

魚醤油製造への発酵技術の導入と知財

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 食品加工研究センター

吉川 修司



要 約

世界各地では多種多様な発酵食品が製造されており、わが国でも古くから味噌や醤油、納豆など様々な発酵食品が食され、食品の発酵に関する研究開発も多数行われてきた。しかし、水産発酵食品は農産あるいは畜産発酵食品に比べ、研究例が少なく、発酵食品を安定した品質で製造するために必須な微生物スターター（純粋培養した有用微生物）を用いた発酵技術の導入例が少ない。筆者らは水産発酵食品の製造に微生物発酵を積極的に導入することで、安定して高品質の食品を製造することが可能になると考え、研究を重ねてきた。本稿では、筆者の水産発酵食品開発の中から、スターター技術を導入した魚醤油の開発について、発想から知財取得に至るまでの流れをご紹介しますとともに、北海道産魚醤油の現状と課題および将来展望について述べる。

目次

1. 北海道立総合研究機構とは
2. 発酵と微生物スターター
3. 水産発酵食品と微生物発酵
4. 魚醤油製造へのスターター利用技術の導入
5. 北海道の魚醤油産業の現状
6. 北海道の魚醤油の課題と展望

1. 北海道立総合研究機構とは

まず、はじめに筆者の所属する地方独立行政法人北海道立総合研究機構（略称 道総研）について紹介する。道総研は2010年4月に北海道庁に所属の道内の22の試験場が統合してできた総合研究組織で、総勢約1100名が所属している。本法人の本部は各試験場を統括し、所有する知財の管理や出願に関する事務は研究企画部の知財グループが所管している。法人本部の下に研究分野毎に農業、水産、森林、産業技術、建築、環境・地質の6つの研究本部があり（図1）、分野ごとに専門性を活かした技術開発を行っている他、異なる研究本部に属する研究機関同士が分野を横断した課題に協力して取り組む制度もある。

筆者は工業技術を所管する産業技術研究本部に属する食品加工研究センター（以下、食加研）に勤務している。食加研は、工業部門である産業技術研究本部に所属している研究所で、そのルーツは1923年に札幌郡琴似村に設置された北海道工業試験所の醸造部門にあり、発酵とは縁が深い。食加研ではこれまでに様々

な発酵食品の開発に取り組んできた。清酒醸造用乾燥酵母の製造技術は実用化され、製造された乾燥酵母は現在国内の多くの清酒醸造元で使用されている⁽¹⁾。また、乾燥化が困難な耐塩性の酵母や乳酸菌の乾燥スターターの開発も行った。さらに、北海道内の家庭で作られている漬物から分離した植物性乳酸菌「HOKKAIDO株」は生きて腸まで届く性質を持ち、ヨーグルトの製造などに利用されている⁽²⁾。その他、小豆やインゲン豆を原料とした食酢の発酵生産技術を開発し、実用化されている⁽³⁾。食酢は酵母によりエチルアルコールを生産させ、そのエチルアルコールから酢酸菌によって酢酸（酢の主成分）を発酵させる2段階の発酵を行う。でんぷんは糖が長く繋がった構造をとっており、そのままでは、酵母が利用できないので麹（穀類にコウジカビを生育させてでんぷんやタンパク質分解酵素を生成させたもの）や酵素で酵母が利用できる大きさの糖に分解（糖化）する必要がある。ところが小豆やインゲン豆など豆類は、水に浸漬して吸水させた後、加熱するとでんぷんの粒子をタンパク質が包み込んだ「あん粒子」を形成する。このあん粒子がでんぷんを糖に分解する障害になる。このあん粒子を壊して糖化させることで、エチルアルコールが醸造できるようにし、豆から食酢が製造できるようになった。これらのように、食加研には発酵微生物や発酵食品に関する研究を行い、特許を取得した技術があり、今回はその中から、筆者が主担当となった魚醤油製造

