γ - アミノ酪酸高生産性乳酸菌を応用した鶏肉発酵調味液の開発

各種のタンパク質源を酵素消化することにより調味液を製造する技術はこれまでに種々の検討がなされている。タンパク質の酵素消化技術は、反応条件が穏和であり、反応副産物が少なく優れた品質の製品を製造できることから、調味液製造において主要な技術となっている。さらに近年では、微生物発酵により生理機能成分を生成し、高付加価値の製品を目指した製造技術の開発が進められている。本解説では、著者が収集した乳酸菌の保存菌株から γ - アミノ酪酸（GABA）を効率的に生産する菌株を検索し、得られた菌株について GABA 生成条件を検討するとともに鶏肉発酵調味液の開発に向けて実施された試験研究についてわかりやすく解説していただいた。

宮本 拓^{1*}, 荒川 健佑¹, 栗木 隆吉²

はじめに

γ - アミノ酪酸（GABA）は、微生物から植物、動物に至るまで広く自然界に分布するタンパク質非構成アミノ酸であり、動物においては抑制性の神経伝達物質として知られている¹⁾。加えて、GABA には、血圧降下作用、利尿作用およびストレス緩和作用などの生理効果が知られており^{2,3)}、近年、機能性食品やサプリメント等への利用からますます注目が集まっている。

乳酸菌は、古来よりヒトとの関わりが深く、安全な微生物として食品の発酵に用いられ、保存性の向上や風味の形成に役立てられてきた。近年では、乳酸菌がヒトに対する様々な生理機能を有することが明らかになっており、GABA の生産性もその 1 つに挙げられている。GABA を効率よく生産する乳酸菌には、*Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus buchneri* および *Lactococcus lactis* などが知られている⁴⁾。乳酸菌における GABA の生産は、グルタミン酸デカルボキシラ

ーゼ（GAD）によるグルタミン酸からの脱炭酸によって起こることがわかっており、いくつかの菌株では GAD が単離され、その機能もよく調べられている⁴⁻⁶⁾。

本研究は、世界の発酵乳製品より分離した乳酸菌株の中から GABA 生産活性の高い菌株を選抜・同定し、選抜菌株の GABA 生産活性に及ぼす影響要因について調べ、GABA 生産に適した培養条件の検討を行った。そして、選抜菌株を利用した鶏肉発酵調味液を調製し、GABA を富化した新たな機能性食品の開発の可能性を提示することを目的とした。

1. 供試菌株の培養と GABA 生産活性の測定

世界各地の発酵乳製品より分離した研究室保有の乳酸菌 218 菌株を供試菌株として用いた。全ての乳酸菌株は、GLYP 培地（1 L あたり；グルコース 5.0g, ラクトース 5.0g, 酵母エキス 10.0g, ポリペプトン 5.0g, 酢酸ナトリウム三水和物 2.0g, 硫酸マグネシウム七水和物 0.2g, 硫酸マンガン四水和物 0.01g, 硫酸鉄七水

Development of Fermented Chicken Sauce using Lactic Acid Bacteria with High Productivity of Gamma-Aminobutyric Acid

Taku MIYAMOTO^{1*}, Kensuke ARAKAWA¹ and Takayoshi KURIKI² (¹Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, ²Okayama Prefectural Technology Center for Agriculture, Forestry and Fisheries, Research Institute for Animal Husbandry)

*連絡先 (Corresponding author),

〒700-8530 岡山県岡山市北区津島中 1-1-1

tmnono@cc.okayama-u.ac.jp

和物 0.01g および塩化ナトリウム 0.01g; pH6.8 に調整後 121℃, 15 分間高圧滅菌にて前培養した後に, 本培養に供した。本培養は, GLYP 培地にグルタミン酸ナトリウムを 1.0% (10.0mg/mL) となるように添加した GABA 生産用培地を用い, 1% (v/v) 接種後, 所定温度で 72 時間行った。菌の生育の有無は培養後の pH 測定により確認した。GABA 測定試料には, オートクレーブ滅菌した各培養液の遠心上清 (1,700 × g, 15 分間) を用いた。

