

アサマ NEWS

パート

2024-7 No.221

食品の微生物変敗と 防止技術

(60) 豚丼の微生物変敗と制御

1. 豚丼の歴史と特徴

1. 1 豚丼の歴史

北海道の十勝地方は、明治時代末ごろから養豚業がはじまり、豚肉が食べ親しまれ、厚切りの豚肉を砂糖醤油で味付けしたタレでからめ、飯の上に乗せた豚丼は帯広市の名物料理となっている。1933年、十勝地方では養豚業が盛んに行われていたこともあって、豚肉は身近で手に入りやすかったので帯広の地で誕生した豚丼である。昭和初期に帯広市内の食堂で、炭火焼きした豚肉に蒲焼風のタレを使用した丼が豚丼と言われている。主に豚肉はロースやバラ肉を使用し、豚肉を焼いた後に砂糖、醤油のタレを絡めていき、白髪ネギ、グリーンピースを載せる。北海道の食品メーカーが「2（ぶた）・10（どん）」の語呂合わせから、2月10日を豚丼の日（日本記念日協会登録）と制定し、十勝の豚丼を味わう日、楽しむ日としてPRを行った¹⁾。豚丼が普及しているのは帯広が中心である。北海道でも豚肉に甘辛の醤油タレをからめて飯に乗せた豚丼は、昭和初期、帯広市の洋食調理人が完成させた。開拓時代、帯広市では寒さに強くてなんでも食べる豚が飼育されていた。豚肉の塊は雪の中に埋めて保存した。中国では、肉と言えば豚肉を指すほど食卓には欠かせない。日本で豚肉が、一般的に食べられるようになったのは明治時代中ごろで、昭和40年以降、品種改良が進み、広く食べられるようになった。

2003年はアメリカで狂牛病が問題となり牛肉が調達できなくなり、牛丼の代わりにとして豚丼が開発されたが牛丼の代用品としての豚丼は2009年にほとんどのメーカーが休止した。

1. 2 豚丼の特徴

豚丼は米食文化が生んだ日本独特の簡便食である。具材が汁を多く含むため飯はやや硬めである。生姜焼き丼、出汁で煮込んだオーソドックスな豚丼、甘辛いタレで焼いた帯広の豚丼等と種類が多い。肉に片栗粉をまぶし、柔らかくジューシーにし、肉のサツキが抑えられ、柔らかく仕上がる。タレが絡みやすくなる効果もあり、醤油2：味噌3で味が決まる。砂糖ではなく味噌を使うことでタレが多めになり、飯にしっかり染み渡る。

豚丼で薄切り肉を使う場合は、脂がほどよく入った肩ロース肉がよく、豚バラ肉は脂が多い分、加熱すると脂が溶けて身が縮まり目減りしやすい。牛丼に似せた代用品として販売開始された商品であったが、牛丼の再開後も豚丼を好む客層があり、牛丼より価格が安いことのほか、味があっさりしていて食べやすい。豚部分肉取引規格では豚肉には肩、ロース、ヒレ、バラ、モモ、の5つの部位がある。部分肉の各等級の重量範囲は、極上、上、中、並があり2023年1月1日より上限、下限を3kg引き上げた。

沖縄県に長寿が多いのは、豚肉や昆布、野菜を常食としているためであると言われている。豚の足や耳などを使用した沖縄料理は多彩である。豚肉を使用して食品を製造、加工又は調理する場合は、肉の中心部まで熱し、中心部温度が63℃で30分以上、もしくは75℃1分以上の加熱が食中毒防止には必要である。刃を用いてその原形を保ったまま筋および繊維を短く切断するテンダライズ処理、調味液に湿潤させるタンプリング処理した肉、結着肉、成形肉、ひき肉の病原微生物による汚染が内部に拡大する恐れのある肉については中心部の色が変色するまで加熱する。豚肉は、十分火を通さなければならず、肉の厚さと揚げ温度に注意し、肉が縮むと衣との間が離れやすくなるので、肉の筋繊維を数か所切っておく必要がある。肩ロースはコクと旨みがあり、ロースは脂肪が多くて柔らかく、ヒレは脂肪が少なく一番柔らかい。バラは三枚肉ともいわれ、脂肪が層になっている。一般的に、生後6～8ヶ月、体重90～100kgの豚をと殺する。良質の肉は淡赤色で、肉質のきめが細かく適度の粘りをもつものがよく、脂肪が黄色くなったり、赤みを帯びているものは好ましくない。肉色が濃すぎるものは老豚で、肉色の薄すぎるものは若く、肉質が水っぽく風味に欠ける。豚肉は主にロースとバラ肉を使用するが、豚肉を焼いた後、砂糖、醤油のタレをからめていき、トッピングの具材は白髪ネギが多いが、グリーンピースなどを載せる場合もある。薬味以外の具材はほとんど入っていない。

