

アサマNEWS

パートナ

2003-9 No.96

食 品 衛 生 講 座

食品加工と微生物 その19 乳酸菌による魚の発酵食品（2）

ふなずしから始まったすしの歴史¹⁾

握りずしは日本独特の食べ物であり、その先祖は琵琶湖のふなずしに近いものと考えられている。ふなずしは乳酸菌の働きを利用して保存性と風味を持たせるのが、主要な製造原理であるが、この間に乳酸菌だけでなく種々の嫌気性菌も存在するので、酪酸やプロピオン酸のような成分も蓄積し、においは強烈である。したがって予めそれを知っている人か、よほど好奇心の強い人でなければ受け付けられないのが普通である。

それでも平安時代の宮廷への献上品の記録の中にふなずしがみられるようなことから、この時代には珍重がられたことが窺える。その頃には、酪というヨーグルトに似た乳製品の記録もあることから、当時の人はこのような風味に馴れていたのかもしれない。ふなずしは長期保存ができる点でも、貴重な食べ物であったと思われる。

その後、ふなずしのような強いにおいのするすしは次第に敬遠されるようになったのであろうか、それとも、世の中もだんだん気忙しくなってきた、熟成に1年も待たなくなったためであろうか、室町時代になると、もう少しにおいが弱く、できあがるまでの日数も数日から2週間程度と短い、いわゆる生成れずしが作られるようになった。和歌山のサバの馴れずしやサンマの棒ずしのような製品で、今日でもまだ各地に残っている。

ふなずしや生成れずしの原料は魚とご飯と塩だけで、麴を用いないのが普通であるが、その後東北や北海道では麴を用いる方法が考案された。秋田のはたはたずしや北海道のいずしなどである。寒冷地で発酵を早めるための工夫といわれるが、それでも発酵が不十分なせいで生臭みが残るため香辛料や野菜と一緒に用いられる。

上にあげた幾つかのすしは、程度の差はあるにせよ、魚もご飯と一緒に乳酸発酵して作られるのが基本であった。元禄の頃になると、早ずしといって、ご飯に酢を合わせて魚を漬けるすしが関東方面を中心に作られるようになった。これが今日の握りずしやのり巻きのように、

ご飯に酢を用いるようになった始まりである。すしの変遷の概略を図1に示しておく。

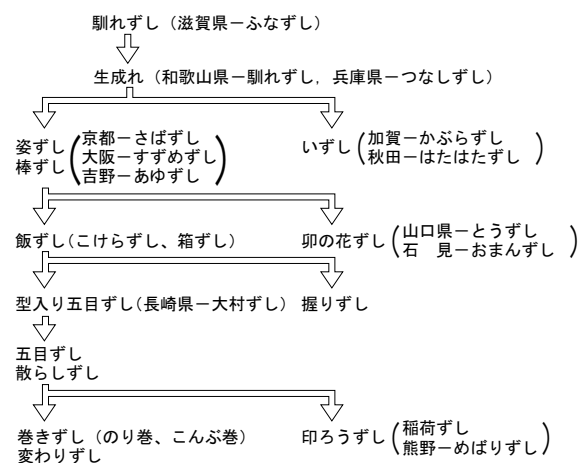


図1 すしの変遷（篠田）

短期熟成のさば馴れずし^{2, 3)}

さば馴れずしは和歌山県のものがよく知られており、紀州の腐れずしもいわれている。酢などを用いず自然発酵によって風味をもたらしている。発酵の仕組みはふなずしと同じであるが、ふなずしに比べて熟成期間が短く、においや馴れ具合も弱い。類似のすしは和歌山以外にも、サバ、小アジ、サンマ、アユ、ハスなどを用いたものが各地にある。