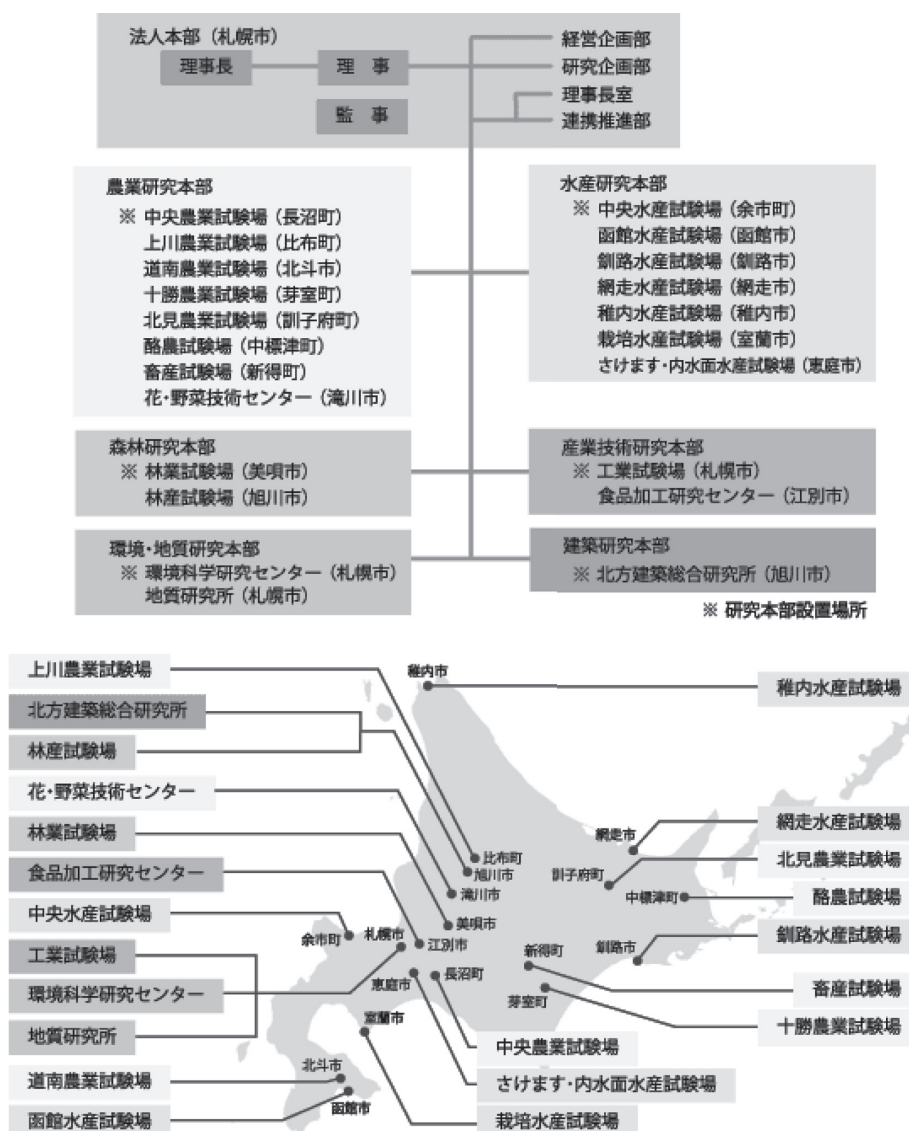


図1 北海道立総合研究機構の組織と研究所の所在地

に発酵技術を導入した例について紹介する。

2. 発酵と微生物スターター

本論の魚醤油製造技術に入る前に、水産加工に発酵技術を導入しようと考えた動機を発酵の定義やその歴史、そして発酵食品の安定生産に寄与するスターター（種菌ともいう）について振り返りつつ説明する。私たちは発酵という言葉は何の気なしに使っているが、改めて発酵という言葉を見直してみると、1. 生物が取り込んだ有機物を嫌氣的に代謝してエネルギーを得ること、2. 微生物が食品など人間に有益な有機物を生成する過程、3. ウーロン茶や紅茶の発酵など酵素の反応を指すなど複数の意味があり、実は定義が相当広い。そこで、本稿では微生物が主役となる2の定義を発酵として話を進める。

人類は歴史の中で様々な発酵食品を生産し、食べてきた。家の中の食べ物を見ても、ビールやワイン、日

本酒などの酒類、味噌、醤油などの調味料、納豆やパンなど身の回りは発酵食品であふれている。自分は発酵とは縁が無いと思っている方でも、様々な調味素材に入っているグルタミン酸などのアミノ酸やクエン酸などの酸味料は、その多くが微生物による発酵法で生産されていることを考えれば、発酵と縁がない人などいないのではないかと思うほどである。

かつて、古代エジプトなどでパンやビールが作られていたころは、発酵を担う小さな働き手である微生物の存在は知られていなかった。よって、パンやビールなど発酵食品の製造は、職人の経験に基づく感覚によって行われており、失敗する＝腐敗することもあったと推察される。この運を天に任せる発酵が、工業的に成立するようになった＝安定的に管理できるようになったのは、17世紀後半のオランダのレーウェンフックによる微生物の発見（1683年）、19世紀半ばのフランスのパスツールによる生命の自然発生説の否定（1861

表1 スターターの添加効果

スターターの添加効果	内容	具体例
変敗防止	不都合な微生物（腐敗や食中毒の原因菌）の増殖を抑える	（スターターを加えた発酵食品全般、表2参照）
発酵促進	発酵の性能がよい菌を加えることで発酵がスムーズに進む	（スターターを加えた発酵食品全般、表2参照）
風味の強化	発酵食品の味や香りを強くする	吟醸酒やパンの香り強化
食感の改質	とろみや膨らみを与えるなど、原料と違った食感を生み出す	ヨーグルトのとろみやパンの膨らみ
プロバイオティック効果	生きて腸に届くことで、腸内の微生物のバランスを改善し、体により作用をもたらす	ヨーグルトの整腸効果やピロリ菌抑制効果など

表2 発酵食品とスターターの利用度

原材料	製品	スターターの利用度
牛乳	ヨーグルト、チーズ	+++
クリーム	発酵バター	+++
肉	発酵ソーセージ	製造国による
小麦粉・ライ麦粉など	サワードウ	++
大豆・穀類	味噌、醤油、納豆	+++
果実、穀類	酒類、酢	+++
キャベツ	サワークラウト	+
オリーブ	発酵オリーブ	+
野菜、魚介類	いずし・切り込みなど	—
魚介類	塩辛	—
魚介類、米	なれずし	—
魚介類、（穀類）	魚醤油	—
むろあじ、とびうおなど	くさや	+（広義のスターター）
かつお	かつお節（枯れ節）	+++

文献（4）の記載に著者が水産発酵食品の例を加筆

年）、低温殺菌法の確立まで待たねばならなかった。

発酵が微生物によっておこる現象であることが明らかになると、高品質の発酵食品を製造する微生物の菌株が純粋分離され、それを大量培養して原料に添加することで発酵を安定して行えるようになった。微生物の世界にも数の原理が存在し、大量の優良微生物で好ましくない微生物が圧倒されるのである。

このように原料に加えられる純粋培養した優良微生物をスターターと呼ぶ。スターターを添加することにより得られる効果には、表1に示した5種類がある。好ましくない微生物の増殖を抑制するだけでなく、風味の増強やとろみや膨らみを与えるなど食感を変えたり、体により作用を及ぼしたりしてくれるのである。市販の食品パッケージをよく見ると、これらの効果をターゲットにした知財が多くあることがわかる。

さて、食材とそれを発酵させた発酵食品、さらに製造時のスターター使用の有無を表2にまとめてみた⁽⁴⁾。先に述べたようにスターターを用いるメリット

は多く、そのため近代的な発酵食品製造は、スターターなくしては成り立たないといっても過言ではなく、一目見ただけで、発酵食品のほとんどにスターターが利用されていることが理解できる。そしてもう一つ、読み取れることがある。原材料を農産物、畜産物、水産物に分類して見ると、水産発酵食品ではスターターを利用している例が少ないことである。

3. 水産発酵食品と微生物発酵

水産発酵食品は、微生物と無縁なわけではない。例えば、塩辛の特有の風味が形成されたり、食中毒菌の増殖が抑制されたりするメカニズムには、微生物の関与が指摘されているが^{(5),(6)}、スターターは加えられていない。また、いずしや切り込みにおいても、微生物と風味形成の関連性が報告されているが⁽⁷⁾、スターターを加えた製品作りの例は少ない^{(8),(9)}。特有のにおいとうま味がある「くさや」は、内臓を除いて洗った魚を「くさや汁」と呼ばれる秘伝の液体に浸漬した

