

アサマNEWS

パートナー

2003-7 NO.95

食 品 衛 生 講 座

食品加工と微生物 その18 乳酸菌による魚の発酵食品（1）

ふなずしは魚のチーズ

ふなずしは、においが強烈という点でくさやと双壁をなす水産発酵食品である。くさやを東の横綱とすると、ふなずしは西の横綱、滋賀県の特産品で独特の強い臭いのする食べ物である。県外の人にはなじみが薄く、大津駅ですし弁当のつもりで買ってはみたが、あまりの異臭にびっくりして瀬田の鉄橋から棄ててしまったという笑い話や、みやげにもらったが腐っているといって返品されてきたというような話が昔はよくあったそうだ。ふなずしのような強いにおいのする食べ物は外国人には向かないと思われるが、意外にも外国人の方が同行の日本人よりも喜んで食べることが多い。味がチーズに似ているためらしく、彼らはたいてい“like cheese!”というのであった。

ふなずしは、東南アジア雲南地方の山岳盆地で魚の貯蔵法として生まれたものが、稲作とともにわが国に伝来したものといわれている。ただし小泉武夫先生（東京農大）の話では、内蒙古自治区のマンチョーリでは土を掘って、その中に刈り取った草や岩塩と一緒にダライ湖で獲れたカワカマスやコイ、フナなどの淡水魚を埋めて発酵させた馴れずしがあるとのことなので、馴れずしの起源を一つと考える方が良いかも知れない。

ふなずしはわが国に現存する馴れずしの中では最も古い形態を残しており、今日われわれが食べているすしの先祖と考えられている。今も琵琶湖周辺では自家用に作ったり、魚屋や漁師に漬け込んでもらったものを貯蔵している家庭も多い。

ご飯に塩蔵フナを漬ける

ふなずしは魚の貯蔵にご飯を用いるという点でかなり贅沢な製品である。平安時代には朝廷への御供物として、江戸時代には諸藩から将軍家への献上品としての記録が

多くみられる。また今も滋賀県の神社では神饌としてふなずしを供える風習が残っており、葵祭の際には坂本の日吉神社から京都の下鴨神社へふなずしを納める行列が出るという。一般の家庭でも正月や祝いの際に出されたり、お客さんのもてなし料理のひとつとして用いられることが多いようである。

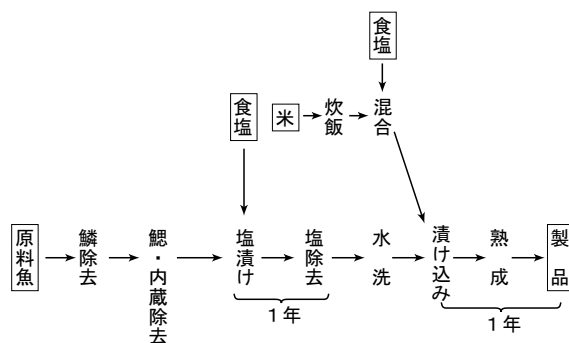


図1 ふなずしの製造工程

ふなずしの製造法の一例（図1）を示すと次の通りである。原料魚には雌のニゴロブナが用いられる。まず、包丁で鱗を取り除いたのち、えらを取り、そこから内臓を除去する。魚卵は体内に残したまま腹腔へ食塩を詰め込み、それを桶中に並べて食塩をかぶせ、何層にも重ねた状態で重石をして塩漬ける。約1年してから取り出し、塩を全部洗い出す。次に米飯に塩を混ぜ、卵を潰さないように注意して、えら穴から魚の内部へ詰めたのち、桶に米飯と魚を交互に漬け込む。重石をして2日後ぐらいに塩水を張り、この状態で約1年間熟成させる。

巧みな乳酸菌の利用

ふなずしの特徴は独特の風味にある。製品の分析例（表1）を示すと、pH3.7～3.8、水分64%、食塩2.3～3.8%、粗脂肪4.5%、粗タンパク質25%である。有機酸は乳酸（1.1%）のほか、ギ酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸などが検出される。

ふなずしの製造で最も重要な工程は米飯漬けであり、

表－１ ふなずしの成分

成分	報告者	黒田ほか（1954年）			藤井ほか（未発表）	
	部位	筋肉	卵巣	漬飯	筋肉	漬飯
pH		—	—	—	3.68	3.79
灰	分（％）	4.53	3.80	—	—	—
水	分（％）	63.89	61.20	68.39	—	—
食	塩（％）	2.27	—	—	3.49	3.75
粗	脂 肪（％）	4.50	4.68	0.34	—	—
粗	タンパク（％）	25.09	26.27	3.45	—	—
水	溶性窒素（％）	1.87	—	—	—	—
モノ	アミノ窒素（％）	0.35	—	—	—	—
揮	発性塩基窒素（％）	—	—	—	0.017	0.032
総	酸（％）	1.48	—	1.58	1.70	1.95
乳	酸（％）	1.10	—	—	1.06	1.35
酢	酸（％）	0.08	—	—	0.24	0.26

