

フード ケミカル

月刊

食品のおいしさと安心を科学する技術情報誌
A Technical Journal on Food Chemistry & Chemicals.

2015

12

vol.368

特集1 食品のリスクコミュニケーション

特集2 異物対策（混入防止と分析）

特集3 酵素開発新世代



Pick Up!
編集部イチ押し

グリコ栄養食品(株)
GMIX®シリーズ③

世界の食品・原材料・添加物トピックス⑩

長期宇宙飛行のためのビタミンの安定化〈前編〉

ifia
JAPAN
International
Food Ingredients
& Additives
Exhibition
and Conference

水産発酵食品に見る温故知新
——微生物利用の知恵(1)

藤井建夫 Tateo Fujii

東京家政大学大学院客員教授 東京海洋大学名誉教授

ふじい・たてお

- 略歴 京都大学農学部卒、同大学院農学研究科博士課程修了。水産庁東海区水産研究所、東京水産大学・東京海洋大学教授、山脇学園短大教授、東京家政大学特任教授(生活科学研究所長)などを経て、2014年から現職
- 専門分野 食品微生物学、食品衛生学
- 著書 「魚の発酵食品」、「塩辛・くさや・かつお節」、「食品微生物学の基礎」、「食品衛生学」など

1. はじめに

伝統食品は先人たちが長年の試行錯誤を経て作り出してきた、いわば人間の英知の結晶であり、そこには合理的な技や知恵が潜んでいる。たとえば、日本酒における「もと造り」(微生物相互作用を巧妙に利用した酵母の純粋培養)や「三段仕込み」(開放系での雑菌汚染防除)、「寒仕込み」(低温による微生物制御)、「火入れ」(低温殺菌)などの技は今日の知識に照らし合わせても合理的な微生物管理技術であることはよく知られている。酒の発酵や腐敗における微生物の役割が科学的に明らかになったのは今から150年ほど前のパストゥールの時代のことであるが、日本酒ではそれよりもはるか前から見事に微生物利用が行われていたわけである。

伝統食品のこのような不思議さは日本酒や味噌、醤油、納豆、漬け物のようによく知られている製品だけに限らず、意外な加工品にも見ることができる。本稿では水産発酵食品のうち、くさや、塩辛、魚醤油、ふなずし、糠漬けなどにおける微生物利用について述べる。詳しい製法や参考文献については下記の拙著^{1), 2)}を参考にされたい。

2. 腐りにくいくさやの謎³⁾

伊豆諸島の特産品であるくさやは、独特の臭気と風味が特色の一風変わった魚の干物である。伊豆諸島は江戸初期には幕府の天領であり、新島では年貢として塩を納めていた

が、その取り立ては厳しく、近海でとれた魚で干物を作る際にも、やむなく同じ塩水(くさや汁)を繰り返し使わざるを得ず、こうして作られてきたのがくさやの干物である。

くさや汁の生菌数は $10^7 \sim 10^8/\text{ml}$ で、通常の培養条件では増殖が微弱な“*Corynebacterium*”(暫定分類)が優勢であり、活発に運動する螺旋菌(新属として1998年に*Marinospirillum*を提唱)が認められることは各島のくさや汁に共通する特徴である。

くさやの臭い成分としては、汁から移行したアンモニアのほか、酪酸、バレリアン酸などの有機酸や揮発性イオウ化合物が重要である。くさやの味は格別だとよくいわれるが、それが何によっているのかについてはほとんど分っていない。

実はくさやには、あまり知られていないが、ふつうの干物に比べて腐りにくいという特徴がある。このことを実験的に調べた結果が図1である。同じ原料魚から、水分や塩分がほぼ同じくさやと塩干魚を試作して比較すると、不思議なことにくさやの方が倍近く日もちがよいことが分かった。くさやが腐りにくい原因としては、“*Corynebacterium*”などの細菌が産生する抗菌物質のほか、汁の酸化還元電位が低いこと(-320 ~ -360mV)などのため、漬け込み中に魚の腐敗細菌の増殖が抑制されるためではないかと考えられた。しかし、くさや汁には生きているが培養できない、いわゆるVBNC(viable but non-culturable)細菌が $10^{11}/\text{ml}$ 程度存在することが最近分かっ

