

# 水産振興

## 伝統的水産加工技術に科学の光を — 福井県立大学の取り組み —

福井県立大学海洋生物資源学部

教授 大 泉 徹

福井県立大学海洋生物資源学部

准教授 松 川 雅 仁

第 615 号

(第 53 卷 第 3 号)

編 集  
発 行

一般財団法人 東京水産振興会

## 「水産振興」発刊の趣旨

日本漁業は、沿岸、沖合、そして遠洋の漁業といわれるが、われわれは、それぞれが調和のとれた振興があることを期待しておるので、その為には、それぞれの個別的な分析、乃至振興施策の必要性を、痛感するものである。坊間には、あまりにもそれぞれを代表する、いわゆる利益代表的な見解が横行しすぎる嫌いがあるのである。われわれは、わが国民経済のなかにおける日本漁業を、近代産業として、より発展振興させることが要請されていると信ずるものである。

ここに、われわれは、日本水産業の個別的な分析の徹底につとめるとともにその総合的視点からの研究、さらに、世界経済とともに発展振興する方策の樹立に一層精進を加えることを考えたものである。

この様な努力目標にむかってわれわれの調査研究事業を発足させた次第で冊子の生れた処以、またこれへの奉仕の、ささやかな表われである。

昭和42年7月

財団法人 東京水産振興会  
(題字は井野碩哉元会長)

## 目次

### 伝統的水産加工技術に科学の光を

—福井県立大学の取り組み—

第615号

はじめに.....	1
1. サバへしこの品質制御に向けて.....	3
(1) 製造工程と技術成立の背景 .....	3
(2) 品質制御の要点 .....	6
2. 小鯛ささ漬けの品質制御に向けて.....	17
(1) 製造工程と技術成立の背景 .....	17
(2) 品質要素に及ぼす塩漬と酢漬けの影響 .....	18
(3) 凍結原料からの小鯛ささ漬けの製造技術 .....	22
3. 若狭かれいの品質とその制御.....	24
(1) 製造工程と加工技術の変遷 .....	24
(2) 若狭かれいの品質 .....	26
4. まとめに代えて.....	30
参考文献.....	31

# 伝統的水産加工技術に科学の光を

## —福井県立大学の取り組み—

福井県立大学海洋生物資源学部 教授 大泉 徹

福井県立大学海洋生物資源学部 准教授 松川雅仁

### はじめに

四方を海に囲まれたわが国では、水産物は動物タンパク質の供給源として極めて重要であり、古くから多くの種類の魚介類が食料として利用されてきた。水産物は漁獲が安定しないことに加えて、陸上の農産物や畜産物に比べて、死後変化や微生物による腐敗が速やかに進行することを特徴としている。このため、水産物を利用するうえで、その貯蔵性を向上させることは不可欠の課題であり、この目的のために様々な加工技術が生み出されてきた。乾燥や塩蔵はその典型的なものであり、かなり古い時代から用いられてきたものと考えられている。冷凍・冷蔵技術が発達し、各家庭に冷蔵庫が普及した今日では、水産加工の意義は貯蔵性の向上よりも、むしろ嗜好性の拡大や簡便性の付与に移行している。このような水産加工の意義の変化にもかかわらず、水産加工品は今日においても生鮮冷凍水産物を除いて、年間160万トン以上生産されており、水産業において水産加工は極めて重要な位置を占めている。生産される水産加工品の種類は多岐にわたっており「全国水産加工品総覧」には250品目近い様々な加工品が記載されている。これらの加工品には生産地ごとに特色がみられ、地方色が豊かである。これは、それぞれの地方の地先で豊富に漁獲される魚介類を原料として、その地方の風土に見合った加工技術が発達したためと考えられる。

これらの水産加工品は、従来生産地周辺の限られた地域で消費されてき

たが、交通網やコールドチェーンが整備された今日では流通範囲が大きく広がっている。さらに最近ではグローバル化の進展の中で、これらの加工品を国内のみならず海外に輸出しようとする動きも見られるようになった。このような流通範囲の拡大の中で、伝統的水産加工品についても、品質のばらつきを極力抑え安定した品質の製品を製造することが強く求められるようになってきている。また、近年の食品の安心・安全に対する消費者の関心の高まりのなかで、加工場の規模にかかわらず HACCP の導入を義務化して製品の安全性を担保するための法律や制度の見直しも進んでいる。地方の伝統的水産加工品の品質制御と安全性の確保に向けた取り組みを強化するためには、それらの品質形成過程と貯蔵中の品質変化に関する科学的な知見の集積が必要である。しかしながら、伝統的水産加工品の加工技術のほとんどは、古くからの経験に基づいて継承・発達したものであり、科学的な検証や裏づけが十分になされているとは必ずしも言えないのが現状である。さらに地方の水産加工品の多くは、今日もなお小規模な加工場で生産されており、個々の企業が単独で品質管理や安全性確保の基盤となる研究開発を進めることは困難である。このような背景の中で、企業の努力とともに公設の試験研究機関および地方大学が、伝統的水産加工品の品質制御と安全性の確保に向けた基礎研究と技術開発に連携して取り組むことが必要となっている。

福井県の水産加工業の生産量は年間約 6,000 トンで、生産額は 400 億円程度であり、その規模は極めて小さい。しかしながら、これらの中にはサバへしこ（糠漬け）、小鯛ささ漬け、および若狭かれい（塩干）など、全国的にも知られた加工品が含まれており、それらは地域の水産加工業にとってかけがえのない主力商品となっている。これらの加工品は長い歴史を有するにもかかわらず、最近まで研究の対象となることはなく、品質制御や安全性確保に必要な科学的知見はほとんど蓄積されていない。このため今日においても、それらの伝統的水産加工品の製造は経験に依存して行

われている。安心・安全を求める消費者の声に応えながら福井県における水産加工の新たな発展を図るためには、加工技術の基盤にかかわる研究を進展させ、品質制御と安全性確保に繋げることが急務である。

福井県立大学は1992年に開学した比較的新しい公立大学であり、現在は4学部と学術教養センターおよび3研究科を有している。開学当初から「開かれた大学」として地域貢献に取り組むことが大学の使命として掲げられている。このような理念に基づき、小浜市に立地する海洋生物資源学部は、海洋生物資源の育成と利用にかかわる地域の課題の解決に旺盛に取り組んできた。著者らの研究室においても、伝統的水産加工品の加工技術を科学的な視点から見直し、加工技術の開発・改良に役立てることを目的とした研究を実施してきた。本稿では、福井県を代表する水産加工品であるサバへしこ（糠漬け）、小鯛ささ漬け（酢漬け）、および若狭かれい（塩干）を取り上げ、それらの加工技術を紹介するとともに、品質制御と安全性確保に向けた最近の研究成果と課題を述べる。

## 1. サバへしこの品質制御に向けて

### (1) 製造工程と技術成立の背景

サバへしこは、塩漬けしたサバを米糠とともに長期間発酵・熟成させて製造される魚介類の糠漬け製品のひとつである。魚介類の糠漬け製品は、日本海側の石川県から鳥取県西部の沿岸域を中心に製造されている。石川県ではイワシやフグを原料にした糠漬け製品が製造されており、「こんか漬け」と称されている。とくに猛毒のテトロドトキシンを含有することで知られているフグの卵巣の糠漬けは、この地域特有の加工品である。しかし、製造過程における減毒機構については、未だに確定的な結論が得られていない。福井県以西では魚介類糠漬けをへしこと呼ぶことが多い。主な原料としては、サバが用いられている。従来は沿岸で漁獲されるマサバを

原料としていたが、漁獲量の低迷の中で、近年ではノルウェーなどから輸入されるタイセイヨウサバを原料とした製品も増加している。福井県内におけるサバへしこの生産量と生産金額の推移を図1に示した。平成29年度における生産量は約100万本で生産金額は10億円に達した。これは平成18年度の約2倍であり、近年生産量が大きく増加していることがわかる。増加の要因としては、強いうまみとほのかな酸味を特徴とする食味と独特の香りがマスコミ等で取り上げられて全国に知られるようになり、県外出荷が大きく増加したことがあげられる。