GABA 生産活性の測定には薄層クロマトグラフィー (TLC) 法と高速液体クロマトグラフィー (HPLC) によるポストカラム蛍光誘導体化法にて測定した。

すなわち, TLC 法では TLC ガラスプレート (シリカゲル 60F₂₅₄, Merck) に試料 2μL をスポットし, 展開溶媒 (n-ブタノール:酢酸:水=3:2:1) にて展開・乾燥した後, 0.7% (w/v) ニンヒドリン溶液を噴霧し, 乾熱オーブンで 100℃, 10 分間加熱することで GABA の発色を行った。各乳酸菌株の GABA 生産活性の強弱は, 培養上清での発色度と GABA 濃度既知の標準溶液 (0.1 – 5.0mg/mL の GABA を含有) での発色度を比較し, 5 段階 (++++>+++>++>+>–) に分類した (第 1 表)。

一方, HPLC 法では, カラムに Shim-pack VP-ODS (150×4.6mm I.D., 島津製作所) を用い, カラム温度は 45℃ とした。移動相には 10mM ヘキサンスルホン

酸ナトリウムを含む 20mM リン酸ナトリウム緩衝液 (pH2.5) を用い, 流速 0.8mL/min でイソクラテック溶出した。溶出液は反応液 [4.01% (w/v) 炭酸ナトリウム, 1.85% (w/v) 硫酸カリウム, 1.32% (w/v) ホウ酸, 0.10% (w/v) N-アセチル-L-システイン および 0.08% (w/v) o-フタルアルデヒド; 流速 0.4mL/min] を用いて誘導体化し, 蛍光にて検出 (Ex 350nm, Em 450nm) を行った。注入試料には, 培養上清試料を 1,000 倍希釈し, 孔径 0.20μm のフィルター (Millipore) で無菌ろ過したものを用いた。

2. GABA 高生産性乳酸菌のスクリーニング

TLC 法では, 供試した乳酸菌 218 菌株のうち, 82 菌株において, 0.1mg/mL 以上の GABA 生産活性が確認された。4.0mg/mL 以上の最も強い GABA 生産活性 (発色強度 +++, 第 1 表) が検出された菌株は 1 菌株であった。次いで, 発色強度 ++ (2.0–4.0 mg/mL), + (0.5–2.0 mg/mL) および ± (0.1–0.5 mg/mL) の GABA 生産活性を有する菌株は, それぞれ 6, 11 および 64 菌株であった。一方で, GABA を生産しない, もしくは 0.1mg/mL 未満しか生産しない菌株 (発色強度 –) は 136 菌株で, GABA 生産性が菌株依存的であることが明らかとなった。GABA 非生産の乳酸菌株は, GAD 遺伝子を保有していない (または変異している), もしくは発現していないことが過去の知見より推測された^{4,7,8)}。GABA 生産活性の認められた乳酸菌 82 菌株の中から, GABA 生産量が 0.5mg/mL 以上 (発色強度 +++, ++ および +) の 18 菌株をスクリーニングして, 以下の HPLC 法による定量分析に供した。

TLC 法にてスクリーニングした 18 菌株の GABA 生産活性は, 培養上清中の GABA 含量として HPLC 法を用いて測定した。培養上清における GABA 含量と pH を第 1 図に示す。最も高い GABA 生産活性を有していたのは 1056 株で, 6.95mg/mL であった。本生産活性は過去の報告と比較しても高い値であり⁴⁾, 1056 株が GABA 生産性乳酸菌として非常に優れていることが示された。また, 2.0–4.0mg/mL および 0.5–2.0mg/mL の GABA 生産を示した菌株はそれぞれ 6 および 11 菌株であり, 本結果は TLC 法の結果と一致した。このことは, TLC 法が GABA 高生産性乳酸菌の簡便なスクリーニング法として有用であることを