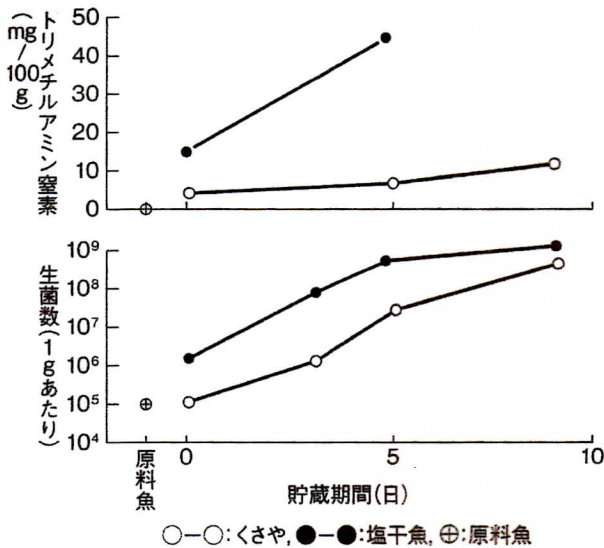


図1 くさやと塩干魚の保存性の比較(20°C貯蔵)

ており、くさやの防腐性や風味にはこれらも何らかの役割を果たしている可能性がある。いずれのくさや汁にも存在する螺旋菌の意義についても興味をもたれるところである。くさやの防腐性に抗菌物質が関係しているという考え方は、島では、くさやの加工に従事している人は手に怪我をしても化膿しないと言われていることも関係して興味深い。

くさや汁についてはもう一つ不思議なことがある。各島の汁を調べたところ、新島の汁だけからは、魚の腐敗臭成分であるトリメチルアミンが全く検出されないということである。その原因は、新島の汁だけに *Penicillium* 属のカビが存在し、それがトリメチルアミンを消費するためであった。トリメチルアミンは魚の鮮度指標になっていることから分かるように、当時それが微生物によって分解されることは知られておらず、このようなカビの特性は魚臭の除去に応用できるのではないかと考えたことがある。なぜ新島の汁にだけカビがいるのかは不明である。

くさや汁は臭いや見かけが好ましくないため、食品衛生面での危惧がもたれるが、汁か

らは大腸菌、腸炎ビブリオ、ブドウ球菌などの食品衛生上問題となる細菌は検出されず、アレルギー様食中毒の原因物質であるヒスタミンのような腐敗産物もほとんど蓄積していない。またくさや汁にこれらの糞便汚染指標細菌や食中毒細菌を接種した実験においても、いずれの菌群とも増殖することは不可能であったことから、これらによる食中毒の心配はなく安全であるといえる。

くさやについて不思議に思うことは、それが微生物の存在も知られていなかった頃から連綿と引き継がれてきた技法であるにも関わらず、製造上のいろいろな言伝えや工夫が科学的にうまく説明できることである。

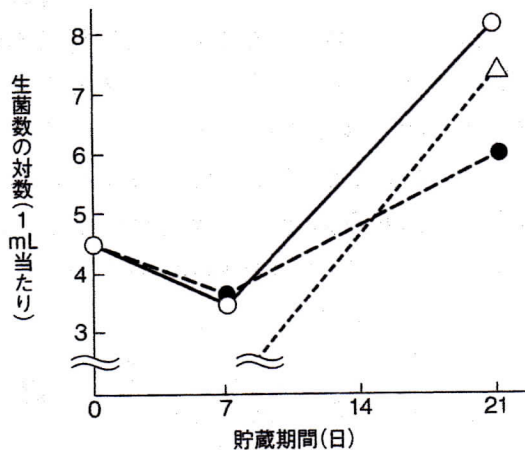
例えば、加工場では、くさや汁を連続して使うと良いくさやができないと言われているが、これは連続して用いると汁中の有用微生物の比率が減少するためと説明できるのである。この有用菌はくさや汁を暫く休ませると回復するため、加工場では汁を二分して一日交替で用いるようにしている。また、汁は数カ月間使わずにおくと死んでしまうといわれているが、これは長期間の放置中に他の微生物が増殖して、ふつうは中性付近にある液のpHも8.5付近にまで上昇してしまい、有用菌に不適當になるためであろう。さらに、汁を暫く使わないときにはときどき魚の切身を入れるようにしているが、これは微生物に栄養を供給しているためであろう。汁の保管についても、温度や通気などに工夫がなされているが、このような経験的な知恵によってくさや汁の微生物管理がおこなわれてきたものと考えられる。