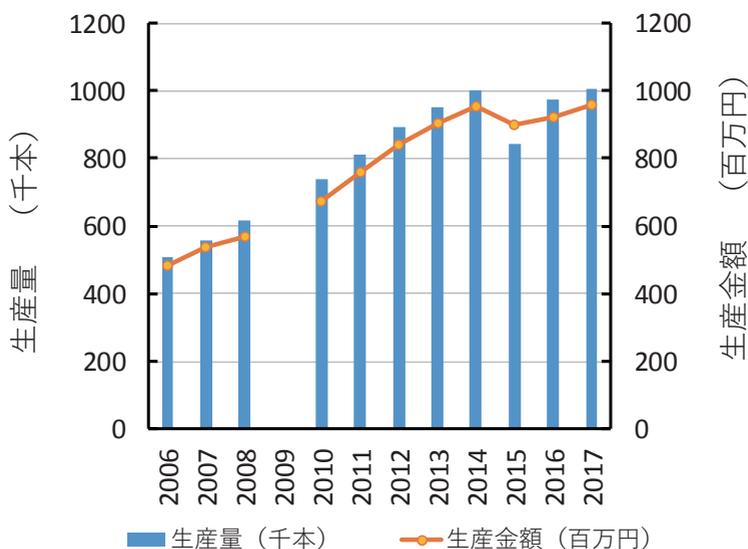


図1 福井県におけるサバへしこの生産量と生産金額の変化  
(福井県水産課調べ)

図2にはへしこの製造工程の概略を示した。まず、背開きにしたマサバに20%程度の食塩をまぶして樽に積層し(図2A)、押し蓋の上に重石を載せて約1週間室温で塩漬けする。通常直径52cm程度の樽に40kg程度の重石を載せるので1cm<sup>2</sup>あたり20g程度の圧力がかかることになる。このよう

な重石による加圧と高濃度の食塩の浸透圧によって、塩漬け中にサバ魚体から多量の滲出液が生成し、魚肉は脱水される。この滲出液は「せ」と呼ばれ、糠漬けの際に利用される。塩漬けした魚体を「せ」ですすいだ後、魚体重量の40～50%の米糠をまぶして再び樽に積層して、塩漬けの場合と同様に加圧して糠漬けする(図2B)。「せ」で樽を満たし7ヶ月以上自然環境温度で発酵・熟成させる(図2C)。通常は春先に漬け込み、夏を過ぎて秋に製品となる(図2D)。切り身にして米糠を除き軽く焙って食するのが一般的であるが、近年ではスライスしてそのまま食することもある。



図2 サバへしこの製造工程の概略

A: 塩漬け B: 糠漬け C: 発酵・熟成 D: 製品

福井県内におけるへしこの製造の始まりについては記録が見られず、定かではない。しかし、へしこの製造には、サバ、米糠および塩が十分に供給される必要があったことから、江戸時代の初期であったように推察され

ている。当時越前・若狭は漁業の先進地であり、沿岸の「大網」やかがり火を用いた釣漁などの漁業技術の発達によってサバを含む漁獲量が大きく増加したことが記録されている。漁獲されたサバは地元で消費されるだけでなく京都に運ばれ、サバずしの材料などとして重宝された。若狭地方から京都までサバを人力で運んだルートは、後年「鯖街道」と呼ばれるようになった。また、江戸時代初期には精米技術の発達によって糠漬けに用いる米糠が大量に得られるようになった。さらに、この時代には若狭湾沿岸に多くの揚浜式塩田が存在していたことが記録されており、塩の供給も容易であったと考えられる。サバは一時期に多量に漁獲される多獲性魚であるが、「サバの生き腐れ」と言われるように鮮度低下が極めて速いことが知られている。このようなことから、へしこは冷蔵庫のない時代に鮮魚としては貯蔵できないサバを長期に貯蔵する技術として生み出されたことが推察される。もう一つの背景としては福井県の自然環境がある。すなわち、冬の日本海沿岸では北西の季節風が吹き荒れる荒天が続き出漁できない期間が続くことから、へしこは冬季のタンパク質源として貴重な保存食であり、製造が継承されてきたと考えられる。なお、へしこという呼称については諸説あるが、押し込むことを意味する「へしこむ」という若狭地方の方言に由来するのではないかと若狭地方出身の作家 水上 勉が述べている。

## (2) 品質制御の要点

以上述べたような長い歴史を有するへしこであるが、研究の対象になったのはごく最近のことである。それらの結果によると、へしこの発酵・熟成中には乳酸を主体とする有機酸と遊離アミノ酸が増加し、へしこの食味の特徴である強いうまみとほのかな酸味に寄与することが示唆されている。そこで、これらの成分変化に注目して品質制御の要点を考察する。

### 1) 長期の発酵・熟成を可能にする加塩と加圧

へしこ製造の熟練者によると「塩と重石をケチらないこと」がへしこづ

くりのポイントとされている。先に述べたように塩漬けにおける食塩の浸透圧と重石による加圧および糠漬けにおける米糠の吸水によって、サバ魚肉の水分量は糠漬け1ヶ月目までに50%程度まで低下する。食塩含量は塩漬けと糠漬けを通じて大きく増加し11～12%となる。その結果、水分活性は0.80程度となり、この環境では一般的な腐敗細菌は増殖できないので、自然環境温度における長期の発酵・熟成が可能となる。このようなことから、まず塩と重石が重要であることが経験的に理解され、継承されているものと考えられる。

## 2) 「せ」の注入による嫌気的環境の形成

次に糠漬けにおいて、「せ」で樽を満たす意味は何であろうか？へしこの糠漬け環境では一般的な腐敗細菌は増殖できないが、好塩性細菌は増殖可能である。「せ」で満たされた樽内は、高塩環境でも増殖できる好気性菌が酸素を消費して徐々に嫌気的な環境に変化するので、最終的には嫌気的環境でも増殖できる好塩性菌が細菌叢の主体になることが考えられる。そこで実験室でへしこを試作し、へしこに含まれる細菌を2.5%の食塩を含むGYP培地を用いて培養して生菌数と細菌叢の変化を検討した。その結果を図3に示した。これによると、原料の生菌数は $10^3$ cfu/gであったが、糠漬け期間とともに生菌数は徐々に増加し、糠漬け5ヶ月後には $10^6$ cfu/g程度になった。細菌叢については、糠漬け1ヶ月目で通性嫌気性の好塩性乳酸菌である *Tetragenococcus halophilus* の優占率が50%以上となり、5ヶ月目以降は、ほぼ100%を占める優占種となることが示されている。以上のことから「せ」で樽が満たされた高塩分で嫌気的な糠漬けの環境によって、増殖可能な細菌種が限定され、好塩性乳酸菌を主体とする細菌叢が形成されることが確かめられた。なお、*Thalophilus* の優占率の上昇とともに、乳酸の生成量が増加することから(図3)、米糠中の糖質を基質とした本種の発酵作用により乳酸が生成することが推察された。

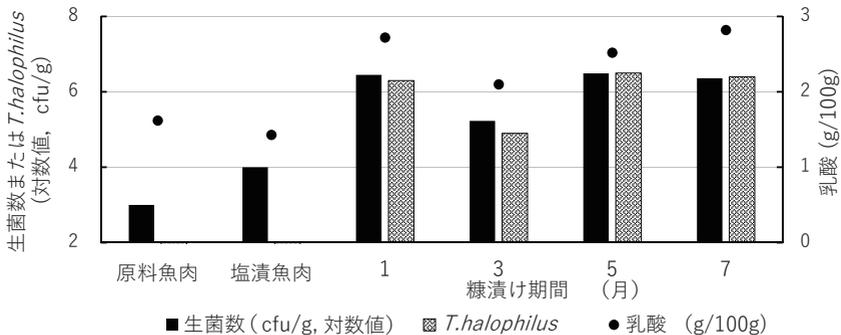


図3 サバへしこの発酵・熟成中における生菌数と優占種

### 3) 脂質の酸化

サバは脂質を多く含む魚種であることはよく知られている。特に、近年へしこの原料として用いられているタイセイヨウサバ（ノルウェーサバ）の脂質含量は、日本近海のマサバのそれよりもかなり高く、20%以上の脂質を含むこともある。高塩分で嫌気的な環境が有害な微生物の増殖を抑制して、自然環境温度下での長期の発酵・熟成を可能にしていることはすでに述べたが、脂質酸化が品質に悪影響を及ぼすことはないのだろうか？

この疑問に答えるために、へしこの発酵・熟成中の脂質酸化の進行を検討した。対照として20%の食塩で塩蔵したサバの脂質酸化の進行についても検討した。結果は図示しないが、塩蔵サバの魚肉では、貯蔵中に脂質の過酸化価、カルボニル価、およびTBA価が大きく増加したのに対して、へしこの米糠および魚肉ではそれらはほとんど増加せず、脂質酸化の進行が抑制されたことが示唆された。このような脂質酸化の抑制に関しては、米糠中の $\alpha$ -トコフェロールやフェルラ酸とともに、発酵・熟成中に生成するペプチドおよびメイラード反応の生成物であるメラノイジンなどの抗酸化物質が協同的に作用した結果と考えられている。このように脂質酸化が進行しにくいことも、自然環境温度下で発酵・熟成して製造されるへし