このあいだに特有の風味が生成される。この工程における生菌数とpHの変化は図2に示すように、漬け込み開始後すぐに各種微生物が増加、とくに乳酸菌の増加が著しい。この工程での風味づけは主として、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乳酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸などの有機酸やアルコールなどによるものである。

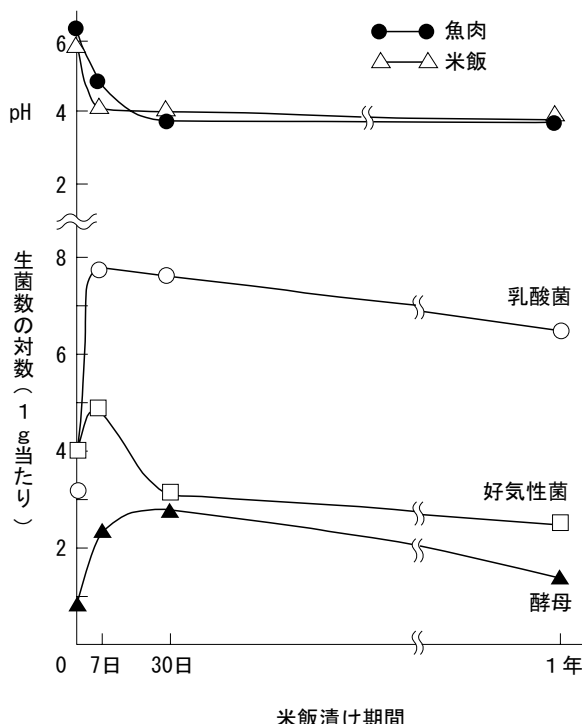


図2 ふなずしの米飯漬け工程中のpHと生菌数の変化
米飯漬け開始後すぐに乳酸菌が急増し、pHが4付近まで低下するため好気性菌（腐敗細菌）の増殖が抑制される。

また生成された有機酸などの影響でpHが低下することにより、腐敗細菌やボツリヌス菌などの食中毒菌の増殖が抑制されるため、同時に保存性も付与されることになる。従ってよい製品を作るためには、漬け込み後に急速かつ十分に発酵を行わせることが重要であるので、漬け込みは通常土用に行われ、盛夏を越すようにしている。また、この発酵過程は嫌気性であるので、重石をして、さらに押し板の上を水で満たして気密を保つようにしている。これら微生物による発酵は強力で、漬け込み中の桶の重石が、夏には毎夜一個ずつくらの割合でずり落ちるそうである。

ふなずしの加工場を見学した際に白黒まだらの木の桶があった。百年近く使い古したので作り替えたものであるが、古い桶板と新しい板とを半々に使っているのだという。いっそすべて新しくした方が良さそうなものだが、そうするとよいすが出来ないのだという。古い桶板には有用菌が住み着いているのであろう。漬け込み時には前年の米飯を少し加えるが、これは普通の漬け物でも行われることで、有用菌の種付けをしているわけである。

望まれる琵琶湖の資源保護

ふなずしの原料となるニゴロブナ資源は近年急減しており、昭和40年には千トンあった漁獲量が、ここ数年は百数十トンにまで落ち込んでいる。そのため、ふなずしを作る家が昭和30年頃に比べ半減しているという。資源枯渇の原因を特定することは難しいが、琵琶湖周辺の内湖の埋め立てや湖岸堤の整備などにより、産卵場となる藻場が減少したことや、ブルーギルやブラックバスなどの外来種による捕食、さらに水質汚濁など自然環境の破壊によるところも大きい。

滋賀県水産試験場の藤原公一氏らの研究によると、貧酸素状態で他の魚が住み難いようなヨシ群集がフナの産卵や稚仔魚の生息場として役立っているという。ヨシ群集の奥部は溶存酸素の濃度が低い、ニゴロブナは貧酸素状態でも生活でき、むしろ餌となる動物性プランクトンが豊富であるので、餌を求めてそこに集まるらしい。しかもこのような貧酸素水域は他の魚種は忌避するので、ニゴロブナにとっては外敵が少なく、餌をめぐる競争相手も少ない環境でもあり、ここで1aぐらいに達するまで過ごす。その後ヨシ群集を離脱していくが、体長約40aになるまでその周辺水域に生息するらしい。

