皮近辺に脂質の層が確認されなかった事を報告しているので、ソバ種皮にクチクラ層は存在しないと考えられる。また、Wiesner 試薬²⁰⁾を用い、ソバ種子を染色した結果、図には示していないが種皮近辺に呈色反応は確認されず、種皮にリグニンが存在

しない事も明らかになった。さらに、ソバ種皮の成分分析を行った結果、Table 3 に示すように、細胞壁構成成分である総食物繊維 (TDF) 含有量は約 9% であった。しかし、他の製麹用原料と同程度の含有量を示す (オオムギ：約 10%、コメ：約 1%) ことから²¹⁾、ソバ種皮には防御機構を有する程の細胞壁成分が含まれていないことが示唆された。

以上の結果より、ソバ種皮の麹菌に対する有効な化学的・物理的抵抗機構は確認されず、ソバ種皮に麹菌が生育しない原因は、植物が有する防御機構によるものではないことが確認された。

3. 麹菌の増殖特性に関する製麹用原料表面構造の影響

麹菌の菌糸の伸長は主に、胚乳細胞間隙を通り内部へ向かうパターン^{22,23)}と、産生酵素により胚乳組織を溶解しながら内部へ向かうパターン^{24,25)}である。このため、表面に隙間が多い原料、あるいはデンプン等の麹菌産生酵素で溶解されやすい組織が露出している原料ほど菌糸が伸長しやすいと考えられる。

上記麹菌の増殖特性と原料表面構造の関係を調べる

Fig. 5 *Koji* mold growth circle in each buckwheat flour medium
The agar medium of four kinds of buckwheat flours with a different content of the testa was prepared, after which the *koji* spores were inoculated to the medium, and then the diameter of the *koji* mold growth circle was measured.
Substrate concentration : Amount of buckwheat flour added.
Koji mold growth circle : The diameter of the *koji* mold growth circle.

ため、SEM を用いて蒸煮処理後の各種原料表面構造を観察した。ソバ種皮表面は、Fig. 7 に示すように内部に通じる隙間が全くなき、ヒダ状の組織で覆われていた。これに対しコメの場合は、表面のデンプンが糊化し糊状になっているが²⁵⁾、内部へ通じるような隙間が多数確認された。同様に、オオムギにも若干ではあるが隙間が確認された。また、ヨウ素溶液による原料表面染色の結果、ソバ種皮部分のみ呈色反応が認められなかったことから、ソバ種皮表面は他の原料と異なり、デンプン以外の組織で被覆されていることが明らかになった。

つぎに、各原料表面の麹菌産生酵素に対する溶解性を確認するため、麹菌粗酵素濃縮液を用いた溶解性試験を行った。麹菌粗酵素液で処理を行ったコメ・オオムギ表面は、Fig. 8 に示すように、堀江ら²⁶⁾の報告と同様に溶解や断裂といった現象が起り、より多孔性に富んでいた。しかし、ソバ種皮は酵素処理後におい

ても変化がなく、麹菌産生酵素では溶解されないことが確認された。麹菌は種付け後から約 10 時間、原料の表層 20 μ m の部分と、大気中を往復するように伸長する性質があり²⁵⁾、原料表面の構造は破精廻りおよび破精込みに大きく影響することが示唆された。

以上の結果より、ソバ種皮には表面に隙間が全くなき、麹菌産生酵素で溶解されない組織で被覆されていることから、麹菌の生育が阻害されていることが確認された。

要 約

ソバ種皮の構造に関する試験を行った結果、麹菌生育阻害に関する以下のような知見を得た。

- 1) 種皮の被覆率が異なるソバを用いて製麹を行った場合、麹菌は種皮部分に生育せず、胚乳が露出した部分のみに生育した。
- 2) 種皮の被覆率が低いソバを用いて製麹したほう

Fig. 6 MIC-examination results of *koji* mold of buckwheat element

- ① : Rutin experimental section (For left well, 500, 250, 125, 62.5 ppm) .
 ② : Gallic acid experimental section (For left well, 500, 250, 125, 62.5 ppm) .
 ③ : Each material extraction experimental section (For left well, barley, rice, buckwheat testa, standard(GP medium). This is the equivalent of the extract from sample 200 mg).

Table 3 Ingredients of buckwheat testa

Carbohydrate	16.3
Protein	47.6
Moisture	9.2
Lipid	10.6
Ash	7.7
TDF	8.6

(%)

が、各種酵素活性および出麴酸度は高い値を示した。その結果、ソバ種皮の存在により麴菌の生育が阻害され、麴の品質（醸造特性）が低下することが明らかになった。

- 3) ソバ粉寒天培地を用いた試験、ソバ種皮抽出物の MIC 試験を行った結果、ソバ種皮には、化学的に麴菌の生育を阻害する物質は含まれていないことが確認された。

Fig. 7 Surface of each steamed material (×400)

Left : Buckwheat testa center : Rice right : Barley.