2. 豚丼の微生物変敗と制御

2. 1 豚丼の原材料の微生物

豚肉の病原菌は *Salmonella*、*Campylobacter jejuni* や *Hepatitis virus* などが付着している可能性があり、一般細菌はグラム陰性細菌の *Pseudomonas* や *Achromobacter* グラム陽性細菌の *Bacillus*、*Micrococcus*、*Aeromonas*、*Acinetobacter*、*Streptococcus*、*Leuconostoc*、*Lactobacillus*、*Enterococcus* が主である。豚丼の原材料の微生物を表1に示した。

表1 豚丼の原材料の微生物

原材料	微生物	特徴
豚肉	<i>Salmonella</i>	病原菌
	<i>Campylobacter jejuni</i>	病原菌
	<i>Hepatitis virus</i>	病原菌
	<i>Pseudomonas</i>	低温細菌
	<i>Achromobacter</i>	低温細菌
	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	ネト生成菌
	<i>Lactobacillus</i>	酸味
	<i>Streptococcus</i>	酸味
白髪ネギ	<i>Sclerotium cepivorum</i>	黒腐菌核菌
グリーンピース	<i>Bacillus</i>	ネト
	<i>Clostridium</i>	異臭

このため、豚肉や豚の内臓などの生食（レバ刺しなど）は、新鮮なものでもリスクは変わらず、食中毒などを起こ

す危険があるので、中心部まで十分に加熱して食べる。抵抗力の弱い乳幼児や妊婦、年寄りなどは、特に注意が必要である。

豚肉や内臓は加熱用として販売、提供することが必要で、いわゆるレバ刺しなどの提供はできない。

豚コレラはウイルスによる疾患で、急性、亜急性では肺炎を併発して呼吸器症状を呈するが、慢性では下痢と便秘を繰り返す、皮膚に湿疹や壊疽を認め、栄養が衰えた萎縮豚になる。2004年1月、韓国で552頭が豚コレラに感染したが、しかし豚コレラに感染した豚を食べても人体には影響がなかった。

豚肉や内臓を販売、提供する場合には、十分な加熱が必要である旨の情報を提供し、豚肉や内臓を使用して、食品を製造、加工又は調理する場合は、中心部の温度が63℃で30分間以上もしくは75℃で1分間以上など加熱する必要がある。

豚肉の解体処理工程における枝肉汚染の主な原因としては、糞便の付着および外皮との接触といった直接的な汚染および外皮によって汚染された機器や作業者の手指などを介した交差汚染がある。豚肉の微生物汚染と汚染細菌の影響を検討した結果、当初の分離菌の70%以上が*Flavobacterium*、*Achromobacter*、*Pseudomonas*などの細菌で構成され、貯蔵期間の経過に伴い、5℃貯蔵では*Pseudomonas*が増加し、7日目には分離菌の90%以上を占めた。これに対し、10℃貯蔵では*Pseudomonas*は45%にとどまった²⁾。*Pseudomonas*は水を介しての汚染であった。当初の低温細菌数は $1.0 \times 10^5 \sim 1.0 \times 10^6/g$ 、pHは6.25であったが、5℃貯蔵では7日目に $1.0 \times 10^8/g$ に達し、異臭の発生を認めたがpHの変化は認められなかった。これに対して10℃貯蔵では3日目に菌数は $1.0 \times 10^9/g$ 以上になり、肉眼的変化が認められた。なお、7日目にはpHは7.5以上に達した。解凍直後の豚肉の菌数はその60%が*Coliforms*であり、その他*Micrococcus*、*Pseudomonas*、*Achromobacter*などで構成されており、2℃貯蔵10日目、10℃貯蔵7日目に*Pseudomonas*が圧倒的優勢を示した³⁾。