この品質保持に極めて重要であると考えられる。

#### 4) 発酵・熟成温度と加塩量

さらに、熟練者によると「夏を越す長期熟成がへしこの発酵・熟成に不可欠」とされている。そこで、発酵・熟成温度を変えてへしこを糠漬けして品質の変化を検討した。その結果を図4に示した。図4中には生産地である小浜市の平均気温の変化を実験室で再現するために10℃から1ヶ月ごとに5℃ずつ発酵・熟成温度を上昇させ、30℃に達した後、1ヶ月ごとに5℃ずつ20℃まで発酵・熟成温度を低下させた結果も併せて示した。これによると、糠漬け7ヶ月後の生菌数はいずれも $10^5 \sim 10^6$  cfu/gであったが、10℃で発酵・熟成したへしこでは遊離アミノ酸の生成量が極めて低いことが示された。30℃の場合は遊離アミノ酸および乳酸が最も多く生成していたが、糠漬け初期に遊離アミノ酸の著しい増加が見られ異常発酵が示唆された。20℃のような温和な条件か、あるいは平均気温に従って発酵・熟成温度を変化させると遊離アミノ酸と乳酸がバランス良く生成され、うまみと酸味の調和のとれたへしことなった。このことから、長期熟成と夏の高温が不可欠であることが推察された。

夏の高温は、呈味成分の生成のみならず、へしこ特有の飴色の色調にも影響を及ぼす。へしこの飴色の着色は、へしこの発酵・熟成中に生成する遊離アミノ酸やペプチドなどのアミノ化合物と米糠に含まれる糖類との反応（メイラード反応）によるものと考えられているが、10℃で発酵・熟成したへしこはほとんど着色せず、低温ではこの反応が進行しないことが示唆されている。

へしこの水分活性を低下させて長期の発酵・熟成を可能にするために、大量の加塩が重要であることは先に述べた。しかし、食品に対する健康志向が高まる中、へしこの低塩分化を望む消費者も多数存在している。そこで、加塩量を20%から15%または10%に低下させてへしこを調製して、加塩量がへしこの品質に及ぼす影響を検討した。図5に示すように、10%

加塩の魚肉の食塩含量は7.2%であったが、15%および20%加塩の魚肉の食塩含量は12%程度となり、ほとんど差が見られなかった。これは魚肉中への食塩の浸透が飽和したためと考えられる。加塩量10%では生菌数が発酵・熟成の初期から大きく増加し、 $10^9$ cfu/g以上に達した後、緩やかに減

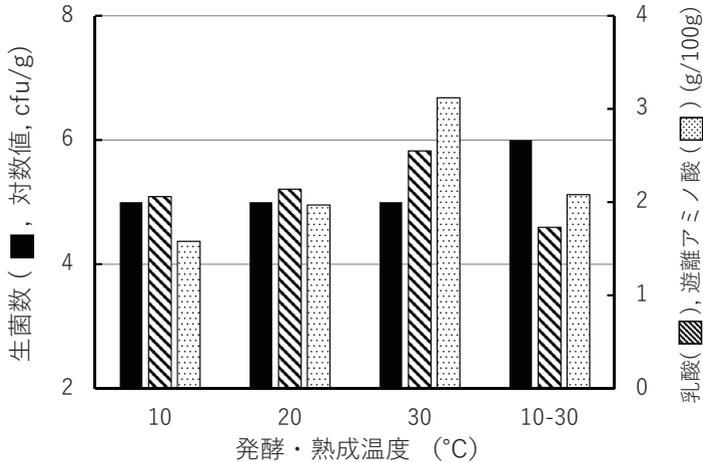


図4 サバへしこの生菌数と乳酸および遊離アミノ酸の生成量に及ぼす発酵・熟成温度の影響（糠漬け7ヶ月目）

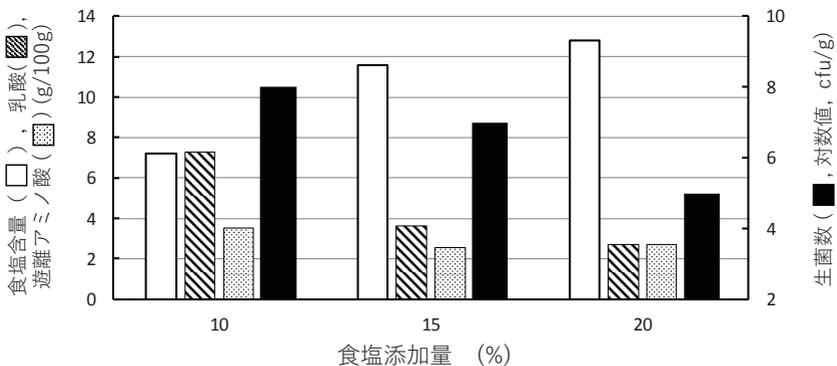


図5 サバへしこの生菌数と乳酸および遊離アミノ酸の生成量に及ぼす食塩添加量の影響（糠漬け7ヶ月目）

少して、糠漬け7ヶ月後の生菌数は $10^8$  cfu/gとなった。一方、15%および20%加塩では生菌数は緩やかに増加し5~6ヶ月目で最大となったが、糠漬け7ヶ月後の生菌数は15%加塩では $10^7$  cfu/g、20%加塩では $10^5$  cfu/gとなった。乳酸と遊離アミノ酸の生成量は、加塩量が低いほど多かった。とくに10%加塩における乳酸の生成量は、15%および20%加塩のそれらの約2倍であり、官能的にも酸味が極めて強く、へしこ本来の食味とはかけ離れた食味を呈することが確かめられた。多量の乳酸の生成は、生菌数の著しい増加とよく対応していた。これらのことから、10%加塩で7%程度の食塩含量であっても腐敗には至らず長期間発酵・熟成させることができるが、食塩含量の低下はへしこの食味に重大な影響を及ぼすことが示唆された。

#### 5) 呈味成分の生成要因

発酵・熟成温度と食塩含量がへしこの品質に及ぼす影響を検討したこれまでの研究結果から、へしこの主要な呈味成分である乳酸は乳酸菌の発酵作用によって生成することが推察された。一方、遊離アミノ酸の生成量は生菌数との相関があまり見られず、遊離アミノ酸の生成機序については、未だ明らかではない。そこで、へしこの主要な呈味成分の生成機序を明らかにするために、抗生物質を添加して微生物の増殖を抑制したへしこを試作し、遊離アミノ酸と乳酸の生成量に及ぼす影響を検討した。抗生物質としては、細菌のタンパク質合成を阻害するクロラムフェニコール、ペプチドグリカンの合成を阻害するペニシリンおよび真菌のタンパク質合成を阻害するシクロヘキシミドを用い、これらを塩漬けまたは糠漬けの段階で添加した。表1に示したように、試料AとBは抗生物質無添加であるが、試料Bには抗生物質の溶媒であるエタノールが添加されている。試料CとDには、3種の抗生物質を混合して添加したが、試料Cは塩漬けから、試料Dは糠漬けから抗生物質を添加している。試料EとFはクロラムフェニコールのみを添加したが、試料Eは塩漬けから、試料Fは糠漬けから添加している。その結果、図6に示したように、抗生物質無添加では7ヶ月後の生

表1 抗生物質を添加したへしこモデルの作成

試料	抗生物質			添加時期
	クロラムフェニコール	ペニシリン	シクロヘキシミド	
A	-	-	-	
B	-	-	-	
C	+	+	+	塩漬け～
D	+	+	+	糠漬け～
E	+	-	-	塩漬け～
F	+	-	-	糠漬け～

抗生物質の濃度: クロラムフェニコール 0.43%, ペニシリン 0.02%, シクロヘキシミド 0.01%  
 エタノール(溶媒)の終濃度は最大で0.5%。試料Bは溶媒のエタノールのみを添加した。

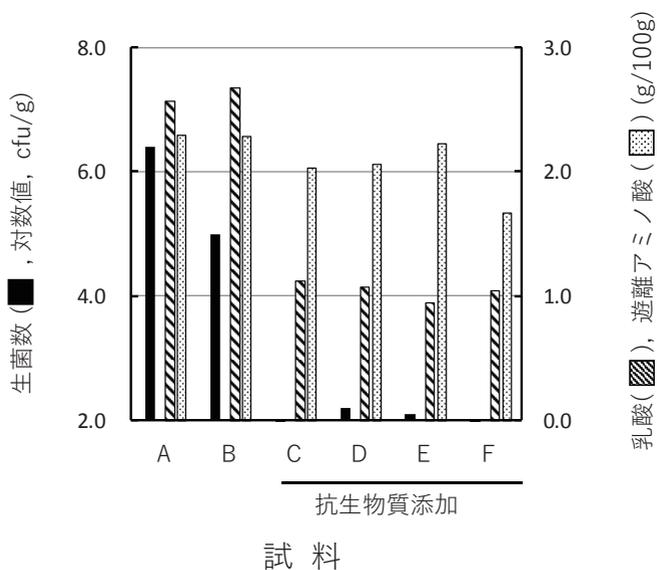


図6 サバへしこの生菌数と乳酸および遊離アミノ酸の生成量に及ぼす抗生物質の影響 (糠漬け7ヶ月目)