第 1 表 GABA 高生産性乳酸菌の TLC 法によるスクリーニング

GABA 生産量の目安	発色強度	菌株数
4.0mg/mL 以上	+++	1
2.0mg/mL 以上 4.0mg/mL 未満	++	6
0.5mg/mL 以上 2.0mg/mL 未満	+	11
0.5mg/mL 未満	±	64
なし	–	136

1: 0.10mg/mL 2: 0.25mg/mL 3: 0.50mg/mL 4: 0.75mg/mL
5: 1.00mg/mL 6: 1.50mg/mL 7: 2.00mg/mL 8: 2.50mg/mL
9: 3.00mg/mL 10: 4.00mg/mL 11: 5.00mg/mL

第1図 TLC法でスクリーニングした乳酸菌の培養上清におけるGABA含量(縦棒, HPLC法で測定)とpH(記号)

示している。

培養上清(培養液)のpHは、培養菌株のGABA生産活性が高くなるほど高い傾向にあったが、明確な相関は見られなかった。一般的に、GABA合成にプロトンが消費される(そして、菌体外のグルタミン酸と菌体内のGABAが対向輸送される)ことから、GABA生産にともなって培養液のpHは上昇する(GABA合成による酸耐性機構)^{9,10)}。しかし、本結果(第1図)に見られるように、GABA生産活性が高いにも関わらず培養液pHが比較的低い菌株がいくつか(1007株や1037株など)存在したことから、培養液pHは菌株の酸生成能など他の要因によっても影響を受けることが示唆された。

次に、GABA高生産性乳酸菌18菌株から、GABA生産活性および分離源の異なる3菌株をスクリーニングし、以降の試験に供試した。選抜した3菌株は、KM株(GABA生産量1.50mg/mL、ケニア共和国・マジワララ由来)、DH1株(GABA生産量2.64mg/mL、マレーシア・ダディヒ由来)および1056株(GABA生産量6.95mg/mL、中国内モンゴル自治区・ホロート由来)であった。

3. スクリーニングした乳酸菌の同定

スクリーニングした乳酸菌の菌種は、形態的、生理的および生化学的性質から同定した。すなわち、グラム染色による形態観察、温度生育性試験、ホモ/ヘテロ発酵型の識別、L-アルギニン塩酸塩からのアンモニア生成試験、生成乳酸旋光性試験¹¹⁾、APIシステム(API50 CH, BioMérieux)を用いた糖類発酵性試験および16S rDNAの部分塩基配列の相同性解析の結果から乳酸菌種を同定した。なお、DDBJのアクセッション番号はAB759536(KM株)、AB759535(DH1株)およびAB759534(1056株)であり、得られた16S rDNAの塩基配列は、国際塩基配列データベース(GenBank/DDBJ/EMBL)に対して相同性検索を行った(テクノスルガ・ラボ、静岡に分析依頼)。

主な結果を第2表に示す。これらの結果から、KM株とDH1株を*Lc. lactis* subsp. *lactis*、1056株を*Lb. brevis*とそれぞれ同定した。いずれもGABA高生産性乳酸菌として広く知られる菌種であった⁴⁾。

4. GABA生産に及ぼす種々の影響要因について

スクリーニングした3菌株の乳酸菌について、GABA生産に及ぼす培地の初発pH、添加グルタミン

第2表 スクリーニングした乳酸菌の分類学的性質と同定

分類学的性質	KM	DH1	1056
分離源	マジワラ (ケニア)	ダディヒ (マレーシア)	ホロート (モンゴル)
形態	球菌	球菌	桿菌
乳酸旋光性	L	L	L (D)
10℃ /15℃での生育性	+	+	+
45℃での生育性	—	—	—
ホモ / ヘテロ発酵性	ホモ	ホモ	ヘテロ
アルギニンからの NH ₃ 生産	+	+	+
Amygdalin	+	+	—
L-Arabinose	+	+	+
D-Cellobiose	+	+	—
Esculin	+	+	—
D-Fructose	+	+	+
D-Galactose	+	+	+
D-Lactose	+	+	+
D-Maltose	+	+	+
D-Mannitol	+	+	—
D-Mannose	+	+	—
D-Melezitose	—	—	—
D-Melebiose	—	—	—
L-Raffinose	—	—	—
L-Rhamnose	—	—	—
L-Ribose	+	+	+
Salicin	+	+	—
Sucrose	+	+	—