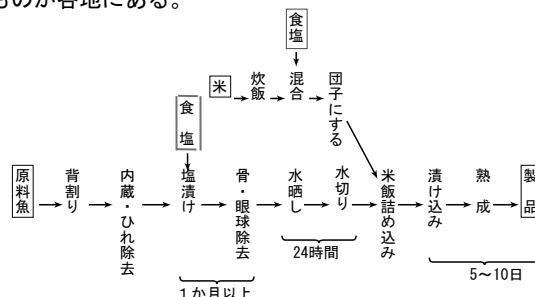


図2 さば馴れずしの製造工程

和歌山のさば馴れずしの製造方法は図2の通りである。新鮮なサバを背割りにし、内臓、鰭を除いて1ヶ月以上塩漬にした後、骨と眼球を除いて水にさらし、塩出しをして水切りをする。次に塩をした米飯をサバに詰めてアセ（葎）の葉で巻き、桶に隙間のないように並べ、ふた

をした後重石をして熟成させる。漬け込み後、5～10日目くらいが食べ頃である。

製品の分析結果（表1）を示すと、pHは3.8～4.0、食塩1.4～1.7%、乳酸が360～490mg/100g含まれている。

表－1 さば馴れずしの成分

	筋肉部	米飯部
pH	3.95	3.75
食 塩 (%)	1.37	1.72
総 酸 (mg/100g)	1,240	1,240
乳 酸 (mg/100g)	360	490
酢 酸 (mg/100g)	420	180
揮発性塩基窒素 (mg/100g)	17	18

麩で熟成を促すはたはたずし^{2, 3)}

はたはたずしは秋田県の特産品で、ハタハタを主原料として作られる。原料魚は必ずしも塩蔵せず、塩蔵する場合でも短期間であり、また漬け込みに大量の麩を用いて熟成を促し、製品のにおいも強くない。古くから各家庭で秋から冬にかけて作られており、昭和37年に行われた調査では、県内の約50%の家庭がはたはたずしを作り、64%が食べていたというが、最近では資源の激減もあり生産量は大幅に減少している。

製造法は地域によってかなり異なるが、一例を示すと、ハタハタの頭と内臓を取り、20%相当量の食塩をかけて4～5日おいた後、水洗し、約2昼夜酢に漬ける。これを米飯に等量の麩を混ぜたものとともに、重石をして2～3週間くらい漬け込む。彩りと香りを付けるためニンジンとフノリを入れる。

かつては血出しといって、頭部や内臓を除いた後、原料魚を1～7日間くらい水にさらす方法が多かったようであるが、この水さらし時の水温が高い場合にはボツリヌス菌が増殖する可能性があるため、最近ではまず塩漬けしたり、酢を用いる方法が多くなっている。

馴れずしと似たかぶらずし^{2, 3)}

金沢にかぶらずし、だいこんずしと呼ばれる少々珍しい食べ物がある。かぶらずしはブリを挟んだカブ（蕪）の麩漬け、だいこんずしはサバまたは身欠きニシンをダイコンに挟んで麩を混ぜて漬け込んだものである。

かぶらずしは江戸時代初期に宮の腰港（現在の金沢市金石町）でその年の豊漁を祈って行われる儀式の際のご馳走として出されたものといわれている。だいこんずしはかぶらずしに用いる寒ブリやカブが高価なため、その代用として生まれたものらしい。

かぶらずしの作り方はおおよそ次のようである。中くらいから大きめの新鮮な青カブを5～7%の食塩で重石をして1～3週間ほど仮漬けする。ブリは三枚に卸し、15～20%程度の食塩で4日～2週間塩蔵後、刺身風にスライスする。仮漬けの終わったカブは輪切りにし、さらに切り目をいれ、そこに仮漬けの終わったブリを挟み込み、これを麩で本漬けする。本漬けは桶に塩漬けしたカブの葉を敷きブリを挟んだカブを並べ、その上にあらかじめ50

～60℃の湯浴中に数時間寝かせておいた麩を振りかけ、細切りのニンジン、コンブ、アカトウガラシを乗せ、その上にさらにカブを乗せるという風に何層かに漬け込む。一番上に板コンブと塩漬けしたカブの葉を乗せ、落としぶたと重石をして10～20日間漬け込む。

かぶらずしやだいこんずしを初めて見たり聞いた人はこれが何故ずしなのか不思議に思われるかもしれないが、いずれもふなずしやさば馴れずし、いずしなどと同様、発酵食品のずしの親戚なのである。馴れずしのごはんがダイコンと麩に置き換わったと思えば理解しやすい。ずしの語源は「酸し」で、乳酸発酵で酸っぱくなったという意味である。