白髪ネギの微生物は消費期限が過ぎると一般生菌数、大腸菌群ともに菌数の増加が見られ、特に消費期限を2日経過した後に菌数の増加が著しい。白髪ネギの部位別検査により、先端から末端に向けて汚染が増加し、末端部が最も菌数が多かった。先端で $1.0 \times 10^3 \sim 1.0 \times 10^4/g$ 、根本で $1.0 \times 10^6 \sim 1.0 \times 10^7/g$ であった。菌叢はほとんどが*Bacillus*と*Micrococcus*の細菌であり、カビはネギの黒腐菌核病*Sclerotium cepivorum*であり、本菌は感染が非常に強く圃場にネギがあると増殖を繰り返す。土壌中に生存した菌がネギに入り込む。エンドウは未熟の種子を食用する場合はグリーンピースと呼ばれ、豚丼に使用される。豆類には土壌由来の細菌やカビが付着している。豆類の水分は10.0~15.0%と比較的少ないため、付着する微生物も少ない ($1.6 \times 10^2 \sim 3.1 \times 10^3/g$)。しかし、耐熱性芽胞菌が必ず存在し、その付着量は貯蔵期間や品種によりやや異なるがおおむね豆類ではほぼ一定している。耐熱性芽胞菌の種類は*Bacillus*と*Clostridium*であるが、圧倒的に*Bacillus*が多い。この他に埃等の空中浮遊菌に由来する*Micrococcus*が検出される。貯蔵状態により菌数は著しく異なることが知られている⁴⁾。

豚は多くの場合、食中毒菌に感染しても、症状は示さず、また感染した食中毒菌は通常消化管内で生存増殖するだけで、豚の筋肉中の存在することはない。しかしE型肝炎ウイルスは、感染した豚の筋肉中や内臓にも存在する。養豚農場の段階で食中毒菌の保有率を下げることで食中毒の発生を防ぐことになる。牛や鶏から検出される株は*Campylobacter jejuni*が多く、豚から検出される株は*Campylobacter coli*である。食中毒の原因となる菌種の95~99%が*Campylobacter jejuni*であり、残りの数%が*Campylobacter coli*である。

2. 2 豚丼の微生物変敗

燻製豚肉の変敗過程は包装形態により著しく変化しない。5℃、48日保存した場合に真空包装では初発は*Favobacterium*、

Arthrobacterium、*Pseudomonas*、*Corynebacterium*で菌数 $1.0 \times 10^2/g$ 保存後 $1.0 \times 10^7/g$ となりほとんどが乳酸菌となる。炭酸ガス包装でも、窒素ガス包装でもすべてほぼ同じ結果となる。これは低温下で増殖する微生物は乳酸菌であることによる⁵⁾。焼き豚には古くから*Leuconostoc mesenteroides*によるネトが発生していた。その原因は焼き豚にはソルビン酸カリウムと亜硫酸が含まれているが、加熱不足の変敗であった。豚肉およびこれらの加工製品が*Leuconostoc mesenteroides*の生育により酸味、酸臭がすることがある。真空包装やガス置換包装と2~4℃の冷蔵保存を併用すると*Leuconostoc mesenteroides*が増殖して豚肉のネト、膨張、エタノール臭などの変敗の原因となっている⁶⁾。豚肉の微生物は原材料に由来する細菌によって構成されるが、副材料や低温保存により*Lactobacillus*、*Leuconostoc*、*Enterococcus*などの乳酸菌が主となる。ほとんどの場合、*Leuconostoc mesenteroides*が工場より二次汚染して有機酸やデキストランを生成したことによる。その原因はスモークハウスで蒸煮(規定63℃、30分)を行っていたが加熱不足である。豚丼の不快臭(ランシッド臭)は*Pseudomonas*や*Achromobacter*に起因する。