+ : 陽性, — : 陰性

API 50 CHL	KM	DH1	1056
菌種名	<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i>	<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i>	<i>Lactobacillus brevis</i>
% ID	85.8	85.8	96.7
T index	0.85	0.85	0.75

酸ナトリウム濃度および培養時間の影響を検討した。

4.1 培地 pH の影響

初発 pH を 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0 および 8.0 とした GABA 生産用培地 (1% グルタミン酸ナトリウム添加 GLYP 培地) にスクリーニングした乳酸菌 3 菌株をそれぞれ接種・培養 (30℃, 72 時間) した。培養後の GABA 生産量を HPLC 法にて測定することにより, GABA 生産活性に及ぼす培地 pH の影響を検討した (第2図)。なお, 図中の pH は培養後の培地 pH を示している。

KM 株と DH1 株は培地の初発 pH が 4.0 以下では十分に生育せず, GABA 生産も確認されなかった。両菌株の GABA 生産活性は初発 pH が 5.0 のとき最も高く, KM 株で 1.88mg/mL, DH1 株で 4.86mg/mL であった。また, 両菌株は初発 pH が 5.0 から 8.0 にかけて高くなるにつれて, 良好に生育はするものの, GABA 生産性は低下する傾向にあった。培養後の培地 pH が初発 pH の値 (5.0–8.0) に関わらず 4.5–5.0 付近に収束したことから合わせて考えると, 両菌株の GAD 至適 pH は 4.5–5.0 付近であると推察される。

この値は乳酸菌における一般的な GAD 至適 pH と一致している⁴⁾。

一方, 1056 株は, KM 株および DH1 株と異なり, 初発 pH が 4.0–8.0 で十分な生育および高い GABA 生産が確認され, 初発 pH が高くなるにつれて GABA 生産量も高くなった (初発 pH8.0 で 7.34mg/mL)。また, 培地の初発 pH が 4.0 および 8.0 のいずれの場合でも高い GABA 生産性を示したことから, 本菌株は *Lb. brevis* IFO12005⁵⁾ や *Lactobacillus paracasei* NFRI7415⁶⁾ で報告されているように比較的広範囲の pH で働く GAD を有している菌株であることが示唆された。

なお, 以降の試験には, スクリーニングした 3 菌株ともに GABA 生産活性が高かった培地の初発 pH 5.0 を用いることとした。

4.2 GABA 生産に及ぼす添加グルタミン酸ナトリウム濃度の影響

基質となるグルタミン酸ナトリウムの添加濃度を 0.1–10.0% で変動させた GABA 生産用培地 (pH 5.0) に, スクリーニングした 3 菌株を接種・培養 (30

第2図 選択した乳酸菌株(KM株, DH1株および1056株)のGABA生産活性に及ぼす初発pHの影響

℃, 72時間)した。培養後のGABA生産量をHPLC法にて測定することにより, GABA生産に及ぼす添加グルタミン酸ナトリウム濃度の影響を検討した(第3図)。

KM株では, 0.1–5.0%の範囲内で添加グルタミン酸ナトリウム濃度に依存してGABA生産量が増加し, 0.5–5.0%で1.88–3.59 mg/mLと緩やかに上昇にした。DH1株では, 添加グルタミン酸ナトリウム濃度0.1–1.0%でGABA生産量の上昇は見られ, 1.0–5.0%においてはGABA生産量が4.29–4.88 mg/mLとはほぼ一定であった。この結果は, KM株とDH1株のGABA生産能に限界があることを示していた。また, 両菌株とも, 10.0%グルタミン酸ナトリウム含有培地でGABA生産の減少が確認された。