菌数は  $10^5 \sim 10^6$  cfu/g であったが、抗生物質を添加すると、糠漬け 7 ヶ月目の生菌数は  $10^2$  cfu/g 以下となり、細菌の増殖がほぼ完全に阻害されたことが示された。乳酸量は、抗生物質を添加すると、1g/100g 程度で抗生物質無添加のそれらの 1/2 以下となった。これはサバ魚肉中にもともと存在する乳酸量と同じレベルである。したがって、乳酸の生成は、好塩性乳酸菌の発酵作用によるものであることが確かめられた。一方、遊離アミノ酸の生成量は抗生物質の添加の有無にかかわらず、2g/100g 前後を示した。したがって遊離アミノ酸の生成は乳酸菌の増殖と無関係であり、主に内在性酵素によるタンパク質の加水分解によって生成することが確かめられた。これらの結果は、へしこの呈味を制御するためには、好塩性乳酸菌の増殖と内在性酵素の作用をそれぞれ調節することが必要であることを示している。

## 6) 細菌叢の変遷

市販されているへしこの食味はメーカーによってやや異なると言われている。先に述べたように、発酵・熟成中に細菌叢の主体となる好塩性乳酸菌の *Thalophilus* の発酵作用によって生成する乳酸がへしこの酸味に強くかかわっている。市販のへしこの呈味の違いをもたらす要因のひとつとして、細菌叢と乳酸の生成量に着目した。

そこで、福井県内で生産されている市販へしこの細菌叢を調査し、その結果を図 7 に示した。調査した 14 検体の生菌数は  $10^3 \sim 10^7$  cfu/g の間で大きくばらついていたが、これらの中で *Thalophilus* が細菌叢の主体となっていた試料は 8 検体で、4 検体からは *Thalophilus* が検出されず、残りの 2 検体は細菌叢を解析することができなかった。これらの結果は、福井県内で流通するへしこには、本種を含む製品と本種を含まない製品の 2 つのタイプが存在することを示している。*Thalophilus* が検出されなかった検体では、*Chromohalobacter* 属の細菌が主体になっているものもあれば、きわめて多様な細菌種を含むものもあった。しかし、有害な作用を示す細菌が検

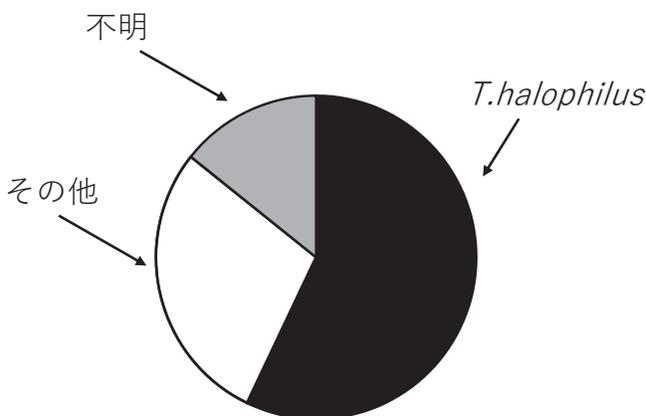


図7 福井県内で生産されたサバへしこ（14 検体）の優占細菌種

出されないことから、長期の発酵・熟成中の変質は起こらないものと考えられた。*T.halophilus* を優占種としないへしこは特定の生産地で生産されているわけではなく、福井県内の同一地区内でも細菌叢の異なる製品が生産されていた。また、調査した検体の中には、米糠と食塩のみを用いた製品の他に、酒粕、醤油、焼酎、および味醂などを添加した製品も含まれていたが、このような副原料の添加の有無と形成される細菌叢の間には何ら関係が認められなかった。原料サバが国産であるか、輸入原料であるかも細菌叢とはかわりがなかった。これらの製品の食塩含量は7%から16%の範囲にあった。15%前後の食塩を含む製品で *T.halophilus* が検出されない傾向が見られたが、食塩含量が10%程度で同じでも、*T.halophilus* を含む製品と含まない製品が認められることから、食塩含量が直接影響を及ぼす可能性も低いと考えられた。

このような細菌叢の違いが工場ごとの特徴であるのかどうかを知るために、経年的に細菌叢を調査した。その結果を図8に示したが、同一工場でも年によって細菌叢が変動していることが明らかになった。*T.halophilus* を含まない製品では乳酸の生成量が低く、官能的にも酸味が弱いことから、

細菌叢の変動が食味のばらつきの一因となっていることが考えられた。

図8に示されているように、福井県立大学の実験室で試作したへしこにおいても、2008年には*T.halophilus*が検出されていたが、2013年から3年間本種が検出されていなかった。そこで、*T.halophilus*が検出された工場から得た使用済みの米糠を添加して、2015年にへしこを試作した。その結果、図9に示したように、使用済み米糠無添加のへしこの細菌叢の96%は*Chromoharobacter*属であったが、使用済み米糠を添加すると*T.halophilus*が検出され、細菌叢の40%以上を占めるようになった。これらの結果は、*T.halophilus*をスターター菌株として使用してへしこを製造することによって本種を主体とする細菌叢が形成され、食味の安定したへしこが製造できる可能性を示唆している。スターター菌株は、農産および畜産発酵食品ではしばしば用いられているが、水産発酵食品ではあまり研究例が見られない。すでに福井県立大学では、*T.halophilus*をスターター菌株として用いてへしこの細菌叢と品質に及ぼす影響についての検討を開始しているが、その詳細については稿を改めたい。

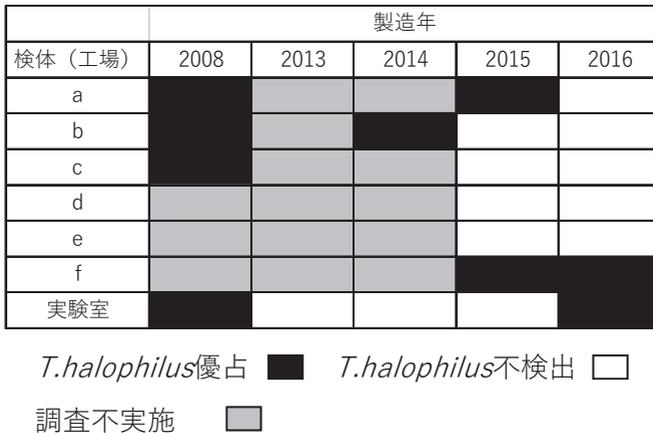


図8 へしこ細菌叢の経年的変遷

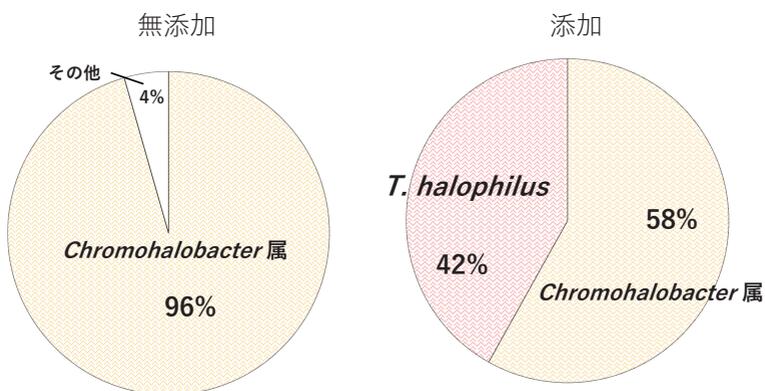


図9 *T. halophilus* を含む使用済み米糠の添加がへしこの細菌叢に及ぼす影響

食品としてのへしこの安全性に関しては、サバに大量に含まれるヒスタミンが細菌の脱炭酸酵素の作用によってヒスタミンに変化し、へしこがアレルギー様食中毒の原因となることも懸念されている。へしこに含まれる *T. halophilus* の中にはヒスタミン生成能を有する菌株が存在することが知られている。したがって、発酵・熟成中にこのような菌株の増殖を抑制することが、へしこの安全性を確保するうえで極めて重要であると考えられる。この目的のためにも、ヒスタミン生成能を有さない *T. halophilus* をスターター菌株として添加して、細菌叢の安定化を図ることが有効と考えられる。

へしこの長期にわたる発酵・熟成は高濃度の食塩の添加と加圧による脱水を通じた水分活性の低下により可能となっているが、今日の消費者の嗜好や健康への関心に応えるためには、食塩含量を低減することが求められている。すでに、我々はへしこの水分活性に及ぼす食塩の寄与率を正確に予測する手法とそれに基づいて発酵・熟成を経たへしこの低塩分化を図る技術を開発している。