市販の豚生肉を10店舗よりおのおの5種類、総計50検体採取し、0℃、7℃、20℃、37℃で培養し細菌叢に調査した。その結果、各培養温度条件での細菌数は $1.0 \times 10^3 \sim 1.0 \times 10^8/g$ であった。0℃及び7℃培養で $1.0 \times 10^6/g$ 以上の細菌数を示す試料には*Pseudomonas*が多く認められた。37℃培養では全試料とも*Micrococcus*等のグラム陽性菌が多く検出された⁷⁾。また、豚丼の豚が糸を引き、ネバネバになる現象は*Bacillus subtilis*、*B.cereus*の耐熱性芽胞菌に由来する場合が多い。豚丼の微生物変敗を表2に示した。

表2 豚丼の微生物変敗

微生物	変敗現象
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	ネト及び酸味、酸臭
<i>Bacillus subtilis</i> 、 <i>B.cereus</i>	粘ちょう および異臭
<i>Campylobacter jejuni</i>	異臭および食中毒
<i>Micrococcus luteus</i>	異臭および黄色斑点
<i>Salmonella Enteritidis</i>	食中毒
<i>Enterococcus faecium</i>	酸味、酸臭
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	蛍光

2014年11月、鹿屋市内の飲食、畜産・食肉、観光分野の関係者が参加して、鹿屋豚バラ井研究会が発足した。鹿屋市の豚バラ井とは、鹿屋の地元畜産農家が育てた鹿屋産豚のバラ肉と、バラの町鹿屋のバラがコロボシ井の上で一つになった井である。豚丼の豚肉に起因する*Campylobacter*、*Bacillus*、*Micrococcus*による異臭変敗がある。

現在は以下の店舗がそれぞれの趣向を凝らした鹿屋豚バラ井を提供している。鹿屋豚バラ井の定義は、次の3つの条件を満たせばメニュー化することができる。鹿屋産の豚のバラ肉がメインの食材として使用されていること、鹿屋市の市花であるバラが井の中で、何らかの形で表現されている、または使用されていることおよび鹿屋に対する愛情が井の中に注がれていることである。鹿屋市内の店舗がそれぞれの趣向を凝らした豚バラ井を提供している。鹿屋で育った風味豊かな豚の分厚いバラ肉を、濃口醤油をベースにしたタレに漬け込み焼き上げることでジューシーな薫り高い豚バラ井に仕上げる事ができる。温泉卵との相性もよい。豚肉を消費すると体内で燃焼してリン酸、硫酸などの酸性物質が生成されるので野菜を使用する。キャベツ、タマネギ、ニンジン、ピーマンなどが豚肉と良く合う。

SPF (Specific Pathogen Free 特定病原菌不在) とは、無菌ではなく、豚の発育に大きな影響を及ぼす病気、オーエスキー病、トキソプラズマ感染症、マイコプラズマ性肺炎、萎縮性鼻炎にかかっていない健康豚であることが証明された豚のことで、ヒトの健康に影響を与える細菌やウイルスを全く保有していないことではない。

2. 3 豚丼の微生物変敗防止

豚を生で食べて *Salmonella* や *Campylobacter jejuni/coli* などの食中毒が発生している。豚丼の保存期間は保存方法や具材の種類、保存状態で異なってくるが、常温保存では2～3時間、冷蔵保存では1～2日、冷凍保存では1～2週間である。

過去において豚の肉や内臓が原因と考えられる食中毒が発生している。

豚は多くの場合、食中毒菌に感染しても、症状を示さず、感染した食中毒菌は通常消化管内で生存、増殖するだけで、健康な豚の筋肉中に存在することはない。*Hepatitis virus* (E型肝炎ウイルス) は、感染した豚の筋肉や内臓の内部にも存在する。