このようなことから、ニゴロブナの稚仔魚の育成のためには湖岸に奥行きのあるヨシ群集を確保してやることが重要であるといえる。どこの湖岸もきれいに整備してしまうというような従来型の環境保全事業では困るわけである。県では湖国の食文化を守るため、フナの稚魚の放流や湖辺のヨシ群集の保全事業に取り組みは始めている。

（東京水産大学食品生産学科教授 藤井建夫）

微生物制御技術発展の歴史

その1 食の保存技術の歩み

1. はじめに

食物史或は食の文化史の書物を繙くと、氷河期が終りに近づき気候が温暖になるにつれて、人類は洞窟生活を棄ることになり、旧石器時代より中石器時代に移るといわれている。この時期は1万年あまり前から7000年前迄を称しており、種々の石器や道具類が工夫され、食を得るため山野に草根木皮の採取、狩猟の外、水辺での漁撈にも利用されることとなる。前7000年以降から新石器時代になると農耕、牧畜が開始され、それ迄の自然物の採取にとどまらず、穀類の種子をまいて食の自給が開始され、余剰農産物を飼料とする家畜を飼うようになった。このようにして人類は飢えと寒さにおびやかされることなく、食の外衣服の材料も豊富となって、ここに人類の文化のきざしがあらわれてきた。

農耕、牧畜の開始とともに定住生活をするものが多くなり、旧石器時代の群という家族集団がその規模を拡大し、食料生産の増加とともに村落共同体からさらに都市への成立がなされたと考えられる。

以上のような経緯からみて、雑食性の人類の食の摂取はその種類が豊富となり、生食の外に各種の調理食が工夫され、多量の収穫物の保存のための工夫もなされたであらう。小集団より都市への拡大と共に分業が起り、食材の生産者と非生産者とに分かれることとなり、生産者よりの食材の供給にあたっては貯蔵とともに、食の保存性に配慮する必要が生じ、ここに食の保存技術が生まれたということになる。このための手段としては、土器などの容器の利用とともに乾燥、冷凍、燻煙、塩漬、自然醗酵などが工夫された。

穀類の種子は乾燥状態にあるのでそのまま貯蔵可能であるが、他のものは保存性が一般に悪いので、食材を戸内で炙って水分を除去するか戸外で日光と風の力に依存する天日乾燥が行われた。食材の天日乾燥は数千年後の現在でも行われている保存技術である。

2. 乾燥技術

食材の保存技術の内最も古いのは乾燥技術と考えられる。戸内で火に炙って放置して乾かす、屋外にひるがての天日乾燥するようになった。後者は天候に左右されるが、多量の処理が可能である。しかし乾燥により食材の新鮮さはなくなり、外観、食味の変化は避けることはできない（褐変など成分変化、香味変化、復水性の低下など）。しかし干し柿、干ぶどう、干し魚、海藻などは現在でも食材としての価値がある。

屋内で食材を火に炙って乾かすことより熱風を使って多量脱水するための工夫には長い年月が必要となった。その工夫は漸く18世紀頃に出現したようである。すなわち、Graefer（1780、英）は野菜の人工乾燥法の特許、Masson, Challete（1795、仏）の野菜の熱風乾燥をあげることができる。

水分の多い固形食品の大量乾燥技術としてYule（1845、英）のトンネル型乾燥機があり、Allen（1890、米）のOregon tunnel drier, Wiegard（1922）の熱風の一部循環方

式の採用による効率化がある。これらの技術は第一次世界大戦の前後より工学的、装置設計、建設関係の研究開発の進展をみて今日のトンネル型乾燥機への発展を示したことになる。

一方液状食品の保存性向上には粉末化と濃縮技術がある。粉末化技術としての噴霧乾燥装置の基礎となったのはLamant（1865）、Percy（1872、米）の特許である。Heusen（1889）は回転円盤式乾燥法を検討しているが、この方式がドイツのKrause式として利用された。1906年Robertstaf（1901）のアメリカ特許をもとにMerrell-Soule社が噴霧乾燥機プラントを成功させた。この方式はわが国にも輸入された。その後サイクロン型向流乾燥機並びに排風に伴って逃げる粉末の損失を防止するWet collectorと予備濃縮装置を備えたGray-Jensen乾燥機も広く採用された（1911）。Roger（1917、米）は箱型乾燥機を開発し、4ヶ所の噴霧ノズルを備えつけていたが、その後処理プロセスや設計に改良が加えられている。以上のように噴霧乾燥は開発されてきたが、ノズル方式は主としてアメリカで研究開発され、回転円盤式はヨーロッパで多く開発が行われた。わが国では大正末期よりこれらの装置が輸入されると共に乾燥に関する研究、装置の国産化も進んだ。