後、乾燥させて製造する。かつて、島では塩と水は貴重で魚の塩漬けに使った後の塩水を繰り返し使っていた。その塩水の中に微生物が増殖し、やがて含まれる微生物の種類や構成比率が安定してくさや汁になった。現在も一度使用したくさや汁はしばらく休ませたり、長期使用しない場合は魚の切り身を入れたりしながら、代々大切に受け継がれ、微生物のバランスを維持しているという。ちなみにくさや汁の微生物はうま味や香りを作るだけでなく、ある種の細菌（コリネバクテリウム的一种）は抗生物質を生産し、くさやの日持ちの良さの一因となっており、昔から傷口にくさや汁をつけると化膿せずに治りが早いとの説がある⁽¹⁰⁾。くさや汁は生きていることを見抜き、たゆまず丁寧に管理してきた先人の洞察力には脱帽である。よって、くさや汁は広義のスターターと言ってよいであろう。

我が国において水産発酵食品で狭義のスターターを使用しているのは、かつお節の中でも、カビ付けという工程を経る「枯れ節」のみである⁽⁹⁾。かつお節は、荒節と本枯れ節の2つに分類される。家庭で良く使用する市販のかつお節パックの一括表示を注意深く見てみると、「かつお削り節」と「かつおぶし削り節」と書かれているものがある。頭や内臓など不要部分を除いて煮たかつおを繰り返し燻乾したものを「荒節」といい、これを削ったものが「かつお削り節」である。荒節にさらに「かつお節優良カビ (*Eurotium herbariorum*: ユーロティウム・ハーバリオラム)」を接種して生育させ、日に干すという工程を繰り返したものを「枯れ節」といい、これを削ったものが「かつおぶし削り節」である⁽¹¹⁾。枯れ節は分離・選抜し、純粋培養した「かつお節優良カビ」を接種しているので、紛れもない発酵食品である。かつお節優良カビを接種することで、発酵が安定する（＝好ましくないカビの発生が防がれる）だけではなく、品質上も大きなメリットがある。節の中心から水分を吸い上げて全体の水分を均一化する。さらに、魚臭や出汁の濁り、アクの発生原因となる脂肪を分解するとともに、かつお節独得の芳香を形成する。加えてタンパク質を分解し、アミノ酸などのうま味を生成する。このように「かつお節優良カビ」は、かつお節の香りや味だけでなく、出汁の品質もグレードアップするのである。しかし、水産発酵食品へのスターターの利用は数えるほどである。

わが国は、コウジカビによる糖化工程（でんぷんを

酵母が利用できる糖に分解する）と酵母によるアルコール発酵を同時並行で行う日本酒の並行複発酵の技術、うま味成分であるアミノ酸や核酸の発酵生産など、微生物利用と発酵制御を得意とした国であり、発酵に関する特許数は膨大である。しかし、水産発酵食品の技術開発や発酵プロセスの解明およびスターターの利用は、農産、畜産発酵食品に比べて遅れ気味である。水産発酵食品に微生物スターターによる発酵技術を導入すれば、水産発酵食品の品質を著しく向上させるのではないかと考えたのが、筆者が水産発酵食品の技術開発を進めている動機である。

4. 魚醤油製造へのスターター利用技術の導入

筆者はスターター利用技術を導入して品質向上を目指す水産発酵食品として、魚醤油に注目した。魚醤油とは魚介類に食塩を加えて発酵させることにより製造される液体調味料であり、我が国を含め、アジアのほとんどの国で生産されている水産発酵食品である^{(12)~(15)}。魚醤油は歴史のある調味料で、古代ローマや中国でも製造の記録があり、日本でも平城京以前の都・藤原京（694~710年）の遺跡から出土した木簡や平安時代中期に源順（みなもとのしたごう）が編纂した事典である「和名類聚抄（わみょうるいじゅうしょう）」にも記載がみられる⁽¹⁶⁾。しかし、江戸時代以降になってから魚醤油の製造は減少しはじめた。明治時代に入り地方でも醤油が入手可能になると主要な調味料としての座を醤油に明け渡し、秋田の“しょつつ”や北陸の“いしる”など特定の地域で生産・消費される調味料になってしまった。魚醤油製造の起源は、アジアでは中国、ヨーロッパではイタリアにある。古代ローマにおいてもガムという魚醬が作られていたが、今や世界遺産で有名なアマルフィー海岸にあるチェターラで少量製造されているに過ぎない。なぜ魚醤油は醤油に調味料の主役を譲ることになったのか。それは、魚醤油と醤油は類似した名前の調味料でありながら、大きな相違点が存在するからである。醤油が穀類、豆類など植物を原料とするのに対し、魚醤油の原料となる魚介類は水分が多く、腐敗防止に大量の食塩を添加する必要があることから、醤油に比べ塩分が高く、塩分が20%（w/v）を超えるものも少なくない⁽¹⁶⁾（こいくち醤油およびうすくち醤油の平均塩分濃度はそれぞれ14.5および16.0%（w/v）である⁽¹⁷⁾）。そして最も大きい原因は、魚醤油には魚介類

に含まれる脂質の酸化による脂肪酸化臭や酪酸，吉草酸，酢酸，トリメチルアミン，イソ吉草酸による不快臭が存在することである^{(18)~(21)}。現在，魚醤油は特有の複雑で後を引くうま味（コク，味の伸び）が注目され，国内の需要量は1万トンを超えている。その需要量のほとんどは，加工食品の調味や外食産業などに向けた業務用途である^{(22)・(23)}。また，醤油の年間消費量が90万トンに及ぶのに対し⁽²⁴⁾，魚醤油の消費量が未だわずかである。これらは魚醤油の用途が隠し味であるということのみならず，その特有の臭いが用途を狭めているためと考えられる。日本では先に述べたように微生物発酵技術を用いて製造されている醤油が，メインの調味料の座を魚醤油に取って代わった。醤油は発酵過程で酵母と乳酸菌，コウジカビの酵素などが関与する複雑な発酵システムを取るが，これら微生物のおかげで芳香に満ちたクセの無い調味料となる。一方，魚醤油は，高塩分濃度下での魚の自己消化（魚に含まれているタンパク質分解酵素によるうま味生成）が主となり，製造に時間がかかり，その間に魚の脂肪が酸化して特有のにおいを生じる。筆者は開発に先立ち，先行技術調査を行ったが，1992年当時においても，40件を超える魚醤油関連の特許出願の約9割がにおい低減技術に関するものであった。魚離れの原因についての調査データが公表されているが⁽²⁵⁾，下ご