このかぶらずしの発酵の仕組みは馴れずしの場合によく似ている。ふなずしの場合には米飯漬け込みの開始後すぐに乳酸菌が増加し、pHが低下することにより、腐敗細菌や食中毒菌の増殖が抑制され、同時に魚肉の自己消化によって生成される種々のエキス成分や、乳酸菌、嫌気性細菌、酵母などが生産する各種の有機酸やアルコールなどによって風味付けされるというのが主な製造原理であった。

かぶらずしの場合は米飯のデンプンのほかにダイコンの糖質も利用するわけで、乳酸菌の働きや風味形成の仕組みなどはほぼ同じと考えられる。ただ、かぶらずしの場合はふなずしなどとは違って、デンプンの糖化や発酵に麩の助けを借りているが、この点は気温の低い冬季に漬け込みが行われるいずしと似ている。

かぶらずしの漬け込み中の変化を調べた実験によると、一般家庭で作られた伝統的製法によるかぶらずしのpHは4.3程度まで下がり、乳酸菌も塩漬け中に1g当たり 10^6 に増加、本漬け3日後には 10^8 に急増する。

これに対してメーカーの量産品のpHや菌数はさまざまであり、一般家庭で作られたものと同様のものもあるが、中にはpHが6前後で、乳酸菌数が 10^5 程度のものなど発酵食品とはいえないものもあるらしい。これらの製品では保存性と風味付けのため、pH調整剤、日持ち向上剤などの添加物、酢酸、その他調味料が添加されている場合が多いようである。味は伝統的な製品より酸っぱみが少なく一般向けには受け入れられやすいようであるが、塩辛の項でも触れたように、その発酵食品の品質にとって欠かせない特色や発酵の機構、微生物の種類・役割などが未解明なまま、嗜好の変化や量産化などに迎合して製法を改変することには慎重でありたい。安易にそれをする、見かけだけ似ていて中身は別のものを作ることになりかねず、結果的に永年培われてきた伝統食品が失われることになるからである。

（東京水産大学食品生産学科教授 藤井建夫）

文献

- 1) 篠田 統：ずし，柴田書店，1966.
- 2) 藤井建夫：魚の発酵食品，成山堂書店，2000.
- 3) 藤井建夫：増補 塩辛・くさや・かつお節―水産発酵食品の製法と旨味，恒星社厚生閣，2001.

微生物制御技術発展の歴史

その2 微生物と人類との係わり

1. 自然環境での微生物の役割

人類の発生より遥か太古より存在する微生物は、地球の至るところに生棲し、その後発生した動植物と共存している。太陽のエネルギーをうけて光合成を営む植物が繁茂し、動物はこれを食して殖えているが、枯死した植物や動物の遺体や排泄物は微生物の力により分解されて土に還元されて行く。この土中での分解物は再び植物の栄養素となって吸収される。自然界ではこのように植物は生産者として、動物は消費者、微生物は分解者として働き、ここに図1に示したように地球上での生態系が形成されている。

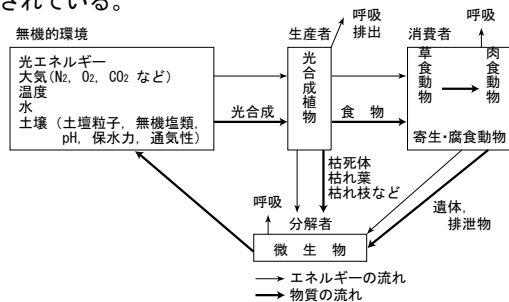


図1 生態系と環境

人類は原始の時代より雑食性であって、動植物体を食として利用し、微生物も特定のものは自然発酵の形で利用して来た。

2. 食の加工への微生物の利用

原始人類の時代より利用する食材には常に微生物が付着しており、何らかの影響を及ぼしていたと考えられる。山野に自生する果実、特に水分の多いブドウなどでは、そのまま容器に入れておくと表面に付着する酵母が働いて糖分をアルコールに変化させることになる。特に乳酸菌などにより酸性となると他の細菌の影響が抑制され、酵母の働きが十分に行われることとなり、ここにワインが出来ることとなる。これがワインの発祥であって数千年以前から原始人類は飲用していたであろう。猿でさえ岩のくぼみにたまった果汁より猿酒を得ていたともいわれている。