以上述べたように、高塩分・嫌気的環境の中で発酵・熟成して製造されるへしこの製造原理は極めて合理的であることが明らかになった。一方で

品質の安定化や安全性の確保に向けては、解決すべき課題も残っている。産業現場との連携を深めながら、さらに研究を発展させることが強く求められている。

## 2. 小鯛ささ漬けの品質制御に向けて

### (1) 製造工程と技術成立の背景

小鯛ささ漬けは、キダイを原料とした酢漬け製品である。魚介類の酢漬け製品は、水産漬物に分類されるが、微生物による発酵作用が品質形成に関与しない点で、なれずしなどとは区別されている。その製造工程の概略を図10に示した。製造工程の基本は塩漬と酢漬けからなる。まずキダイを三枚におろしてフィレーを調製する。フィレーを5%程度の食塩で塩漬した後、調味料を含む米酢で数分間酢漬けして、木樽に詰めて製品とされている。賞味期限は冷蔵で5～7日程度である。ささ漬けの重要な品質要素は、キダイ表皮の鮮やかな赤色の色調と塩漬と酢漬けによって引き締められた独特の食感にあるとされている。

すでに述べたように江戸時代の福井県若狭地方は漁業先進地であり、鯛漁業も盛んにおこなわれていた。明治時代の終わりから大正時代にかけてキダイの漁獲量が大幅に増加し、なれずし、みそ漬け、かす漬け、塩干、塩蔵などのそれまでの加工法に加えて新たな加工法の開発が求められるようになったことが、ささ漬けの始まりとされている。しかし、明治時代の加工法は現在とは大きく異なっていた。明治36年～38年の水産製造書によると、塩漬けを1日かけて行った後、3回酢を交換しながら10日間酢漬けしたとされている。このようにして製造された製品は1年間腐敗することなく保存できたという。冷蔵庫のない時代における保存性を重視した加工法であったと考えられる。一方、キダイの中でもサイズの小さいものは商品価値がないことから、昭和初期にはこれらを材料として漁村の家庭料

理として酢漬けが作られていた。木樽に詰めた現在の製品が製造されるようになったのは、昭和 20 年代である。昭和 40 年代には、お土産や贈答品として販路が拡大し、嗜好性と簡便性を兼ね備えた加工品として定着している。

## (2) 品質要素に及ぼす塩漬と酢漬けの影響

### 1) 表皮の色調

表皮の鮮やかな赤色の色調はささ漬けの重要な品質要素である。しかし、このような色調は、樽詰め後の冷蔵貯蔵中に失われる。表皮の褪色は空気と接触している樽の表層部で顕著に認められることから、表皮のアスタキサンチンが空気中の酸素によって酸化されることによって引き起こされることが推察される。このような表皮の褪色は塩漬したフィレーを酢漬けすることによって促進される。酸素との反応によって引き起こされることから、酸素透過性の低い包材で真空包装することにより、褪色を抑制することができる。

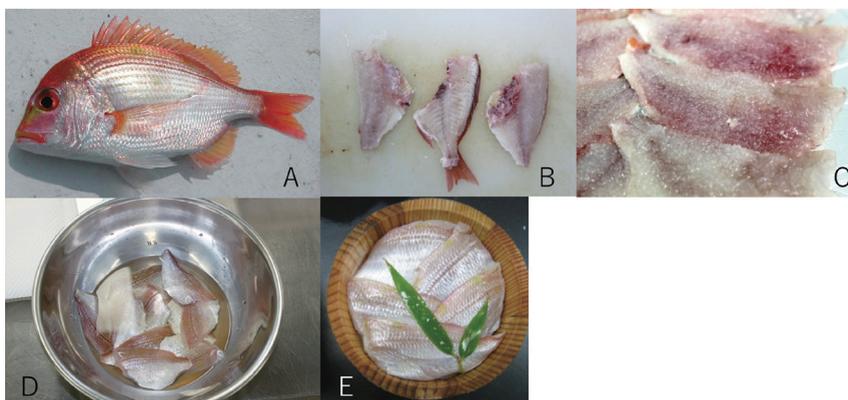


図10 小鯛ささ漬けの製造工程

A：原料キダイ B：三枚に卸されたキダイ C：塩漬 D：酢漬け E：製品

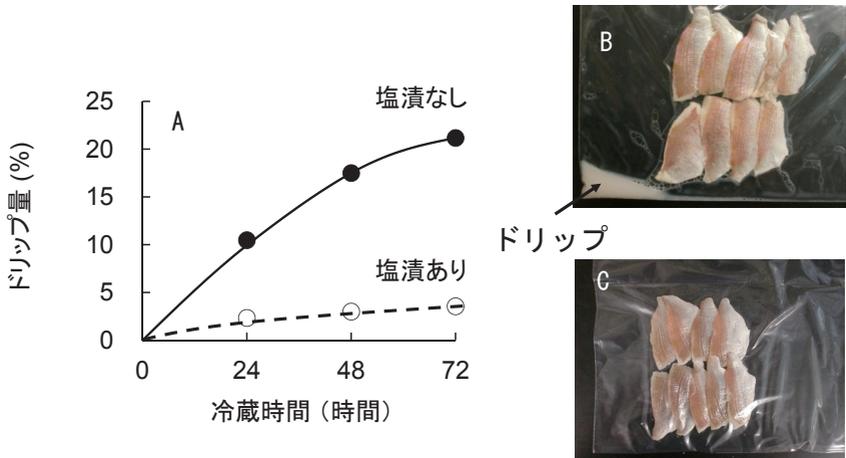


図11 酢漬け魚肉の冷蔵中のドリップ生成に及ぼす塩漬の影響  
 A：ドリップ量の変化 B：冷蔵後の酢漬け魚肉（塩漬なし）  
 C：冷蔵後の酢漬け魚肉（塩漬あり）

## 2) ドリップの生成

ささ漬けの粘りのある独特の食感も、重要な品質要素である。我々は、このような食感と密接に関連すると考えられるドリップ量を指標にして加工および貯蔵中の品質変化を検討した。ささ漬けは、冷蔵中にドリップが生成しやすいことが知られている。ささ漬けが木樽に詰められて販売される理由の一つは、木樽にドリップを吸収させるためである。図11に示したように、フィレーを塩漬することなく酢漬けして低温で貯蔵すると大量のドリップが生成するが、5%の食塩で塩漬した後、酢漬けするとドリップの生成は著しく抑制されることから、塩漬がささ漬けの独特の食感の形成と維持に重要な役割を果たしていることがわかる。塩漬に用いる食塩の撒布量を0.5%~5%の間で変化させて24時間塩漬した後、酢漬けしたフィレーを冷蔵して生成するドリップ量を5日間まで測定したところ、5%の食塩で塩漬するとドリップの生成量が最小となることが示された。また、

5%食塩による塩漬時間については、3時間以上で抑制効果が見られるようになり、24時間で最大の効果が得られた。これらは加工現場で行われている条件とほぼ一致している。

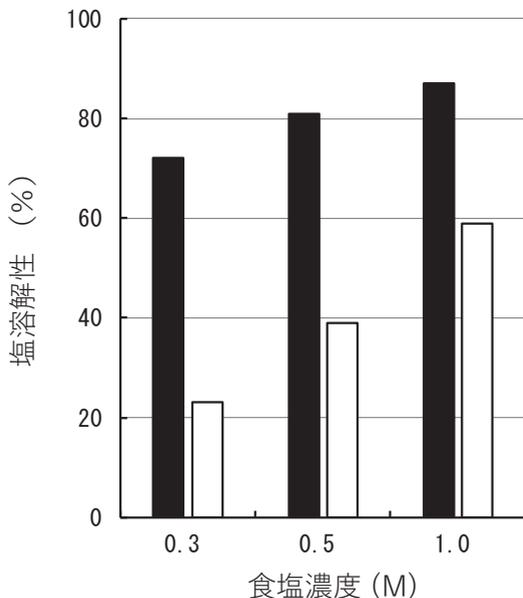


図12 筋原繊維タンパク質の塩溶解性に及ぼす塩漬の影響

未塩漬 (■) または 5%の食塩で 24 時間塩漬したキダイフィラー (□) から筋原繊維タンパク質を調製し、0.3 – 1.0 M の食塩濃度で塩溶解性を比較検討した。

なぜ、このように塩漬によって酢漬け魚肉からのドリップ生成が抑制されるのであろうか？我々は塩漬に伴う筋原繊維タンパク質の変化とドリップ抑制効果との関連について検討した。筋原繊維タンパク質は、もともと水には溶けず、3%程度の食塩溶液に溶解する性質がある。かまぼこなどの製造において、すり身に3%程度の食塩を添加して塩ずりするの、筋原繊維タンパク質の溶解を促すためである。しかし、キダイフィラーを