しらえの手間や骨や皮を除く煩わしさと並んで「魚のにおい（魚臭）」の存在が挙げられていることから，この出願傾向はうなずける。

さて，市販の特許関連の書籍に記載のあるとおり，出願前および明細書作成の際の状況整理，拒絶理由通知や拒絶査定を受け取った際の対応策を検討するためには，既存技術と開発しようとする技術・開発した技術の構成要素をベン図により整理・分類して比較すると整理しやすい⁽²⁶⁾。そこで，当時の既存の魚醤油の品質改善技術を整理すると，香りの改善とうま味の強化の2つに大別された（図2）。うま味の増強には，麴を使用する方法とタンパク質分解酵素（プロテアーゼ）を利用するもの^{(27)~(30)}に分けられる。麴を使用するものは，麴の種類を変えるもの⁽³¹⁾，既存の麴を利用するもの，麴の原料に工夫を加えるもの（魚介類を使用した麴を利用するもの^{(32)~(35)}，原料をスポンジ状構造にするもの（パフ化）^{(35)~(38)}）の3つに分けられる。一方，香りを改善する方法は，不快な香りをマスキングするもの^{(39)~(41)}，不快な香りを物理的に除去するもの^{(42)~(47)}，麴を製造する菌の種類を変えるもの⁽³¹⁾，既存の麴を使用するものがある^{(23)・(48)}。既存の麴を使用するものには，酸化を抑制するもの（酸素を遮断し，酸化臭の発生を抑えるもの^{(47)・(49)}），微生物スターターを併用するものに分けられる。

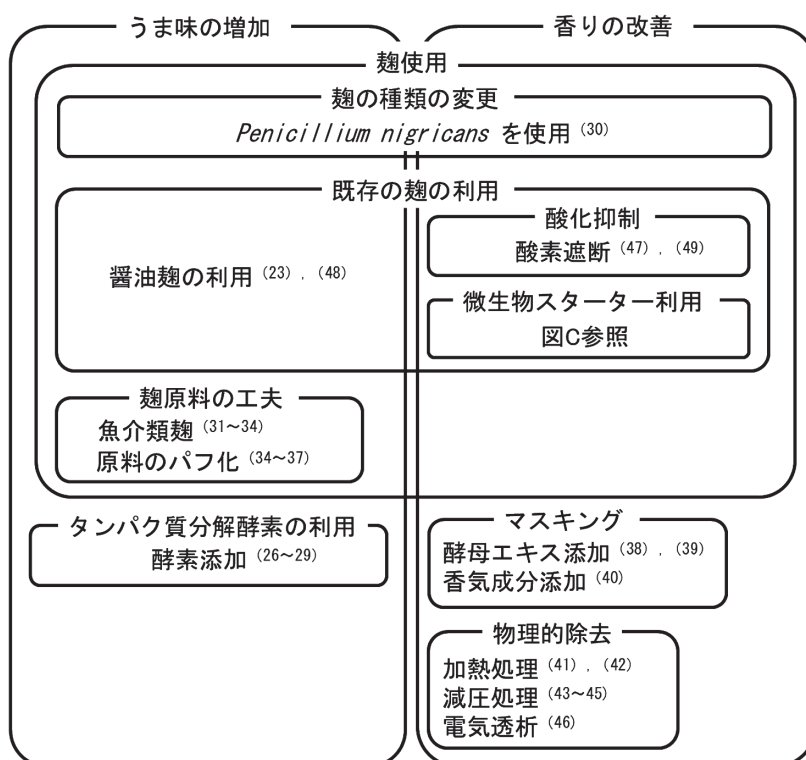


図2 既存の魚醤油の品質改善に関する主な知見

図表中の番号はそれぞれの技術分野に関する知財や文献の例で，出願済みの全ての特許を記載しているものではない

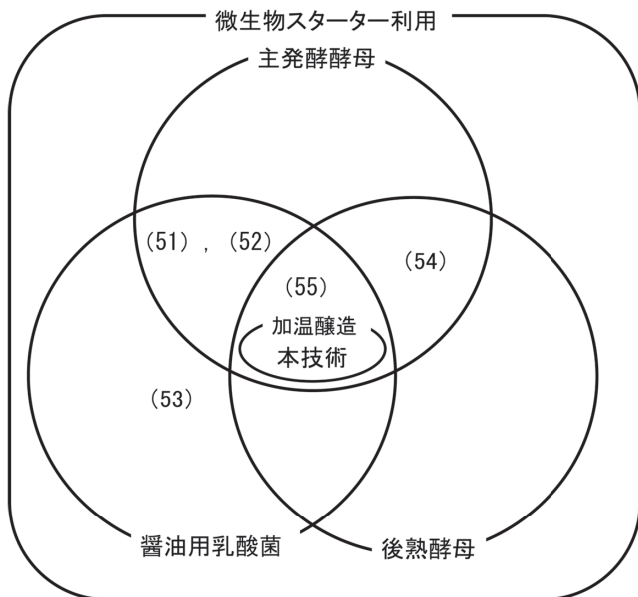


図3 既存の魚醤油の香り改善に関する微生物スターター利用に関する主な知見

図表中の番号はそれぞれの微生物の組み合わせに関する文献例

さらに、微生物スターターを利用する技術を詳細にみていくと、3種類の微生物の組み合わせで構成されている（図3）。耐塩性酵母は醤油用主発酵酵母（*Zygosaccharomyces rouxii*：チゴサッカロマイセス・ルキシ、以下、主発酵酵母）、後熟酵母（*Candida versatilis* または *etshellsii*：キャンディダ・バーサティルスまたはエシエルシ）、醤油用耐塩性乳酸菌（*Tetragenococcus halophilus*：テトラゲノコッカス・ハロフィラス、以下、醤油用乳酸菌）の3つの組み合わせである。筆者らが開発した技術は、これら3種類の微生物を全て使用する魚醤油製造法である。3種類の微生物を全て使用した特許や知見は、他にも例があるが、諸味を加温醸造した点が、この技術の新規性である。加温醸造だけではたいしたことが無いように思われるかも知れないが、実はこの3種類の微生物は生育に最適な温度が異なっており、麹菌の酵素を十分働かせるため、諸味の温度を高めると、酵母の生育が悪化する可能性がある。さらに、発酵開始時から加温醸造することで諸味が速く溶解して粘度が下がり、塩分の均一化が促進されるので、耐塩性が低いスターター以外の微生物の増殖を抑えることにも一役買っている。

さて、本技術で製造される魚醤油の特徴を表3に挙げた。うま味の指標となる遊離アミノ酸が高いのに加え、従来の魚醤油にない貝のうま味成分であるコハク酸、醤油用の芳香（HEMF）や燻煙香（4-EG）、エチルアルコールを含むのが特徴で、これらは添加した2種の酵母スターター（主発酵酵母および後熟酵母）に