一方遊牧民の主要食材は牛、羊、山羊、ラクダの乳であって、これを放置すると酸が生成されて酸乳となる。牛の場合、既に採乳の際、1p当り数百の細菌が存在しており、乳酸菌が優勢な場合が多く、これによって腐敗が防止され、乳タンパク質が凝固してカードが生成される。人類はこの酸乳をヨーグルトとして飲用し、カードは分離採取してチーズを製した。チーズは既に8000年前にイラン、イラクで作られており、これがヨーロッパに伝わったといわれている。

原始人類は既に中、新石器時代（縄文、弥生時代、1万2000年から1000年BC）より自然食を利用していたが、農耕、牧畜を開始することより食材が豊富となり、道具や容器類が精巧化して調理法も多様化した。ワイン、ヨーグルト、チーズのような自然発酵食の外に、大麦、小麦、米、豆などの穀類や獣鳥肉、魚介類などを活用するようになった。その結果ビール、米酒、味噌、醤油、漬物、塩辛などの微生物の働きを利用する食物が生れた。

ビールはワインより澱粉の糖化という工程が入るが、

紀元前数千年前バビロンではすでにつくられていたことが遺跡の発掘で明らかになっているし、2225年BC（ハムラビ王朝時代）に大規模の醸造所が建設され、ビールが酒場で販売されており、それに対する取締法規さえ公布されていた。

古代エジプトやギリシアの科学者、哲学者達は蒸溜について知っていたといわれているが、蒸溜酒をつくるまでに至らなかった。10世紀頃アラビアの錬金術士が蒸溜によってアルコールを得ている。ワイン、ビールを蒸溜して得られる高濃度のアルコールを含む蒸溜酒をアラビア人は「生命の水」と称していた。ブランデーは1630年コニャック地方でワインよりつくられ、ウイスキーは11～12世紀にアイルランド人がその前身をつくり、これが15世紀頃スコットランドに伝えられた。我が国の米酒は2千2,3百年前に渡来した稲の種子を蒸し、これを口で嚙んで（かます）つくられたとされている。

味噌は中国の後魏の時代（593年）に中国農業技術書の齊民要術に醤と豉の製法が記載されている。我が国の大宝令（701年）の大膳職には醤、豉、未醤の記載があり、未醤が味噌の元祖といわれている。醤油は味噌に類するが、たれ汁を分離して調味料とするようになったもので、1489年四条流包丁問書にたれみそ、薄だれとしているし、1597年易林木節用集で醤油の文字が使用されている。

豆腐は淮南王劉安（179～122年BC）によってつくられたものであるが、乳腐は豆腐にかびを発育させたものを酒、味噌、醤油のそろみにつけて熟成させたもので1500年前の魏の末葉の頃につくられ、我が国では国記本尊細目（1590年）で乳餅と称している。

漬物は野菜を海水に漬けることから始ったとされているが、その原形は大和朝廷時代にあったとされている乳酸発酵食品である。塩辛、しびしお、肉醬、しおじるなども平安時代（794～1185年）にあり、何れも塩とともに微生物が主要な役割を果たしている食品である。

3. 微生物による侵害

微生物は上記のように人類の食の調理、保存に貢献してきたが、これらの自然発酵が常に意のままに進行したとはいえず、変敗、腐敗の起ることを日々経験したであろうし、更に農畜水産食材自体の腐敗や人類、家畜、作物の疾病にも直面したであろう。人類はこれらのことに対する防止法も考えたといえる。例えば聖書に清潔についての戒告があるし、アレキサンダー大王は軍隊の飲料水を沸騰して用いているし、糞を地中に埋めるようにしている。また橋の建設材にオリブ油を塗布して長持ちさせている。これらの事実より古来から微生物による侵害を知っていたと考えられる。