ある加工場で聞いた話であるが、くさや作りで最も大切なのは汁の管理であり、これは人任せにはできず、毎日赤子に産湯を使わせるときのような気持ちで行っているとのこと、そこに食べ物作りへの真心を見る思いがした。

3. 乳酸菌の抗菌性を利用した飛島の魚醤油⁴⁾

酒田の沖合に浮かぶ飛島にちょっと変わった魚醤油がある。この魚醤油はすめを作る時に不要となるイカの肝臓を高濃度の食塩とともに漬けて1年以上熟成させて作られるもので、他の魚醤油のように調味料として使われることはほとんどなく、大部分がイカ、サザエなどの塩辛を作るためのタレとして用いられている。魚醤油の塩分は24～25%、最終製品の塩辛の塩分濃度は14～17%である。品質改良(賞味期限延長)の目的で煮沸殺菌した魚醤油にイカ肉を漬けたところ、そのまま(非加熱)の魚醤油に漬けた場合よりも早く腐ったという。そこで、その原因について調べたところ、非加熱の魚醤油中には抗菌性を示す乳酸菌が存在し、保存性に寄与していることが明らかとなった(図2)。加熱した方は乳酸菌が殺菌されるため、予想に反して早く腐敗したわけである。

飛島の塩辛はイカ肉をタレ(魚醤油)に漬込むことによって、風味だけでなく同時に保



○:加熱魚醤油中の腐敗細菌
 ●:非加熱魚醤油中の腐敗細菌
 △:非加熱魚醤油中の乳酸菌
 非加熱魚醤油中では乳酸菌が増殖し、イカ肉の腐敗が抑制される。
 図2 イカ肉漬け込み中の加熱・非加熱の魚醤油の生菌数

存性も付与した食品と言えよう。飛島の塩辛におけるこのような微生物の役割は、くさや汁におけるそれと似ていて興味深い。

なお、魚醤油(しよつづる、いしるなど)では熟成中にヒスタミンを蓄積する場合があります。Codexでは2011年に400ppmの基準を設定している。魚醤油中の原因菌としては、飛島魚醤油から発見した新種の *Tetragenococcus muriaticus* および醤油・味噌醸造における有用乳酸菌である *T. halophilus* の一部にヒスタミン生成能を有するものが存在することが分かっている。ヒスタミン生成菌と非生成菌とは同種または近縁種であるため、殺菌・増殖条件などでこれらを仕分けて制御することは困難であり、魚醤油中のヒスタミン蓄積抑制法として、大豆醤油用発酵スタータ株 (*T. halophilus*) の添加、ヒスタミン生成菌の混入を低減するための工場内の徹底洗浄などが提案されている⁵⁾。

4. 熟成中に旨み成分が10倍も増すいか塩辛

いか塩辛は最もよく知られている水産発酵食品である。イカの筋肉、肝臓に高濃度の食塩(一般に10%以上)を加えて腐敗を防ぎながら、その間に自己消化酵素(魚介類自身の酵素)の作用によって原料を消化して旨みを醸成させるのが本来の製造法である。塩辛作りでは、熟成中に呈味成分が急増する点が製造上の最も重要なポイントである。たとえばグルタミン酸は食用適期には約600～700mg/100gと仕込み開始時の10倍以上に増加する。塩辛の熟成(アミノ酸生成)中には細菌も増殖するので、熟成には原料由来の自己消化酵素および細菌の作用が大きいと書いている教科書が多いが、これは適切ではない。