一方で, 1056株では, 添加したグルタミン酸ナトリウム濃度に依存してGABA生産量が増加し, 10.0%グルタミン酸ナトリウムの添加で最大のGABA生産(46.32mg/mL)が得られた。この値は, 近年の総説⁴⁾に挙げられている乳酸菌のGABA生産量のどの値よりも高く(最大で345.83mM=35.66mg/mL), 本菌株

第3図 選択した乳酸菌株(KM株, DH1株および1056株)のGABA生産活性に及ぼす添加グルタミン酸ナトリウム濃度の影響

がGABA高生産性乳酸菌として非常に有用であることが示された。また, 培養後の培地pHの上昇も大きく, 添加グルタミン酸ナトリウム濃度が10.0%でpH 7.42であった。このことは, 1056株のGABA生産による酸耐性(中和)能が非常に優れていることを表していた。

4.3 GABA生産量の経時的な変化

1%グルタミン酸ナトリウム含有GABA生産用培地(pH 5.0)にスクリーニングした3菌株をそれぞれ接種し, 30℃で培養した。0, 24, 48, 72, 96および120時間後のGABA生産量をHPLC法で測定することにより, GABA生産の経時的な変化を測定した。その結果を第4図に示す。

KM株とDH1株では, 培養24時間後それぞれ0.40および2.31mg/mLと低いGABA生産量であったが, その後の時間の経過とともに培養上清中のGABA含量が増加し, 96時間後にはそれぞれ2.87および5.60mg/mLに達した。そして, 96から120時間後にかけてはわずかなGABA含量の上昇のみ確認された(KM株で2.93 mg/mL, DH1株で5.72mg/mL)。

第4図 選択した乳酸菌株(KM株, DH1株および1056株)のGABA生産活性に及ぼす培養時間の影響

GABA生産菌には、対数増殖期からGADを発現してGABAを生産するタイプと、定常期に入ってからGADを発現してGABA生産を開始するタイプが知られている^{9,12)}が、第4図の結果からKM株とDH1株は後者のタイプであることが示唆された。

一方、1056株は、培養24時間後ですでに5.53mg/mLと十分なGABA生産を示し、その後72時間後に培養上清中のGABA含量のピーク(6.56mg/mL)を迎えるが、それほど大きな値の上昇は見られなかった。このことから、1056株は対数増殖期からGADを発現し、活発にGABA生産を行うタイプと考えられた。

5. 鶏肉発酵調味液への応用

GABAを富化した機能性食品の一例として、スクリーニングしたGABA高生産性乳酸菌を用いて、以下のように鶏肉発酵調味液を作製した(第5図)。本研究の鶏肉発酵調味液は、仕込みした後で酵素処理し、選択した乳酸菌で乳酸発酵して、その上清のGABA含量を測定した。

すなわち、ミンチ状の親鶏肉(モモ・ムネ混合)280gに食塩35g、グルコース67gおよび水387gを加

第5図 鶏肉発酵調味液の製造方法

え、121℃、15分間の滅菌処理を行った。次に、2種のタンパク質分解酵素〔ビオプレーゼSP4(ナガセテムテックス)、デナチームAP(ナガセテムテックス)〕およびグルタミナーゼ(大和化成)をそれぞれ0.28gずつ添加し、50℃で48時間反応させた。反応後、1,700×gで15分間遠心分離し、遠心上清をろ紙でろ過することで鶏肉調味液を得た。鶏肉調味液は孔径0.20μmのフィルターで滅菌処理し、スクリーニングしたGABA高生産性乳酸菌*Lb. brevis* 1056株を2%(v/v)量で接種した。熟成(培養)は30℃で7日間行い、1日ごとに鶏肉発酵調味液中のGABA含量をHPLC法で測定した。1056株による発酵0-7日後のGABA生産量と調味液pHの結果を第6図に示す。