人類はこれら微生物による防止法を長年にわたって試行錯誤を繰り返して、その経験を積み重ねてきた。その結果、微生物侵害の実体が明らかになり始めたのは16世紀以降である。

Giralamo Fracastoro（イタリー、1478～1553）はPadua大学でCopernicusの級友であるが、彼はContajonの伝染のタイプを3つに分けると共に牛乳や肉の腐敗と区別して定義している。Robert Boyle（1668）は発酵と疾病の関連を考察し、発酵の原因の発見は疾病解明に導くと予言している。Benjamin Franklinの友人である医師Sir John Pringle（英）は伝染病と腐敗との関係に興味をもち、卵黄の腐敗の伝染することを実証した（1750年）。さらに1770年に腐敗の防止の物質についての報告で、Antisepticという言葉

を使い、鹿角精（炭酸アンモニウム）を用い、生牛肉を室温で1年間貯蔵している。

植物病原についてはPir Antonio Micheli（1729、イタリア）は葉面や果実断面に糸状菌の発育することを認め、Tillet（仏、1775）は小麦の黒穂病の伝染すること、Isaac-Benedict Prevost（仏）も植物病原と微生物の関係を検討し、銅塩で黒穂病を防止できることを見出している。この外植物の病原の研究は多いが、人間の病気については未だ18世紀でも目覚めていない。

4. 微生物実体の把握への途

3に示したように微生物による侵害に対する防止法の工夫が先行したが、微生物自体の認識は遅れることとなった。

微小生物の実体はすでにA. Leeuwenhoek（1632～1723、オランダ）によって観察されているが、単細胞生命体と発酵、疾病との関連性は知っていない。カニヤール・ラ・トール（仏）は1835年に発酵のときの生きた生命体（酵母）、細胞の生命と発酵の関係について論じ、Jacob Henleも微生物と疾病の関係を示している。T. Schwan（独・1837）はカニヤール・ラ・トールの提案を立証した。すなわち酵母と発酵、発酵には生きた微生物が関与していると。キュツンイング（独）は酵母の正確な顕微鏡観察を行ない。アルコール発酵と酵母の増殖との関係を明らかにしている。併しこれらの研究には再現性に問題があるとされ、さらに当時化学の分野での権威者であるJ.J. Berzelius（スウェーデン）、ドイツのF. Wöhler、J. von Liebigにより批判される状況にあった。これらの化学者は発酵素という化学因子によるとする発酵の化学説を提出していた。しかしこれを実験によって裏付けはされなかった。

L. Pasteur（1822～1892）は生命体は生命体より発生、発酵現象は微小生命体の行う化学変化にもとづく現象であるとし、発酵の種々の種類は形態的に区別できる微生物によって相違するとして、酢酸発酵、乳酸発酵、アルコール発酵について研究した。その後Baefeld（1872）がかびの純粋分離を、Koch（1881）が細菌を、Hansen（1883）がビール酵母の純粋分離に成功している。Liebigの発酵の化学説に対してNageli（1879）の分子的物理説、Traubeの酵素説が発表されたが、1897年Buchner（独）がZymaseによるアルコールの生成を認め、無細胞発酵によるアルコールが生成されたことになり、これによって発酵の触媒説が提唱されることとなった。

以上の経緯から明らかなように、古代よりの自然発酵は微生物による細胞現象として確められ、それは酵素による触媒反応により進行すると認識された。20世紀に入ってこの分野の研究は急速に進み、図2、3に示した解糖機構、TCAサイクルなどの存在が明らかとなり、発酵生産物の生成機構が明らかとなった。

小規模の自然発酵による生産はこれらの研究と共に一大発酵産業を形成することとなり、古来よりの酒類、醸造食品の製造は近代化され、新に溶剤、抗生物質などの生理活性物質、有機酸、アミノ酸、核酸関連物質などの