Fig. 8 Surface of material after treatment with *koji* mold crude enzyme ($\times 100$)

① : Buckwheat testa without treatment	Enzyme-treated buckwheat testa
② : Rice without treatment	Enzyme-treated rice.
③ : Barley without treatment	Enzyme-treated barley.

- 4) ソバ種皮にはクチクラ層，リグニン，細胞壁による物理的抵抗機構は確認されなかった。
- 5) 原料表面の SEM 観察の結果，コメ，オオムギは多孔質構造を示したが，ソバ種皮は内部に通じる孔が全くない構造であることが確認された。
- 6) 麹菌由来の粗酵素液を用いて，原料表面の溶解性を確認した結果，コメ，オオムギ表面は，溶解や断裂が生じ，より多孔質になっていたのに対し，ソバ種皮では変化がないことが示された。

謝 辞

本研究を行うにあたり，ソバの構造や育種に関して御助言を賜りました，宮崎大学農学部藪谷勤教授，また，植物病理に関する御助言を賜りました，宮崎大学農学部上運天博教授に深謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 加藤百一：麹学，(財)日本醸造協会，東京)，p. 1-30 (1986)
- 2) 第四回改正 国税庁所定分析法注解，(財)日本醸造協会，東京)，(1993)
- 3) 高鳥浩介：かび検査マニュアルカラー図譜，(株)テクノシステム，東京)，p.192-193 (2002)
- 4) Watanabe M: *J. Agric. Food Chem.*, **46**, 839-845 (1998)
- 5) 小原忠彦，大日方洋，村松信之，松橋鉄次郎：日本食品工業学会誌，**36**(2)，114-120 (1989)
- 6) 高鳥浩介：かび検査マニュアルカラー図譜，(株)テクノシステム，東京)，p.136-137 (2002)
- 7) 日本食品化学工学会、新・食品分析法編集委員会編：新・食品分析法，(株)光琳，東京)，p. 65-73 (1996)
- 8) 松永恒司，古川恵司，原昌道：醸協，**98**(7)，526-529 (2003)
- 9) 市原耿民，上野民夫：植物病害の化学，(株)学会出版センター，東京)，p.18-19 (1997)
- 10) 大内成志：植物感染生理学，(文永堂出版(株)，東京)，p.2-133 (1990)
- 11) 渡辺満：農業技術，**55**(7)，323-326 (2000)

- 12) 渡辺満, 佐藤暁子, 大澤良, 寺尾純二：日本食品科学工学会誌, **42**(9), 649-655 (1995)
- 13) 藤田かおり, 井上直人, 萩原昌司, 笠島真也, 楊重法, 加藤昌和, 春日重光：日本作物学会紀事, **73**(2), 186-187 (2004)
- 14) Arakawa H, Maeda M, Okubo S, Shimamura T : *Biol. Pharm. Bull.*, **27**(3), 277-281 (2004)
- 15) Bisignano G, Sanogo R, Marino A, Aquino R, D'Angelo V, Germano M P, De Pasquale R, Pizza C : *The Society for Applied Microbiology, Letters in Applied Microbiology*, **30**, 105-108 (2000)
- 16) 藤井義晴, 荒谷博, 平館俊太郎：農業環境研究成果情報, **20**, 38-39 (2004)
- 17) Iqbal Z, Hiradate S, Fujii Y, Noda A, Isojima S : *Weed Sci*, **51**(5), 657-662 (2003)
- 18) Bruce Alberts, Dennis Bray, Julian Lewis, Martin Raff, Keith Roberts, James D Watson : *MOLECULAR BIOLOGY OF THE CELL*, (榊教育社, 東京), p.1109 (1985)
- 19) 梁取昭三：日本作物学会紀事, **53** (別号 1), 140-141 (1984)
- 20) 金山賢治, 北野道雄, 浅井弘義：テキスタイル&ファッション, **20**(9), 13-16 (2003)
- 21) 香川芳子：五訂食品成分表, (女子栄養大学出版部, 東京), p 28-37 (2003)
- 22) 松永恒司, 古川恵司, 家村芳次, 渡辺和彦, 和田正夫：醸協, **94**(4), 331-337 (1999)
- 23) 小島弘栄, 長谷川浩, 曲淵哲朗, 福田秀雄：生化学学会誌, **77**(8), 339-334 (1999)
- 24) 松永恒司, 古川恵司, 原昌道：醸協, **97**(10), 721-726 (2002)
- 25) 吉井美華, 荒巻 功：醸協, **96**(12), 806-813 (2001)
- 26) 堀江修二, 土佐典照, 進藤斉, 角田潔和, 小泉武夫：醸協, **90**(1), 51-56 (1995)