5%の食塩で24時間まで塩漬すると、図12に示したように筋原繊維タンパク質の塩溶解性は大きく低下することが明らかになった。そして、このような塩漬にともなう筋原繊維タンパク質の塩溶解性の低下とともに、酢漬け魚肉からのドリップ生成が抑制されることが示された。したがって、酢漬け魚肉からのドリップ生成に対する塩漬の抑制効果は、塩漬にともなう魚肉中の筋原繊維タンパク質の塩溶解性の低下と関連して増大することが推察された。キダイフィレーの塩漬にともなう筋原繊維タンパク質の塩溶解性の低下は、その主要成分であるアクチンとミオシンの溶解性が同じ比率で低下することによって引き起こされた。このとき、ミオシンのCa-ATPase活性は低下しないので、塩漬による筋原繊維タンパク質の塩溶解性の低下は、ミオシンの変性ではなく、むしろ食塩による筋原繊維タンパク質の構造変化に起因したものと推察される。従来、単離した筋原繊維タンパク質を高濃度の食塩で処理すると、筋原繊維タンパク質中のミオシンよりもアクチンの変性が先行して起こり、変性したアクチンがミオシンから解離することが報告されているが、そのような現象はキダイフィレーの塩漬では認められない。したがって、塩漬した魚肉中で起こる筋原繊維タンパク質の変化は、単離した筋原繊維タンパク質の塩処理によって起こる変化とは異なることが推察された。以上述べたように、ささ漬けの製造工程における塩漬は、筋原繊維タンパク質の塩溶解性を低下させることを通じて、魚肉の保水性を向上させ、酢漬けによって引き起こされる製品からのドリップ生成を抑制して、その食感の維持に寄与することが明らかとなった。

一方、ささ漬け製品からのドリップの生成には、酢漬けに用いる浸漬液中の酢酸濃度と酢漬け時間も影響を及ぼす。ささ漬けの酢漬けには、一般に原酢に近い酢酸濃度の調味酢が用いられている。また、製品のpHと酢酸濃度から推定される実際の製造工程における酢漬け時間は、1～5分間程度であった。このような短時間の酢漬けによって、魚肉のpHは極端に低下することなく5.2から5.8の範囲に維持されており、ドリップの生成

が抑制されているものと考えられた。このようにささ漬けの加工技術は、塩漬による筋原繊維タンパク質の変化を巧みに利用して魚肉の保水性を高めるとともに、短時間の酢漬けによって pH の大幅な低下を防ぐことによって保水性を維持するという極めて理にかなったものであることが確かめられた。

このようなささ漬けの加工技術の基盤に関する研究は、地理的表示法にもとづく「若狭小浜小鯛ささ漬」の地理的表示 (GI) 登録 (平成 29 年 11 月 10 日) に大きく寄与するものとなった。

### (3) 凍結原料からの小鯛ささ漬けの製造技術

ささ漬けは主に生鮮原料を用いて製造されてきたが、近年では年間を通じた生鮮原料の安定供給が困難となっている。また、ささ漬けは土産物や贈答品としての需要が大きく、観光シーズンと中元・歳暮のシーズンに向けて生産が集中する。このような背景の中で、安定して製品を供給するために、凍結原料を用いた製造や製品の凍結貯蔵も行われている。しかし、製品や原料の凍結貯蔵が品質に及ぼす影響については、ほとんど検証されていない。そこで、原料、塩漬フィレーおよび塩漬後に酢漬けした製品を凍結貯蔵して、歩留りの変化からドリップの生成を検討した。その結果を図 13 に示した。原料フィレーまたは塩漬したフィレーを  $-20^{\circ}\text{C}$  で 1 ケ月間凍結貯蔵した後、解凍して塩漬と酢漬けを行って  $4^{\circ}\text{C}$  で 8 日間冷蔵し、歩留りの変化からドリップの生成を検討した。凍結貯蔵した原料 (B) または塩漬フィレー (C) から調製したささ漬けの冷蔵前の歩留りはほぼ 100% であり、冷蔵中にわずかにドリップが生成して歩留りが減少するものの、その割合は未凍結 (生鮮) 原料 (A) を用いた場合と同程度だった。一方、生鮮原料を塩漬した後、酢漬けして調製したささ漬けを  $-20^{\circ}\text{C}$  で 1 ケ月間 (D) または 2 ケ月間 (E) 凍結貯蔵すると、解凍後の冷蔵前に歩留りが大きく低下していた。これは、解凍にともなうドリップの生成によ

るものである。これらの試料を冷蔵すると、3日目までに歩留りがさらに低下してドリップが増加することが示され、食感が劣化することが示唆された。これらの結果から、酢漬けた製品の凍結貯蔵は品質低下を招くことから、極力避けるべきであり、フィレーまたは塩漬フィレーなどの中間素材を凍結貯蔵して原料とすることが妥当と考えられた。

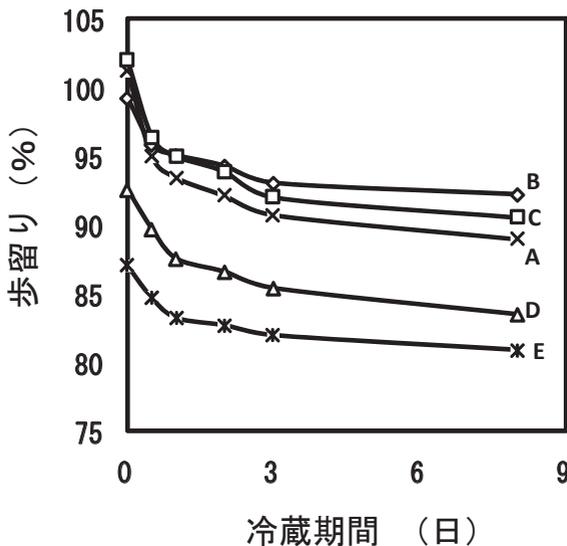


図13 原料の凍結貯蔵が酢漬けた魚肉の冷蔵中の歩留りの変化に及ぼす影響

A：未凍結原料 B：凍結フィレー C：塩漬フィレー  
D：凍結酢漬け魚肉（1ヶ月） E：凍結酢漬け魚肉（2ヶ月）

そこで、どのような条件で凍結すれば、どの程度の期間品質を保持できるのかについて検討した。すなわち、5%の食塩で24時間塩漬したフィレーを酸素透過性の低いラミネート包装材で真空包装して $-20^{\circ}\text{C}$ で9ヶ月間まで凍結貯蔵した。一定期間ごとに解凍した後、酢漬けてさき漬けを調製して、表皮の色調とドリップの生成量を検討した。その結果、凍結・解凍

した塩漬フィレーおよびそれを酢漬けしたフィレーの表皮の色調は3ヶ月目までは凍結貯蔵前からほとんど変化しなかったが、5ヶ月目以降に褪色が目立つようになった。酢漬けした製品を4℃で7日間冷蔵したときの色調変化も、凍結貯蔵期間が5ヶ月以上になると顕著に認められるようになった。一方、加工中および冷蔵中のドリップの生成量には凍結期間の影響はほとんど見られなかった。また、凍結する際の温度を-10℃から-50℃までの間で変化させても、表皮の色調とドリップ生成量の変化に差異は認められなかった。これらのことから凍結温度にかかわらず、-20℃で4ヶ月間程度であれば、原料特性を低下させることなく、塩漬フィレーを貯蔵できることが確かめられた。

### 3. 若狭かれいの品質とその制御

#### (1) 製造工程と加工技術の変遷

塩干かれいは北海道、山陰、および九州などでも生産されているが、このうちヤナギムシカレイを原料として福井県若狭地方を中心に生産されている塩干かれいは若狭かれいと呼ばれている。塩干かれいはアジの塩干品などのように開いた状態ではなく、えらと内臓および鱗を除いたセミドレスで加工されるのが一般的である。若狭かれいも、えらと内臓および鱗を除いた後、塩漬して乾燥されている。塩漬では3%程度の食塩を散布しており（振り塩漬け）、食塩が魚体全体にいきわたるように15分程度攪拌している。次に水道水に浸して余剰の食塩を除いた後、図14に示したように天日か乾燥機によって30分から4時間程度乾燥されて製品となる（図15）。若狭かれいを軒下につるして乾燥する風景は、晩秋から初冬にかけての若狭地方の風物詩となっている（図14）。