ドイツで褐炭などの粉碎ミル処理後の乾燥に利用されていた気流乾燥機が澱粉乳などの乾燥に利用されるようになったが、更に粉乳の溶解性の向上のためPeebles（1937）によって粉乳に水分を付加して造粒したものを気流乾燥するBlau-knox型やCherry-Burrell型の所謂Instantizerが開発された。

Cosler（1955）は抽出コーヒー、ゼラチンなどの乾燥に遠心薄膜乾燥機を利用しているし、果汁の粉末化に泡沫乾燥機がMorgan, Ginnette, Grahumら（1959）により開発された。

3. 低温処理技術

氷河時代は勿論のことその後も冬期には戸外での食材の貯蔵が行われたり、また戸外に容器に入れておいた液状食材で水分が氷晶となり濃縮されることも見出されたであらう。しかし乾燥のように年間を通じて利用することは不可能であった。たとえ冬期に氷や雪を氷室に貯蔵しておいたとしても。

低温を利用する濃縮や乾燥技術には冷凍装置の出現をまたねばならない。凍結濃縮、凍結乾燥技術の発展の歴史は表1にまとめてみた。表より明らかなようにアンモニア冷凍装置の開発はLinde（1873、独）に始まる。これによって魚類、食肉類の冷凍輸送、果汁の凍結濃縮、凍結乾燥が行われるようになった。更にコールドチェーンの確立により冷蔵、冷凍食品が普及することになる。

表1 冷凍技術の応用

1861年	Piper（米）断熱箱中で氷-食塩を用いた魚類凍結（特許）
1865年	Robbinson（米）食鳥の凍結、アメリカでの魚凍結事業化
1868年	Tellier（仏）牛肉の冷蔵研究
1870年	凍結食鳥の海上輸送
1873年	Linde（独）圧縮式アンモニア冷凍装置の開発
1874～76年	Linde（独）、Boyle（米）、Pictet（スイス）冷却用コンデンサーの開発

1877年	Pictet (仏) 空気の液化
1877～78年	牛肉、羊肉の冷凍輸送 (アルゼンチンからフランスへ) アンモニアガス吸収式冷凍機設備船による羊肉の輸送
1880年	アンモニア冷凍機による魚の凍結 (米)
1889年	液卵の凍結 (米)
1895年	Linde (独) 空気液化装置
1905年	果実類の凍結
1906年	Montt (伊) 果汁の冷凍濃縮
1909年	Shackell 凍結乾燥 (細菌、血清保存)
1911年	Jackson (米) 冷凍濃縮
	Ottesen (デンマーク) 魚の浸漬凍結
	Harris及びSchackell 凍結乾燥
1920年	葛原猪平、冷凍魚の生産 (北海道、宮城県)
1923年	ブライン噴霧式凍結 (テイラー)
1926年	プレート式冷凍機による急速凍結 (Birdseyeら)
1929年	野菜の凍結 (Birdseye)
1933年	ブラインスプレー式による急速凍結の実用化
1935年	Elserによるコールドトラップの使用による凍結乾燥の効率化
	Flosdorfの凍結乾燥の研究
1940～41年	Krause, Linde-krause凍結濃縮における氷晶分離
1945、47年	インスタントコーヒー製造への凍結乾燥の利用
1953年	Reid 逆浸透圧法による脱塩
1956～58年	General food社 凍結乾燥と凍結粉碎法の組み合わせの特許
1960年	Loeb及びSourirajan酢酸セルロース製半透膜の製造

4. 高温処理技術

火を人類が知ったのは、火山流、落雷による火災、木と木の摩擦による発火などによるものと想像されるが、火には保温、照明の外に食材の加工に利用できることも知った。その結果摩擦法と打撃法による発火法を考え、焼く、煮る、蒸す、炙る方法で食の調理を行った。このような火によっては乾燥などより長く保存性を保つことはできなかった。容器に食材を詰めて長期の保存食を製出する技術はやはり17～18世紀になってからである。