KM株とDH1株は、鶏肉調味液の栄養成分が生育に適さなかったためか、培養前後の調味液pHの変化はほとんどなく、GABA生産も見られなかった。一方で、1056株は生育が確認され、ゆっくりではあったが培養4日後までGABAを生産し続けた。グルタミン酸ナトリウムを添加したGLYP培地と比較すると、鶏肉発酵調味液中のGABA含量は少なかったが、培養4日後で1.51mg/mLのGABA生産が確認された。GABAの保健効果(血圧降下作用)が10-20mg以上の摂取で認められるという過去の報告^{13,14)}を考慮すると、本結果は効果を期待できる十分な値と言えよう。また、本実験では生菌数およびグルタミン酸濃度を測定しなかったが、菌の生育やGABA生産を促進するような成分、もしくは遊離のグルタミン酸量を増やすような酵素剤の選択・使用によって、より多量のGABAを含んだ調味液の開発が可能となると思われる。

本研究でスクリーニングした乳酸菌株の中でも、特

第6図 *Lactobacillus brevis* 1056 で発酵した鶏肉調味液における GABA 生産量と pH の経時的变化

に *Lb. brevis* 1056 株は GABA 生産活性が高く (第1図, 第3図), 短い培養時間の中で高濃度の GABA を生産した (第4図)。また, pH4.0 のような酸性下や鶏肉調味液のような食塩濃度 (約 4.5% 食塩) 下でも GABA 生産を行った (第2図, 第6図)。以上のことから, 1056 株は, 様々な食品素材の発酵および GABA 生産に利用可能で, 血圧降下やストレス緩和などの機能性を有する食品の開発に有用と思われる。さらに, 本研究で作製した鶏肉調味液は, 廃用鶏を有効活用した新たな特産品として地域産業にも貢献することが期待される。

まとめ

GABA は, 血圧降下作用やストレス緩和作用などの生理機能を有するタンパク質非構成アミノ酸である。本研究では, 世界の発酵乳製品から分離した乳酸菌の中から GABA 生産活性の高い菌株をスクリーニングし, GABA 生産活性に及ぼす諸要因について調べた。その結果, GABA 高生産性乳酸菌として 18 菌株を選抜し, *Lc. lactis* subsp. *lactis* KM, *Lc. lactis* subsp.

lactis DH1 および *Lb. brevis* 1056 の 3 菌株を同定した。中でも 1056 株は, GABA 生産活性が非常に高く, 培地の初発 pH が 4.0–8.0 の広い範囲で安定して GABA を生産した。また, 1056 株は, 基質となるグルタミン酸ナトリウムの濃度に依存して高くなる GABA 生産性を示し, さらに, 培養後比較的短時間で多量の GABA を生産することが明らかとなった。これらの特徴は, 1056 株が GABA を富化した機能性食品の開発に有用であることを示している。1056 株で調製した鶏肉発酵調味液の GABA 含量 (1.51 mg/mL) は, 本菌株の食品利用への有用性をさらに支持するものであった。

〈¹ 岡山大学大学院環境生命科学研究科,

² 岡山県農林水産総合センター畜産研究所〉

文 献

- 1) Ueno, H., Enzymatic and structural aspects on glutamate decarboxylase. *J. Mol. Catal. B Enzym.*, **10**, 67-79 (2000).
- 2) Jakobs, C., Jaeken, J. and Gibson, K.M., Inherited disorders of GABA metabolism. *J. Inherit. Metab. Dis.*, **16**, 704-715 (1993).
- 3) Wong, C.G., Bottiglieri, T. and Snead O.C. 3rd., GABA, gamma-hydroxybutyric acid, and neurological disease. *Ann. Neurol.*, **54**, S3-S12 (2003).
- 4) Li, H. and Cao, Y., Lactic acid bacteria cell factories for gamma-aminobutyric acid. *Amino Acids*, **39**, 1107-1116 (2010).
- 5) Ueno, Y., Hayakawa, K., Takahashi, S. and Oda, K., Purification and Characterization of glutamate decarboxylase from *Lactobacillus brevis* IFO 12005. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **61**, 1168-1171 (1997).
- 6) Komatsuzaki, N., Nakamura, T., Kimura, T. and Shima, J., Characterization of glutamate decarboxylase from a high gamma-aminobutyric acid (GABA)-producer, *Lactobacillus paracasei*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **72**, 278-285 (2008).
- 7) Nomura, M., Kimoto, H., Someya, Y. and Suzuki, I., Novel characteristic for distinguishing *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* from subsp. *cremoris*. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, **49**, 163-166