由来するものである^{(56)~(58)}。また、添加した醤油用乳酸菌が乳酸を生成することで諸味のpHを低下させることも確認している⁽⁵⁹⁾。さらに、還元糖が多いのはタンパク質を分解してうま味の元であるアミノ酸を増やすために加えた麴に由来するものである。このように本技術を用いると、従来法では得られない味や香りを製品に与えることが可能となる。また、ナンプラーなど輸入魚醤油の色が透明感のある琥珀色であるのに対し、発酵が長期間に及ぶ魚醤油の中には酸化による褐変が見られるものがある。また、製造期間の短縮およびうま味を強化するために、醤油の様に麴を加えてタンパク質の分解を促した製品の場合、麴由来の糖とタンパク質やその分解物（ペプチドやアミノ酸）がメイラード反応を起こして褐色の色素（メラノイジン）を生成して色が濃くなる⁽⁶⁰⁾。メイラード反応はクッキーやパンの焼き色や醤油の色が生じる反応であるが、度が過ぎると色がいわゆる「焦げ色や煮締まった色」になってしまう。本技術では、麴を用いて発酵期間を短縮するとともに、麴の添加によって増加した着色原因となる還元糖を微生物スターター（主として酵母スターター）に消費させることでメイラード反応を抑制した結果、麴を使用しているにもかかわらず透明

表3 本技術と従来法で製造される魚醤油の成分比較

成分	(mg/100ml)	
	本技術	従来法※
遊離アミノ酸量	9139	6480
コハク酸	412	n. d.
醤油様香（HEMF）	1.08	n. d.
燻煙様香（4-EG）	0.17	n. d.
還元糖	3376	110
エチルアルコール	1340	110

※従来法：魚肉重量に対し、20%重量の食塩を添加し、本技術と同様に35℃で加温

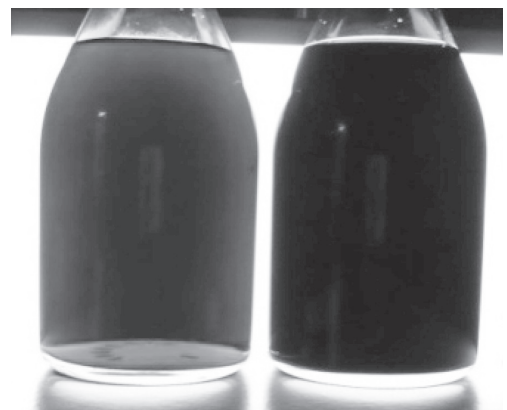


図4 本技術で製造した魚醤油（左）と麴を使用した魚醤油の色調（右）

感のある薄い色調を実現した（図4）。

官能評価においても、本技術で製造した魚醤油は従来法で製造された輸入品に比べ、うま味、甘味、魚臭の無さにおいて評価が良好であった（図5）。さらに酵母スターターを使用した結果、表3に示したように機器分析で醤油様の香気成分が検出されただけでなく、官能的にも醤油に類似した香りが感じられることを明らかにした。以上のように、うま味と芳香と薄い色調の全てを両立させる技術を開発して特許を取得した⁽⁶¹⁾。

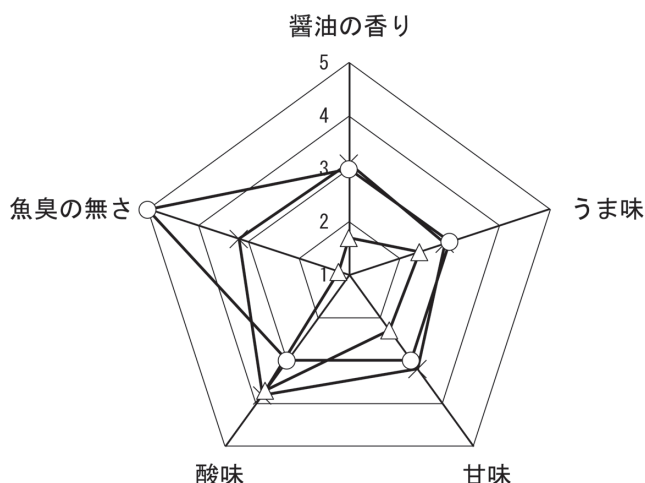


図5 本技術で製造した魚醤油と従来法で製造した輸入魚醤油、醤油の官能評価
○：本技術で製造した魚醤油 ×：輸入魚醤油(従来法) △：醤油
グラフの点数は、高いほど各項目における評価が良好であることを示す。

本技術の開発に取り組んだ時点で、微生物スターターを使用した魚醤油製造の既存文献において、発酵中の微生物の消長を解析した例が少なかったため、微生物叢の解析を行った。通常の菌からスターターとして加えた微生物を選択的に分離培養する方法と並行して、PCR-変性剤濃度勾配ゲル電気泳動法（PCR-DGGE）という手法を用いて微生物のバランスを解析した。通常のDNA電気泳動法では、DNAの断片を大きさの違いによって分別して検出することしかできない。しかし、PCR-DGGE法は、大きさの同じDNAの断片であっても、DNAを構成する塩基（高校の生物で学習したATGCの4種類のこと）の組み合わせの違いにより分別して検出することが可能である。この手法は培養不可能な微生物も含め試料に含まれる微生物種を容易に解析可能なため、腸内細菌や発酵食品に含まれる微生物群集の解析^{(62)～(68)}などに応用されている。PCR-DGGE法と既存の培養法と組み合わせることで本技術を用いた魚醤油の諸味中の微生物群集を解析することにより、加えたスターターを含めた微生物

物の相互関係が明らかになった（図6）⁽⁶⁹⁾。麴に含まれるコウジカビ由来の酵素により、麴に含まれるでんぷんは糖に、たんぱく質はアミノ酸にそれぞれ分解され、それらが諸味中の微生物の栄養源となっている。自然界には野生酵母が存在し、諸味中で増殖することがある。野生酵母の中には図7のように諸味の表面に生育してカビ臭を発生させて品質を劣化させる産膜酵母⁽⁷⁰⁾も存在し、カビ臭が発生した諸味は廃棄せざるを得ない。乳酸菌は主発酵酵母の生育を支えるが、増殖が行き過ぎると漬物様の臭いを発生する。主発酵酵母は乳酸菌の行き過ぎた増殖を抑えると同時に耐塩性のある野生酵母の増殖を阻止するなど発酵を調整する役割を果たしている。後熟酵母は主発酵酵母や乳酸菌に邪魔されず増殖するが、他の酵母および乳酸菌（をはじめとした細菌群）の増殖に影響を与えない。このように添加した3種の微生物スターター（主発酵酵母、後熟酵母、醤油用耐塩性乳酸菌）は、互いに絶妙