工業生産が行われ、環境活化への利用（汚水、廃液処理）、バクテリアリーチングなどへと展開されて行った。表1には微生物による各種の侵害状況をまとめている。

（大阪大学名誉教授 芝崎 勲）

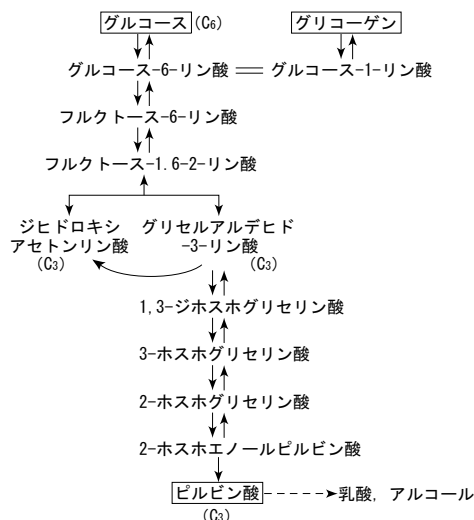


図2 Embden-Meyerhof-Parnas 経路（解糖機構）

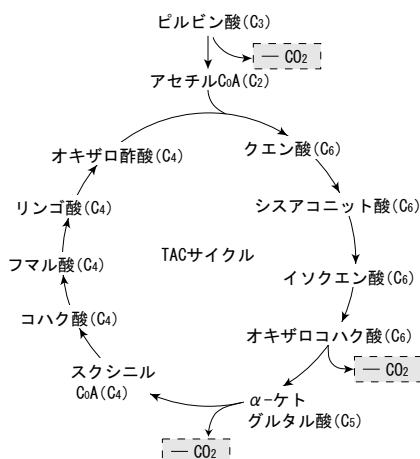


図3 クエン酸サイクル（TCA サイクル）

表1 微生物による侵害

工業分野	障 害	工業分野	障 害
衣料（繊維、被服）	変色、染色不均一、カビ臭、繊維の機械的特性的低下	金属材料（鉄、銅、アルミニウム）	腐食
食品（原料、加工品）	食中毒、腐敗、変敗	プラスチック材料	腐食、分解、強度低下
飼 料	カビ毒、腐敗、変敗	電気装置、部品	電気特性低下、変質、腐食
木材（材料、建築物）	腐朽、変色、強度低下	接着剤	腐敗、変質
塗料（製品、塗膜）	変色、分解、変質	切削油、金属加工油	変色、悪臭など品質劣化
皮革（製品、製造過程）	品質劣化	トランス絶縁油	特性劣化
医薬品	製品の変質、有効成分の活性低下、感染症の誘発	ノリ剤	粘度低下、性能低下
化粧品	変色、異臭、混濁、沈澱物、浮遊物、スライム生成	冷却水	材料の腐食、冷却効率低下
包装材料（アルミニウム箔、プラスチックフィルム、紙）	品質劣化	紙パルプ白水	紙切れ、品質低下
ゴム製品	スライム生成、損傷、断紙生成、操作性低下、パルプ着色、強度低下、商品価値低下	原料用水	製品の悪変
製紙		洗浄水	品質低下
		工業用水	沈積物生成、スライム生成、施設、装置の障害、腐食

アサマ化成株式会社

E-mail : asm@asama-chemical.co.jp
http://www.asama-chemical.co.jp

本社／〒103-0001
大阪営業所／〒532-0011
東京アサマ化成／〒103-0001
中部アサマ化成／〒453-0063
九州アサマ化成／〒811-1311
桜陽化成／〒006-1815

東京都中央区日本橋小伝馬町20-3 TEL (03) 3661-6282 FAX (03) 3661-6285
大阪市淀川区西中島5-6-13御幸ビル TEL (06) 6305-2854 FAX (06) 6305-2889
東京都中央区日本橋小伝馬町16-5 TEL (03) 3666-5841 FAX (03) 3667-6854
名古屋市市中村区東宿町2-28-1 TEL (052) 413-4020 FAX (052) 419-2830
福岡市南区横手2-32-11 TEL (092) 582-5295 FAX (092) 582-5304
札幌市手稲区前田五条9-8-18 TEL (011) 683-5052 FAX (011) 694-3061