食中毒菌による豚肉の汚染は、食中毒菌に感染した豚の糞便が体表に付着し、と畜時に体表に付着していた食中毒菌が筋肉等に付着し、内臓摘出時に消化管が切れたり、食道や直腸の結さつが不十分で、食中毒菌を含む消化管内容物が漏出し、非汚染豚肉が汚染豚肉と接触することなどで生じるので豚丼においても感染することがある。これまでに *Salmonella*、*Campylobacter jejuni* 保有状況を調査した結果、*Salmonella* は0～2割の農場から、*Campylobacter jejuni* は6～10割の農場から分離された。

焼き豚には古くからネトが多く発生してきた。焼き豚にはソルビン酸カリウム、亜硝酸塩が含まれている。製造工程は肉解凍、整形、ピクル注入、タンプリング、焙焼、蒸煮、冷却、包装、再加熱、保管である。豚の *Salmonella* 陽性率が低い農場では、車両消毒の実施率が高いところである。また、更衣室やシャワー室といった衛生施設を設置している農場では *Salmonella* の陽性率が低い。E型肝炎ウイルスによるE型急性肝炎患者は発病2～8週間前に豚レバーを食べていた。加熱不足の豚レバーはやや味や臭いに変敗臭がするが、これを食べるとE型肝炎ウイルスに感染する。

63℃で30分間の条件で加熱すれば、熱に弱い食中毒菌や変敗細菌である乳酸菌の多くは死滅する。しかし *Enterococcus faecium* は耐熱性が高く、63℃で30分間処理で生残する。このため、本菌により豚丼が酸味、酸臭を呈したことがある。

食肉工場では油脂が多く床や壁に分散している。この油脂が微生物の汚染源である。豚肉加工工場の付着油脂を拭き取り、同時に生菌数を拭き取りキットで分析すると油脂の量に比例して生菌数が増加する。これは食肉工場には油脂を分解する *Pseudomonas fluorescens* が多いことによる。工場の床等に付着した油脂を *Pseudomonas fluorescens* が分解して環境が変化して、乳酸菌等の他の微生物が増殖する。その結果、これらの菌が食肉製品に二次汚染して製品を変敗させる。一般的に肉を扱っている工場では、現在では油脂が工場に分散している場合は少ないが昔は多くあり、製品の変敗の原因となっていた。本菌により豚丼に蛍光を呈したことがある。

豚肉を扱ったトンゲや箸、まな板や包丁などは、煮上がった豚丼やサラダを調理したときには使用しない。豚肉加工工場で検出される微生物は薬剤耐性菌が多い。このため、次亜塩素酸ナトリウム、エタノール、有機酸、ヨウ素製剤に耐性のある微生物が検出される場合が多い。特に多いのが *Lactobacillus*、*Leuconostoc mesenteroides* の乳酸菌である。

豚丼の変敗を検討すると、圧倒的に乳酸菌による異味、異臭が多い。従来の殺菌剤に対して抵抗力があるので、殺菌機構の異なるオゾンを用いて殺菌すると効果がある⁸⁾。

文献

- 1) 農林水産省：うちの郷土料理、北海道 豚丼、https://www.maff.go.jp/j/keikaku/syokubunka/k_ryouri/search_menu/menu/butadon_hokkaido.html
- 2) 小久保弥太郎、梅木富士郎、春田三佐夫：豚生肉を汚染する低温細菌に関する研究、食衛誌、12,164-169 (1971)
- 3) 小久保弥太郎：解凍豚肉を低温貯蔵した場合における細菌叢および肉質の変化、食衛誌、14,448-451 (1973)
- 4) 内藤茂三：豆類加工品の微生物変敗と制御、アサマパートナーニュースNo.173、1-3 (2016)

- 5) 内藤茂三：食肉および食肉製品の微生物汚染防止による腐敗、変敗防止、Sunatec E-male magazine 2013、6月号1-6 (2013)
- 6) 内藤茂三：乳酸菌による工場汚染と食品の変敗、Sunatec E-male magazine 2008、9月号1-5 (2008)
- 7) 砂川絃之、梅村康子、小笠原和夫 (1971)：市販豚肉の細菌叢について、北海道立衛生研究所報、21,129-134
- 8) 内藤茂三：『増補食品とオゾンの科学』、建帛社 (2018)
(内藤茂三 食品・微生物研究所)