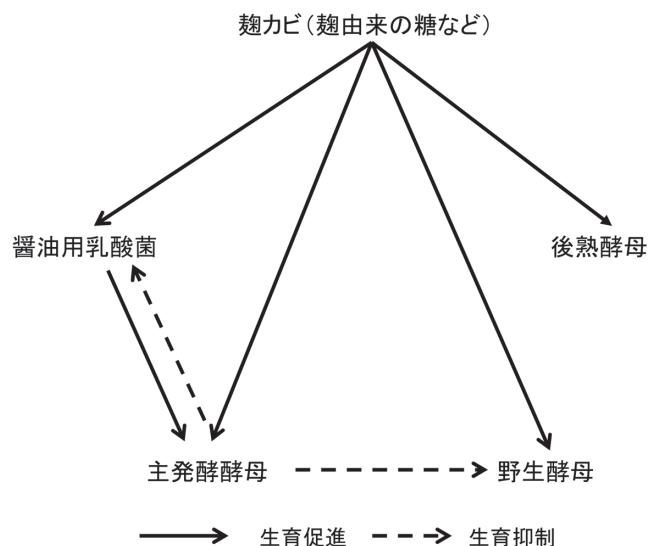


図6 本技術において確認した魚醤油諸味中の微生物間の相互関係



図7 魚醤油諸味の表面に増殖した産膜酵母
野生酵母のうち空気と接する部分に膜状に増殖する酵母を産膜酵母という。カビ様臭の原因となる。

なバランスを保ちながら、野生酵母の増殖を抑えつつ、醤油や燻煙様の香りやエタノールなどの有用成分を生成していたのである。

麴に含まれるタンパク質分解酵素などを最大限に働かせて早期にうま味を得るには、60℃以下で発酵温度を極力高くするのがよい。ところが温度を上げると、先に述べたメイラード反応による褐色化も同時に進みやすくなる。また、乳酸菌を含めて細菌類は、酵母に比べて増殖に適した温度帯が高い場合が多いため、酵母の生育よりも細菌類（特に耐塩性の乳酸菌）の増殖が勝った場合は腐敗（酸敗）してしまうことがある。発酵食品の製造に複数のスターターを使用する場合は、それぞれのスターターの役割や力関係が複雑に絡み合って発酵が進むため、一種類の微生物スターターで製造を行うのとは異なる制御が必要である。うま味の生成と淡い色調の実現のバランスをどのようにとるか、微生物間のバランスの崩れ（乳酸菌の発酵の暴走や主発酵酵母の生育不振）を早期に見極めてどのようにバランスを回復する処理をするかなどが、本技術を実施する上でのノウハウとなっている。その他、本技術と組み合わせて使用する産膜酵母の簡易抑制法やろ過を効率的に行う前処理方法なども体系化している。

5. 北海道の魚醤油産業の現状

北海道では、道総研の他に東京農業大学、釧路市および根室市の水産加工振興センター、北海道立工業技術センターおよび北海道立オホーツク圏地域食品加工技術センターなどが魚醤油造りの支援を行っており、

多数の魚醤油が製品化されている。現在市販されている魚醤油の種類は、40種を超える（図8）。北海道では、サケ、サンマ、ホッコクアカエビ、ホタテガイ、バフンウニ、スルメイカ、ホッキガイ（ウバガイ）など様々な魚介類を原料にして魚醤油がつくられており、これまで製品化された魚種は25種におよぶ（図9）。これは国内外を見ても類を見ない多さであり、魚種や製造者の製品コンセプトに応じて製法を多様化させたことが反映している。また、僅かな量ではあるが、北海道産の魚醤油が海外で販売されるに至っている。

北海道で行われている魚醤油の製造法は、魚と食塩のみで長期間発酵させる方法、麴を加えて発酵を促進する方法、タンパク質分解酵素を使用する方法、さらに魚介類に食塩、麴および耐塩性微生物を加える方法の4種類に大別される。製造法の差こそあれ、ほぼ全ての製品において不快な魚臭さの発生を抑制する独自の工夫がなされていることが北海道の魚醤油の特徴であり、もう一つの大きな特徴は、魚醤油の多くが麴を使用した加温醸造を採用していることである。麴の使用により原料の素材の分解が早まり、うま味を早期に引き出すだけでなく、諸味中の塩分の均一化を促進することで、腐敗菌や有害菌の繁殖を防ぎ、不快臭の発生やヒスタミン生成菌によるヒスタミンの蓄積を抑えることが可能となる。ヒスタミンとは、必須アミノ酸（体内で合成できず、食品から摂取しなければならないアミノ酸）の1種であるヒスチジンから生成する物質で、体内でも微量に生成されるが、海洋微生物の一種であるモルガン菌（*Morganella morganii*：モルガ



図8 北海道でこれまでに製品化された魚醤油（廃番になったものも含む）

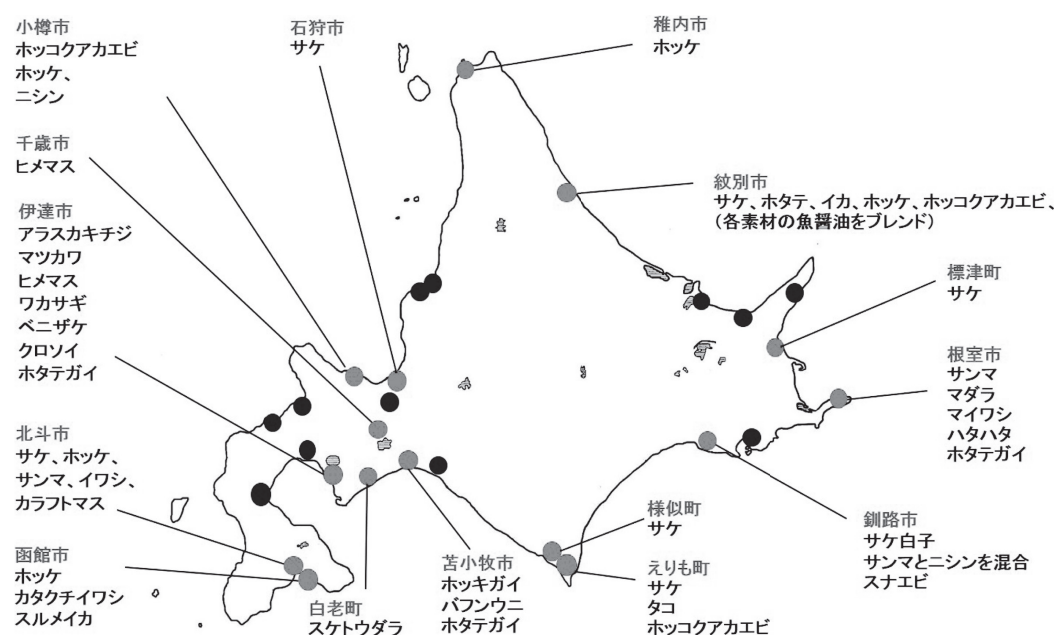


図9 北海道の魚醤油産地と原料魚種 (2019.1.1 現在)