そのことを明らかにするため、抗生物質を添加して微生物の増殖を抑制した塩辛とふつ

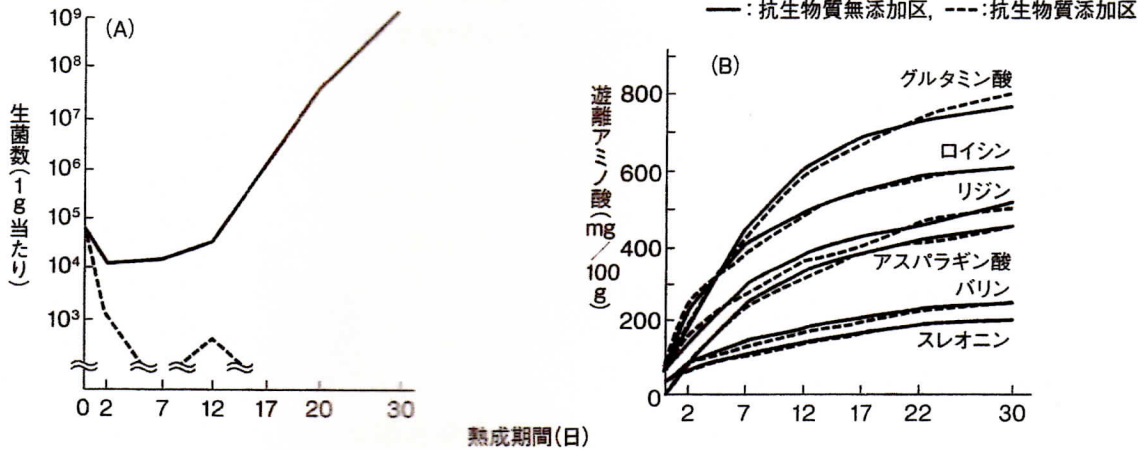


図3 20°Cで熟成中のいか塩辛(食塩10%)の生菌数(A)およびアミノ酸量(B)の変化

うの塩辛を作って、熟成中のアミノ酸量の変化を比較してみると、アミノ酸量の増加傾向にはほとんど差がみられない(図3)ことから、アミノ酸生成における細菌の役割は小さいといえる。抗生物質添加の塩辛では塩辛臭がしないため、細菌は臭いの生成に関与しているといえるが、その成分の種類や生成量は試料によってまちまちであるので、その作用は塩辛にとってそれほど重要なことではないと考えられる。

最近では食塩10%以上の伝統的塩辛は少なくなり、代わって塩分が2~5%程度の低塩塩辛が主流となってきた。低塩塩辛では腐敗細菌の増殖を抑えきれないため、長期間の仕込みはできず、熟成による旨みの生成ができない。そのため、調味料で味付けをし、また保存性を維持するため、pH・水分活性の調整や種々の保存料の添加が行われており、製品は発酵食品というより和えものに近いといえる(表1)。伝統的塩辛では多様な呈味成分が生成するが、低塩塩辛では添加される成分は限られ、品質にも差があろう。両者を同じく「塩辛」と呼ぶことには異議がある。

事実、2007年9月に「いかの塩辛」で腸炎ビブリオによる大規模食中毒(患者数620名)

表1 伝統的塩辛と低塩塩辛の比較

| | 伝統的塩辛 | 低塩塩辛 |
|-------|------------------|-------------------|
| 食塩濃度 | 約10%以上 | 約2~5% |
| 仕込期間 | 約10~20日 | 約0~3日 |
| 旨味の生成 | 自己消化によるアミノ酸などの生成 | 調味料による味付け |
| 腐敗の防止 | 食塩による防腐 | 保存料・水分活性調整などによる防腐 |
| 保存性 | 高(常温貯蔵可) | 低(要冷蔵) |
| 製品の特徴 | 保存食品 | 和えもの風 |

が発生したが、食中毒の原因となった塩辛は食塩濃度が1.8~2.4%であった。近年、多くの食品が低塩化の傾向にあるが、塩辛の場合には、単に塩分濃度が薄くなっただけでなく、製造原理自体が異なる訳で、伝統的塩辛との違いを十分理解して品質・衛生管理を行う必要がある。

参考文献

- 1) 藤井建夫:『塩辛・くさや・かつお節-水産発酵食品の製法と旨味(増補版)』(恒星社厚生閣, 2001).
- 2) 藤井建夫:『魚の発酵食品』(成山堂書店, 2002).
- 3) 藤井建夫:『ニューフードインダストリー』, 22, 50-55 (1980).
- 4) 藤井建夫:『ニューフードインダストリー』, 35, 9-12 (1993).
- 5) 里見正隆:『温古知新』, 50, 64-73 (2013).