Joblet (1718) は干し草浸出液を100℃、15分加熱して密封しているし、Spallanzani (1768) は肉エキスなどの食材を瓶の中で1時間加熱して密封すると、数週間腐敗しないことを見出し、この際容器内の空気も殺菌しなければならないと説いている。これによって熱殺菌によって長期保存性の食材の得られる可能性のあることが示されたことになる。しかし実際にはN.F.Appert (1750～1841、仏) の出現をまたねばならない。彼は広口瓶に予め調理した食材を充填してコルク栓をゆるくはめ、湯煎鍋に入れて沸騰温度で30～60分処理後にコルク栓で密封する方法をとった。このような方法によって50種類にも及ぶ食品の加熱処理を試み、1801年に“The art of preserving animal and vegetable substances for many years”と題する論文を発表した。この論文は同年10月にドイツ語に、1812年に英訳された。この方法をフランス政府は軍隊食への利用の可能性を認め、1810年1月30日皇帝ナポレオンより賞金12000フランが授与された。

その後の容器包装加熱処理技術の開発経過は表2にま

とめた。容器材料としてはブリキ缶が主となったが、その後アルミニウム缶、表面処理鋼缶、レトルトパウチの利用へと進展したことになる。

表2 容器包装加熱食品開発

1801年	Appert (仏) 広口ガラス瓶の利用
1810年	Duran (英) ガラス、つぼ、ブリキその他の金属容器の利用
1813～18年	Hall及びDonkin (英) 軍隊食としての缶詰納入
1815～19年	Kotzebue, Parry 極地携帯食としての缶詰利用
1819年	Dagett, Kenskt (英) 水産物缶詰製造
1821年	Underwood (英) ボストンで缶詰製造
1840～56年	米国各地で缶詰の工業製産
1847年	Tailor 打抜缶の発明
1849年	Evans 蓋、底板打抜機発明
1852年	Stevenson 蓋、底、ロウ付器考案
1877年	缶胴接合機械の考案
1869～77年	日本で種々の缶詰食品の試作
1890年	缶詰製造と製缶業の分離、自動製缶機械の開発 (米)
1899年	A.Ams及びC.Ams (米) サニタリー缶の完成
	らせん式振動加圧殺菌装置 (FMC Corp, Stokely Van Corp)
1901年	American Can Co創立、サニタリー缶供給
1907年	National Canners Association 組織化 (米)
1913年	同上付属研究所設立
1917年	製缶の分業化、缶型標準化連続製缶技術の導入 (日)
	回転式レトルトの開発 (仏)、無菌包装の概念 (米)
1920年	VHTプロセスの開発
1923年	ブリキの国産化 (日)
1930年	Ball (米) HCF法
1935年	天地方向、軸方向での缶の振動方式 (Continental Can Co) フレート式熱交換機
1940年	薄膜降下式殺菌装置
	レトルトパウチ食品の研究 (米)
1947年	ロートマット殺菌機の開発
1947年	静水圧連続殺菌装置
1950年	各種プラスチック材の開発
1952年	回転式表面かき取式熱交換機、スミス・ポール無菌充填法
1954年	マーチン・ドール無菌缶詰法
	レトルトパウチ食品の生産販売 (スウェーデン)
1955年	Nelson及びStainberg (米) ポリエステルなどのレトルトパウチ研究
1957年	協同乳業テトラパック方式輸入 (普及せず)
1961年	テトラパック方式の普及
	錫メッキなしの鋼缶の製造 (日)
1963年	アルミニウム合金缶材でEasy open end製造 (Alcoa社、米)
1967年	火炎殺菌装置、ハイドロロック連続殺菌装置 (ACB社)
1968年	レトルトパウチ食品の大量生産 (日)
1970年	Form-fill-real方式の開発
1973年	Bag-in boxの開発
1974年	魚肉ソーセージ、畜肉ソーセージ、ハンバーグなどのレトルト化 (日)
1980年	電気抵抗加熱殺菌装置の開発
1982～90年	マイクロ波加熱殺菌装置の開発

5. むすび

以上人類の食文化史の黎明期よりの食材の保存技術としての乾燥、冷凍、濃縮、容器詰の技術の発展の経過を概説した。何れの技術も18世紀以降急激な進展をしたことになる。(大阪大学名誉教授 芝崎 勲)

アサマ化成株式会社

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

本社 東京 千代田区 103-0001
大阪営業所 大阪 大阪市 532-0011
東京アサマ化成 東京 東京都中央区 103-0001
中部アサマ化成 愛知 名古屋市中村区 453-0063
九州アサマ化成 福岡 福岡市南区 811-1311
桜陽化成 徳島 徳島市 2006-1815

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