若狭地方における塩干かれいの生産は、手繰り網（小型の底曳網）によるカレイの漁獲が増加した江戸時代に始まるとされている。当時の製造法



図14 若狭かれいの天日乾燥



図15 若狭かれい（製品）

は、現在とは異なりカレイを塩水で蒸した後に陰干しするものであり、「蒸鱈」と呼ばれていた。カレイの種類については記録がなく、多種類のカレイが用いられていたものと考えられる。明治時代には現在の一夜干しが製造されるようになるが、魚種は特定されていない。大正時代には、メイタガレイ、ヤナギムシカレイ、およびアカガレイなどから塩干かれいが製造されていたことが記録されており、これらを総称して若狭かれいと呼んでいたことが示されている。これらのなかで、最も漁獲量が多く、流通していたのがアカガレイの塩干であることから、狭義にはアカガレイの塩干が若狭かれいと呼ばれていたようである。最も評価が高かったのはメイタガレイの塩干で、ヤナギムシカレイの塩干はそれに次ぐものであった。

最近では、上品な食味、外観の美しさ、ソフトな食感、および骨離れのよさなどから、ヤナギムシカレイの塩干が高く評価されるようになっていく。1985年以來、毎年11月に皇室に献上されていることも、ヤナギムシカレイの塩干が若狭かれいとして定着した理由の一つであろう。

## (2) 若狭かれいの品質

### 1) 食味

えらと内臓および鱗を除去したヤナギムシカレイを2.5%の食塩で塩漬した後、20℃で送風乾燥すると、6時間の乾燥で魚体重量は乾燥前の約85%まで減少したが、魚肉の水分量はほとんど減少せず、76%前後だった。この結果は、皮を含めた魚体の表層部の乾燥は進行するが、魚肉の乾燥が非常に進行しにくいことを示している。このことは、乾燥にともなって魚体重量が減少しても魚肉中の遊離アミノ酸とカリウム濃度がほとんど増加せず、乾燥による濃縮効果が認められないことから確かめられた。このように魚肉の乾燥が進行しにくいことは皮付きのまま乾燥される塩干品の特徴と考えられた。一方、塩漬により乾燥前の表皮のナトリウム濃度は、約500 mM/kgまで上昇したが、魚肉中のそれは69 mM/kg程度だった。

た。乾燥によって魚体重量が85%程度まで減少した魚肉中のナトリウム濃度は、乾燥温度によって異なっていたが、最大でも125mM/kgであり、乾燥中の表皮から魚肉への食塩の移動は極めて緩やかに起こることが示唆された。このような乾燥にともなう魚肉中の食塩含量のわずかな増加が、魚肉の塩味の増加を抑制するとともに、ナトリウムイオンが遊離アミノ酸などの味覚感受を増強させて、若狭かれいの呈味の向上に寄与していることが推察される。

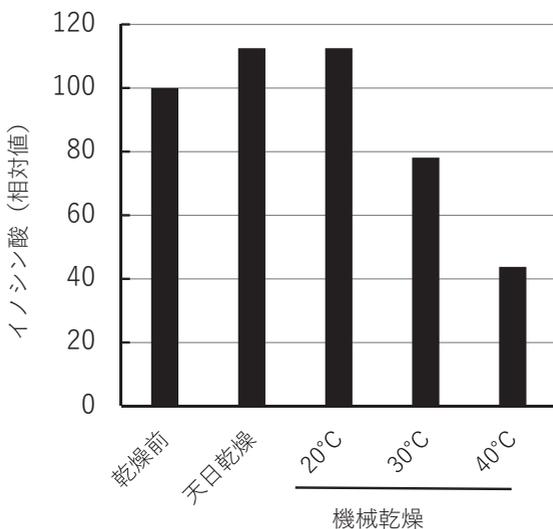


図16 イノシン酸の含量に及ぼす乾燥温度の影響

魚体重量が乾燥によって80%まで減少したときのイノシン酸含量を乾燥前のそれを100%として比較した。天日乾燥は3～13°Cで行った。

次に、グルタミン酸との相乗作用でうまみを強化することが知られているイノシン酸の含量に及ぼす若狭かれいの乾燥温度の影響を検討した。その結果を図16に示した。気温3°Cから13°Cでの天日乾燥と20°C乾燥では、

ヤナギムシカレイ魚肉中のイノシン酸含量はほとんど変化しなかったが、30℃および40℃乾燥では、魚体重量の減少度合いが同じでも、イノシン酸含量が大きく低下した。このようなイノシン酸の減少は、魚肉中のイノシン酸分解酵素によるものと考えられる。魚の死後、魚肉中のATPはADPとAMPを経てイノシン酸まで分解される。イノシン酸はイノシン酸分解酵素によって、さらに脱リン酸されてイノシンとなり、最終的にはヒポキサンチンとなる。このイノシン酸分解酵素の活性は魚種によって大きく異なっており、同じカレイ類でもアカガレイは活性が高く、イノシン酸が分解されやすいが、ヤナギムシカレイの活性は低く、イノシン酸がイノシンに変化しにくいことがわかっている。ヤナギムシカレイを原料とする若狭かれいのうまみが強いとされるのは、魚肉中にイノシン酸が分解されることなく蓄積するためと考えられる。しかしながら、イノシン酸分解酵素の活性は、温度とともに増大するので、30℃および40℃乾燥ではイノシン酸が減少したものと考えられる。このようなことから、20℃以下の低温乾燥が若狭かれいのうまみを最大限に引き出すうえで極めて重要であり、真子を抱いたヤナギムシカレイが漁獲される晩秋から初冬に低温下で天日乾燥された製品が「献上かれい」として高く評価されるのであろう。

## 2) 魚肉の保水性

魚肉の食感と関連する筋原繊維タンパク質の性状を検討した。結果は図示しないが、タンパク質の組成をSDSポリアクリルアミドゲル電気泳動法によって解析した結果、ねり製品の坐り工程やマアジやスケトウダラの塩漬と乾燥の過程で見られる強固な結合によるミオシンの架橋体は全く生成しなかった。これは魚肉の脱水がほとんど進行せず、また魚肉中への食塩の浸透量も極めて低いためと推察される。一方、図17に示したように乾燥温度が30℃または40℃では、乾燥度合いが同じでも、筋原繊維タンパク質のCa-ATPase活性が大きく低下し、タンパク質の変性が進行することが示された。魚肉の遠心ドリップ量を測定した結果、タンパク質の変

性が進行した 30℃ 以上で乾燥した魚肉の遠心ドリップ量は、20℃ 以下で乾燥した魚肉のそれよりも高値を示し、魚肉の保水性が低下したことが示された (図 17)。これらの結果は、ソフトでみずみずしい食感を保持した若狭かれいを製造するためにも、20℃ 以下の低温で乾燥することが必須であることを示している。20℃ 以下の乾燥温度でも魚肉の保水性は乾燥に要する時間によって異なっている。4℃ 乾燥と 20℃ 乾燥で魚体重量が 85% となる時間はそれぞれ 26 時間と 3.5 時間であり、魚肉中のナトリウム濃度も 4℃ 乾燥では、108 mM/kg、20℃ 乾燥では 75 mM/kg と異なっていた。これらの魚肉から調製した筋原繊維タンパク質の塩溶解性はナトリウム濃度の高い 4℃ 乾燥でやや低下していることが示された。このような筋原繊維タン

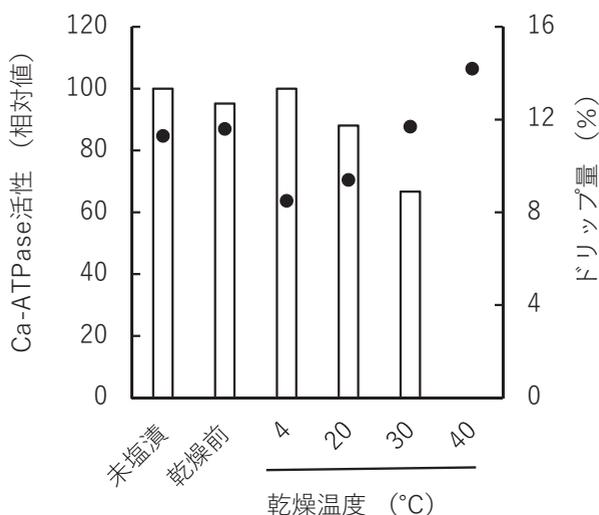


図17 筋原繊維タンパク質の Ca-ATPase 活性と魚肉からのドリップ量に及ぼす乾燥温度の影響

魚体重量が乾燥によって 85% まで減少したときのそれらを比較した。  
 Ca-ATPase 活性：未塩漬のそれを 100% とした相対値 (□)  
 遠心分離によるドリップ量 (●)

パク質の塩溶解性の低下は、Ca-ATPase 活性の低下を伴わない点で小鯛さ  
さ漬けの製造工程中でキダイフィレーの塩漬にともなって起こる変化と類  
似している。したがってより低温での長時間の乾燥を通じて、製品の乾燥  
度合いと表皮から魚肉中への食塩の浸透度合いがバランス良く調和される  
ことで、塩溶解性の変化をとまなう筋原繊維タンパク質の構造変化が引き  
起こされ、その結果として魚肉の保水性が一層高まることが期待される。