●：現在製造中の産地，●：製造を休止した産地

ネラ・モルガニー) などのヒスタミン生成菌によっても生成する。ヒスタミン生成菌が食品中で増殖し、大量にヒスタミンが蓄積した食品を摂取すると顔や耳たぶの発赤、頭痛、嘔吐下痢などの食中毒症状を呈する⁽⁷¹⁾。やっかいなことにヒスタミンは加熱では分解せず、味にもおいしくない。特にヒスチジンが多い魚介類を原料にした場合、魚醤油の発酵プロセスを管理しないとヒスタミンが高濃度に蓄積してしまうことがある。2011年7月にタイなどが提案国となり、魚醤油のCODEX規格が設定されたが、規格の中ではヒスタミンの規制値が400ppmに設定されている⁽⁷²⁾。筆者らは、今回紹介した製法も含め、諸味に趣もしくはタンパク質分解酵素を加え、しかも発酵開始時点から加温醸造することにより、塩濃度の均一性を短時間で確保した。このことがスターター以外の微生物の増殖を抑制し、CODEXの魚醤油に関するヒスタミンの基準値を下回る魚醤油の製造を実現してきた。北海道では、道内の魚醤油製造者と関連企業、および公設試験研究機関からなる業界任意団体「北海道魚醤油生産組合」が設立されており、組合は酪農学園大学の食と健康学類の協力を得て、成分および色調の分析とともにヒスタミン濃度を毎年測定しており、加盟各社の魚醤油のヒスタミン濃度が基準を下回っていることを継続して確認する体制をとっている。

近年北海道では、周辺海域の水温上昇や台風の上陸回数の増加など様々な要因で、サケ、サンマ、ホタテガイ、スルメイカなどの漁獲量が減少傾向にあり(図

10)⁽⁷³⁾、関係業界に影響が出ている。筆者をはじめ、北海道内の魚醤油生産の研究や技術支援の多くは、魚の皮や内臓、ヒレ、カット残など高鮮度であるが副産物として捨てられていたものを有効活用する目的からスタートしている。実際に筆者が担当した例では、水産加工副産物の大幅な減量化に成功した企業も多く、水産原料が減少する中、限りある資源を有効に利用していく上で、ますますその重要性は高くなると考えている。持続可能な社会の実現が課題となっている現代社会において、魚醤油は限りある水産資源を余すところなく利用する時代に即した技術であるとも言える。

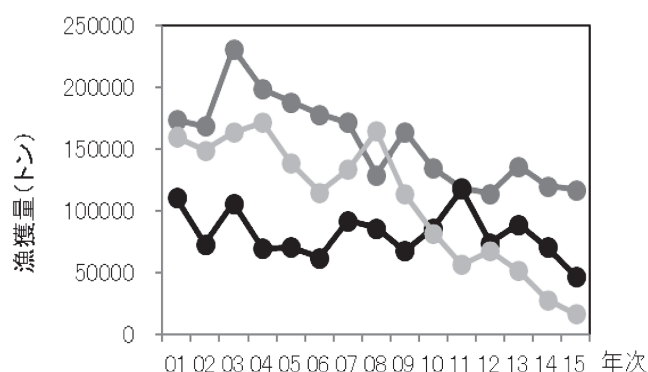


図10 北海道における主要水産物の漁獲量の推移

●：サケ ●：スルメイカ ●：ホッケ

6. 北海道の魚醤油の課題と展望

これまで魚醤油の製造技術の例として、筆者が開発してきた魚醤油の製造技術開発の例や北海道における魚醤油産業の状況をご紹介してきた。ここまでの話の流れでは全てが順調に進んでいるように思えるが、実

際には今も残されている課題が存在する。前述の通り、魚醤油の国内需要量は、現在1万トンを超えた。全国各地で様々な魚醤油が製造されているが、それだけでは需要に応えきれず、大部分を海外から輸入しているのが実情である^{(22), (23)}。需要の大半は業務用で隠し味として使用されている。北海道の魚醤油は多くが非業務用（≒家庭用）のものが多く。無論、家庭用の魚醤油を業務用を使用するのは品質上何も問題ないが、価格帯が高すぎ、需要の大半を占める業務用魚醤油の市場では、競争力に乏しい。北海道の魚醤油産業をさらに発展させるには、業務用市場に向けて、コストを削減した新たな製法を開発し、価格競争力を高めることが重要となる。さらに、低コストでありながらも、海外産の輸入魚醤油に比べ、品質上の優位な点は維持する技術革新でなければならない。そこで、筆者らはこれらの要件を満たす新たな技術開発に取り組んでいる。また、魚醤油の製造は日本各地で取り組みがあるが、魚醤油を使用する文化が地域限定的なために、馴染みのない調味料となっている。今後も魚醤油の製造を継続、拡大していくためには、魚醤油を使用した加工食品の開発も欠かせない。北海道ではこうした考えをもとに、水産加工品にとどまらず、様々な魚醤油を使用した加工食品や調味素材の開発が行われており、さらにこの流れを加速していく必要がある。

これからも資源の有効活用に繋がる調味料である魚醤油を製造方法の改良や用途拡大などの技術開発を重ね、北海道から高品質な水産発酵調味料を生み出し、世界に発信していきたいと考えている。

(参考文献)