- (1999).
- 8) Nomura, M., Kobayashi, M., Ohmomo, S. and Okamoto, T., Inactivation of the glutamate decarboxylase gene in *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*. *Appl. Environ. Microbiol.*, **66**, 2235-2237 (2000).
 - 9) Small, P.L. and Waterman, S.R., Acid stress, anaerobiosis and *gadCB*: lessons from *Lactococcus lactis* and *Escherichia coli*. *Trends Microbiol.*, **6**, 214-216 (1998).
 - 10) Ma, D., Lu, P., Yan, C., Fan, C., Yin, P., Wang, J. and Shi, Y., Structure and mechanism of a glutamate-GABA antiporter. *Nature*, **483**, 632-637 (2012).
 - 11) 大塚正盛, 岡田早苗, 内村 泰, 駒形和男, 乳酸菌同定のための生成乳酸タイプの簡易判定法: 高速液体クロマトグラフィー (光学分割カラム) による異性体の分割, *生物工学会誌*, **72**, 81-86 (1994).
 - 12) 早川 潔, 上野義栄, 河村真也, 谷口良三, 小田耕平, 乳酸菌による γ -アミノ酪酸の生産, *生物工学会誌*, **75**, 239-244 (1997).
 - 13) Stanton, H.C., Mode of action of gamma amino butyric acid on the cardiovascular system. *Arch. Int. Pharmacodyn. Ther.*, **143**, 195-204 (1963).
 - 14) 梶本修身, 平田 洋, 中川聡史, 梶本佳孝, 早川和仁, 木村雅行, GABA 含有はっ酵乳製品の正常高値血圧者に対する降圧効果, *日本食品科学工学会誌*, **51**, 79-86 (2004).

執筆者紹介 (順不同・敬称略)

宮本 拓 < Taku MIYAMOTO >

昭和 24 年 9 月 10 日生まれ<勤務先と所在地>岡山大学大学院環境生命科学研究科 〒700-8530 岡山県岡山市北区津島中 1-1-1 <略歴>昭和 49 年岡山大学大学院農学研究科修了, 昭和 50 年岡山大学農学部助手, 平成 3 年同大学農学部助教授, 平成 10 年同大学農学部教授, 平成 24 年同大学大学院環境生命科学研究科教授 (改組による), 現在に至る。

里見正隆 < Masataka SATOMI >

昭和 44 年 11 月 26 日生まれ<勤務先と所在地>独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所 〒236-8648 横浜市金沢区福浦 2-12-4 <略歴>平成 4 年 3 月東京水産大学卒業, 平成 9 年 3 月同大学大学院 水産学研究科博士後期課程修了, 平成 9 年 4 月水産庁中央水産研究所加工流通部農林水産技官, 平成 13 年 4 月独立行政法人 水産総合研究センターに改組, 平成

16 年 3 月~平成 17 年 3 月水産総合研究センター在外研究員 (ジェット推進研究所, 米国), 平成 17 年同主任研究員, 現在に至る。<抱負>水産発酵食品の発酵機構について追及したい。また, ヒスタミン生成遺伝子の伝播機構についても研究を推進したい。<趣味>水泳, 楽器 (ビオラ), 音楽鑑賞。

松宮雅一 < Masakazu MATSUMIYA >

昭和 40 年 10 月 13 日生まれ<勤務先と所在地>白鶴酒造株式会社 〒658-0041 神戸市東灘区住吉南町 4-5-5 <略歴>平成 2 年大阪府立大学農学部農芸化学科卒, 同年白鶴酒造株式会社入社, 品質管理, 営業, 研究開発, 営業企画, 化粧品事業部門を経て, 平成 23 年 4 月環境統括室の新設とともに異動, 現在に至る。<抱負>会社に対して環境を切り口にした利益で貢献したい。<趣味>ドライブ, ゴルフ, テニス。