以上述べたように、若狭かれいの製造では魚肉の乾燥と魚肉中への食塩  
の浸透が極めて緩やかに進行すること、また、低温乾燥が食味と食感の保  
持に有効であることが確かめられた。

#### 4. まとめに代えて

福井県若狭地方は、奈良、平安時代には朝廷に海産物を供給した御食国  
として知られている。江戸時代には漁業先進地として漁法が工夫され、サ  
バ、タイ、およびカレイなどの漁獲量を増大させてきた。京都に海産物を  
輸送するルートは鯖街道として知られていることから、海産物の生産拠  
点としての地位を確立していたことが推察される。また、この地域では、  
このような豊富な水産資源を有効に利用するために優れた水産加工技術も  
生み出されてきた。本稿で紹介したへしこ、小鯛ささ漬けおよび若狭かれ  
いについては、その加工技術を現代の食品加工学の知見から検証しても、  
きわめて合理的なものであり、先人の試行錯誤によって蓄積されてきた知  
恵には驚嘆するほかはない。

しかし、最初に述べたように、食品の品質や安全性について厳密な対応  
が求められている今日において、福井県の伝統的水産加工品の発展を図る  
ためには、その加工技術の科学的基盤を明らかにすることが不可欠である。  
それは、伝統的な加工技術をふまえて、新しい加工品を生み出すうえでも  
重要であるように思われる。加工現場で有効な成果を生み出すためには、

現象の数値化が必要であることは言うまでもない。また、品質の予測と制御に役立てるためには、現象を時間軸から解析する速度論的な視点が不可欠である。さらに、得られた成果を加工現場にフィードバックして検証を重ねることも必要であろう。このような立場に立った水産加工技術の基盤に関する研究の一層の発展が大いに期待される。

### <参考文献>

#### 水産加工について

水産庁, (6) 水産物の流通・加工の動向, 第2節 我が国の水産業をめぐる動き, 第2章 平成28年度以降の我が国水産の動向, 第1部 平成29年度水産の動向, 平成29年度水産白書, (<http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/29hakusyo/attach/pdf/index-16.pdf>) (accessed 2019.1.25)  
福田 裕, 山澤正勝, 岡崎恵美子監修, 全国加工品総覧, 光琳, 東京, (2005)

#### へしこについて

福井県, 大敷網と沖漁, 近世, “図説福井県史”, (<http://www.archives.pref.fukui.jp/fukui/07/zusetsu/C12/C121.htm>) (accessed 2018.6.19)  
山本 巖, 山本 律彦, へしこ考, 山本食品研究所, 敦賀 (2005)  
福井県, 江戸時代の塩づくり, 近世, “図説福井県史”, (<http://www.archives.pref.fukui.jp/fukui/07/zusetsu/C13/C131.htm>) (accessed 2018.6.19)  
水上 勉, 若狭海辺だより, 文化出版局, 東京, (1989)  
Y.Kosaka, M.Satomi, A.Furutani, and T.Ooizumi, Microfloral and chemical changes during the processing of *heshiko* produced by aging salted mackerel with rice bran through conventional practices in the Wakasa bay area, Fukui, Japan, *Fish Sci.*, 78, 463-469 (2012)  
春野 (今津) 涼子, 赤羽義章, 大泉 徹, マサバを原料とするへしこ及びなれずしの製造過程における脂質酸化の進行と抗酸化活性の変化, 日本

水産学会誌, 77, 674-681 (2011)

Y.Kosaka and T.Ooizumi, Effects of microbial growth inhibition by antibiotics on the production of taste-active components during the processing of *heshiko* produced by aging salted mackerel with rice bran, *Fish Sci.*, 78, 735-742 (2012)

小坂康之, 木下由佳, 大泉 徹, 赤羽義章, マサバへしこの製造過程における呈味成分の生成に及ぼす熟成温度と食塩含量の影響, 日本水産学会誌, 76, 392-398 (2010)

大泉 徹, 種子佳峰, 本田 (舊谷) 亜由美, 里見正隆, クローンライブラリー法によるマサバへしこの細菌叢解析の試み, 水産物利用に関する共同研究, 56, 33-38(2016)

大泉 徹, 鬼塚友希, 本田 (舊谷) 亜由美, 里見正隆, 福井県で生産されるサバへしこの細菌叢, 水産物利用に関する共同研究, 57, 7-12(2017)

松川雅仁, 宮田舞子, 伴野博喜, へしこの水分活性に及ぼす NaCl の寄与率, 日本水産学会誌, 84, 850-857 (2018)

### 小鯛ささ漬けについて

山本 巖, 若狭小鯛 —その歴史とささ漬けの科学—, 朝日カルチャーセンター, 大阪 (1998)

奈須亮耶, 松川雅仁, 大泉 徹, 加納竜一, 大田慎司, キダイ酢漬け魚肉の低温貯蔵に伴うドリップ生成に対する食塩の抑制効果と塩漬魚肉中の筋原繊維タンパク質の変化, 日本水産学会誌, 82, 349-357 (2016)

松川雅仁, 大田慎司, 大泉 徹, 小鯛のささ漬け製造法の検証と凍結処理条件の最適化に向けて, 水産物の利用に関する共同研究, 51, 31-34 (2011)

松川雅仁, 加納竜一, 大泉 徹, 包装材の酸素バリア性の違いが小鯛のささ漬けの冷蔵貯蔵性に及ぼす影響, 水産物の利用に関する共同研究, 52, 25-28 (2012)

松川雅仁, 奈須亮耶, 大泉 徹, 塩漬した凍結原料から調製した小鯛のさ

さ漬けの品質，水産物の利用に関する共同研究，53, 31-34 (2013)

### 若狭かれいについて

吉中禮二，第6章 若狭のお魚食文化史，改訂版 若狭のおさかな（青海忠久編著），pp.145-195，晃洋書房，京都，(2011)

平田三春，松川雅仁，奈須亮耶，塩漬したヤナギムシカレイ筋肉中の呈味成分と筋原繊維タンパク質の変化に及ぼす乾燥温度の影響，日本水産学会誌，83, 616-624 (2017)

赤羽義章，若狭湾産数種カレイ貯蔵中の5'-ヌクレオチド及び遊離アミノ酸の変化，水産物の利用に関する共同研究，43, 39-47 (2003)

大泉 徹，杉山紗依子，北山貴枝，舊谷亜由美，赤羽義章，塩干品の製造工程におけるイノシン酸の消長と魚肉のイノシン酸分解酵素活性，水産物の利用に関する共同研究，50, 32-37 (2010)

大泉 徹，日比野友紀，松川雅仁，魚肉中のイノシン酸分解酵素活性の食塩濃度依存性にみられる魚種特異性，水産物の利用に関する共同研究，52, 3-7 (2012)



おお いずみ とおる  
大 泉 徹

【略歴】

▷ 1985年北海道大学大学院水産学研究科博士課程修了（水産学博士）。富山県食品研究所の研究員として、水産加工技術の改良・開発に関する研究に従事。1993年助教授として福井県立大学に着任、2004年教授に昇任し、現在に至る。この間 2002年～2003年米国ケンタッキー大学訪問研究員。魚肉タンパク質の変性防止に関する研究の他、ねり製品、塩干品、水産発酵食品など水産物の利用加工の基盤にかかわる多数の論文・著書（分担執筆）を公表している。

まつ かわ まさ ひと  
松 川 雅 仁

【略歴】

▷ 1991年北海道大学大学院水産学研究科博士課程中退。マルハニチロ株式会社（当時大洋漁業株式会社）中央研究所の研究員として、各種水産原料および加工食品（冷凍食品、フリーズドライ、加圧加熱食品など）の品質評価と開発に関する研究に従事。その間 1998年酪農学園大学 新井健一先生主査の下で農学博士を取得。2009年准教授として福井県立大学に着任し、現在に至る。魚肉タンパク質の変性制御に関する研究を主軸として、冷凍すり身、冷凍エビ類および福井県産の各種魚肉加工品の品質とその安全性に関わる加工技術について研究を進めている。

---

平成 31 年 3 月 1 日 発行（非 売 品）

「水産振興」 第615号

編集兼発行人 渥 美 雅 也

発行所 〒104-0055 東京都中央区豊海町5-1

豊海センタービル7階

電 話 (03) 3533-8111

F A X (03) 3533-8116

一般財団法人 東京水産振興会

印刷所 株式会社 創基

---

（本稿記事の無断転載を禁じます）

ご意見・ご感想をホームページよりお寄せ下さい。

URL <http://www.suisan-shinkou.or.jp/>

平成三十一年三月一日発行（毎月一回一日発行）六一五号（第五十三卷 第三号）