- (1) 浅野ら：日本醸造協会誌 vol 94, No.4, pp338-345 (1999).
- (2) 北海道：特許第 3925502 号 (2007.3.9)
- (3) 北海道：特許第 4104080 号 (2008.4.4)
- (4) S.E. Gilliland：Bacterial Starter Cultures for Foods, (CRC Press, Boca Raton) (1985)
- (5) 西村昌彦, 信濃晴雄：日本水産学会誌 vol 57, No.6, pp1141-1145 (1991)
- (6) 藤井ら：日本水産学会誌 vol 60, No.2, pp265-270 (1994)
- (7) 佐々木ら：日本水産学会誌 vol 72, No.2, pp223-230 (2006)
- (8) 加島ら：特許第 4132037 号 (2008.6.6)
- (9) 食品工業微生物利用研究会：食品工業微生物データブック (東京化学同人, 東京) (1994)
- (10) 藤井建夫：増補 塩辛・くさや・かつお節, pp.22-24 (恒星社厚生閣, 東京) (2001)
- (11) 削り節の日本農林規格 (農林水産省告示第 2770 号) (2013)
- (12) P.C. Sanchez：日本乳酸菌学会誌 vol 10, No.1, pp19-28 (1999)
- (13) W.R. Aryanta：日本乳酸菌学会誌 vol 10, No.2, 90-102 (2000)
- (14) 柳田ら：日本醸造協会誌 vol 89, pp698-703 (1994)
- (15) 野田文雄：日本醸造協会誌 vol 88, pp531-536 (1993)
- (16) 太田静行：魚醤油の知識, pp1-20, (幸書房, 東京) (1996)
- (17) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会編, 七訂 日本食品標準成分表 2015 年版, pp134-174 (2002)
- (18) 吉中禮二：魚介類の微量成分, 池田静徳編, (恒星社厚生閣, 東京), pp.110 (1981)
- (19) 菊池ら：栄養と食糧 vol 29, pp147-152 (1976)
- (20) 船津ら：日本水産学会誌 vol 67, pp1110-1119 (2001)
- (21) Fukami et.al：Journal of Agric. Chem., vol 50, pp5412-5416 (2002)
- (22) 安藤弘志：ジャパンフードサイエンス vol 535, No.9, pp 26-31 (2002)
- (23) 食品と開発 編集部：食品と開発 vol 37, No.12, pp.31-38 (2002)
- (24) しょうゆ情報センターホームページ <https://www.soyssauce.or.jp/>
- (25) 「水産物を中心とした消費に関する調査」大日本水産会 (2008)
- (26) 稲森健太郎：女子大生マイの特許ファイル, pp. (楽工社, 東京) (2010)
- (27) 三菱瓦斯化学株式会社：特開平 10-42828 (1998.2.17)
- (28) 海洋フーズ株式会社：特願 1996-191675
- (29) 川ノ上実：特願 2004-267187
- (30) 学校法人東京農業大学：特願 2004-242646 (2003.2.12)
- (31) 藤井建夫：香料 vol 113, pp46-48 (1975)
- (32) 酒井 昇：特開平 8-56606 (1995.2.14)
- (33) 早川 潔：生物工学会誌 vol 171, pp245-251 (1993)
- (34) 横山定治：ジャパンフードサイエンス vol 45, No.9, pp34-39 (2006)
- (35) 堂本 信彦, 吉富 文司：特許第 3881147 号 (2006)
- (36) 大石ら：日本食品科学工学会誌 vol 44, pp265-270 (1997)
- (37) 岸圭一：日本醸造協会誌 vol 76, pp223-227 (1981).
- (38) 竹田ら：醤油研究所雑誌 vol 5, pp215-220 (1979).
- (39) 鐘淵化学工業株式会社：特開 2001-025373 (1999.7.15)
- (40) 日本製紙株式会社：特開平 10-271975 (1997.3.31)
- (41) キッコーマン株式会社：特開平 11-075764 (1997.9.2)
- (42) 武田キリン食品株式会社：特開 2003-047433 (2001.8.8)
- (43) びなん株式会社：特開平 05-064563 (1993.3.19)
- (44) 日本たばこ産業株式会社：特許 3458337 号 (1998.8.4)
- (45) 日本たばこ産業株式会社：特許 3588438 号 (2000.4.14)
- (46) 酒井昇：特許 2588111 号 (1993.4.27)
- (47) キッコーマン株式会社：特開平 11-196815 (1998.1.9)
- (48) 小島ら：埼玉県工業技術センター報告 vol 1, pp.188-192 (1999)
- (49) 船津保浩：日本食品科学工学会誌 vol 49, No.1, pp1-11 (2002)

- (50) N.G. Sanceda et.al. : Journal of Food Science, vol 57, pp 1120-1135 (1992)
- (51) 味の素株式会社他：特許公開広報 2002-191321 号 (2000.12.25)
- (52) 堂本ら：日本水産学会誌 vol 67, pp1103-1109 (2001)
- (53) M.Uchida et.al. : Fish. Sci., 71, 422-430 (2005)
- (54) 正田醤油株式会社：特開平 11-151073 (1999.6.8)
- (55) 日本水産株式会社：特開平 8-256727 (1996.10.8)
- (56) 横塚 保：醤油研究所雑誌 vol 23, pp237-252 (1997)
- (57) 佐々木正興, 森修三：日本醸造協会誌 vol 86, pp913-922 (1991)
- (58) 栃倉辰六郎編：増補 醤油の科学と技術, (日本醸造協会, 東京) pp152-227 (1994)
- (59) S.Yoshikawa et.al. : Journal of Agric. Food Chem., vol58, pp6410-6417 (2010)
- (60) 太田静行：魚醤油の知識, pp.68-90, (幸書房, 東京) (1996)
- (61) 北海道：特許第 3834774 号 (2003.4.10)
- (62) K.Minamida et.al. : J. Biosci. Bioeng., 98, 244-250 (2004)
- (63) L.Cocolin et.al. : FEMS Microbiol. Lett., 189, 81-87 (2000)
- (64) C.B.Meroth et.al. : Appl. Environ. Microbiol., 69, 7453-7461 (2003)
- (65) W.Masoud et.al. : Yeast, 21, 549-556 (2004)
- (66) K.Rantisou et.al. : Appl. Environ. Microbiol., 71, 1977-1986 (2005)
- (67) D.S.Nielsen et.al. : Yeast, 22, 271-284 (2005)
- (68) D.S.Nielsen et.al. : Int. J. Food Microbiol., 114, 168-186 (2007)
- (69) S.Yoshikawa et.al. : Food Microbiol., 27, 509-514 (2010)
- (70) 恩田ら：日本食品科学工学会誌, 44, 463-469 (1997)
- (71) 竹内ら編：水産食品の事典 pp.363-365 (朝倉書店, 東京) (2000)
- (72) STANDARD FOR FISH SAUCE (CODEX STAN 302-2011)
- (73) 北海道水産林務部：平成 28 年度 北海道水産現勢.
<http://www.fishexp.hro.or.jp/marineinfo/internetdb/index.htm>

(原稿受領 2019.3.17)