ぬか漬け

ぬか漬けの歴史

江戸時代、江戸や京都、浪速(大坂)では市中に「香の酒屋」が軒を連ね、寺社の縁日では門前に地方の名産とともに季節の漬物が並び、人々が買い求めた。「ぬか漬け」が広く作られるようになったのは、江戸時代の元禄年間(1688-1704年)で、塩漬け、粕漬け、味噌漬け、醤油漬けといった漬物に比べて歴史は比較的浅い。

鎌倉時代に吉田兼好が書いた「徒然草」(1330年頃)には「後世を思わんものは、糞汰瓶(じんだがめ)一つ持つまじきものなり」という一文がある。「死後、救われようと願う者は、糞汰瓶一つ持つ必要は無い」と戒める意味で、糞汰とは醬(ひしお)と同様、もろみやぬか床、甘酒の素のようなものと思われる。糞汰を入れた瓶が、広く家庭で使われていたことが伺われる。

室町時代には、玄米を精米する道具である唐臼(からうす)が中国からもたらされた。白米は柔らかく香り高いことから「姫米」と呼ばれて珍重され、身分の高い公家や高級武士が食すようになった。庶民にとって精米後に残った米ぬかは貴重品で、食用にしたほか、銭湯では米ぬかを袋に詰めて湯船に浮かべて温まったり、石鹸代わりに使われた。一方、精進料理の材料として野菜の栽培も盛んになり、一般家庭でも家庭菜園を持って大根、キュウリ、茄子、茗荷、カブなどを作るようになった。この頃から、野草や山菜が中心だった漬物の材料に、野菜が増えるようになる。

江戸時代、食生活が裕福になると一般町民もこぞって白米を食べるようになり、精米過程で大量に出るぬかを使ったぬか漬けが家庭で作られるようになった。一度、ぬかに塩を入れて漬け床を作ると、何度でも続けて野菜を漬けられることが重宝がられ、人気広がった。江戸の麴町や麻布界隈には大きな漬物問屋が並び、店頭でぬか漬けも出現するようになった。漬物に関する書物も複数書かれた。中でも、江戸の漬物問屋小田原屋主人が書いた料理本「四季漬物塩嘉言」(1836年)には、「沢庵漬」「大坂切漬」「刻漬」「瓜奈良漬」など64種の作り方が紹介されている。「万家、ぬか味噌漬のあらざる所もなければ…」とあり、よくかき回して手入れすること、野菜を入れるたびに塩を少しずつ入れることなど、ぬか漬けのコツも記されている。

江戸で、足が痺れたり、むくんだりするいわゆる脚気が流行した。参勤交代による江戸暮らしで白米を食べる生活を壊し、国元に帰って玄米を食べる生活に戻ると症状が消えたことなどから「江戸患い」と呼ばれ、精米技術の広がりとともに浪速や京都にも拡大した。脚気は明治時代に1万人、大正時代には2万6,000人にも及び、長く風土病や伝染病のように考えられていたが、1910年に鈴木梅太郎がビタミンB1(オリザニン)を発見し、その不足が脚気の原因であることが判明した。玄米にはビタミンB1が含まれていることから玄米を食することで脚気が快癒したこともわかった。

明治初期から大都市近郊の農家では市民の需要に応じて、たくあん漬けや奈良漬けが農業の重要な副業になり、これらが正、昭和にかけて漬物製造業へと発展した。ところが、戦後の食料難時代に米不足のため小麦の輸入が増加してから麺食やパン食が急増するとともに食の欧米化に伴って、各家庭の台所にあったぬか床は急速に姿を消したが、さまざまな生活習慣病が増えている現在、栄養価が高く、野菜を効率良く摂れるぬか漬けが改めて注目されている。

ぬか漬けの科学

玄米を精米する過程で出る「ぬか」は、厳密に言うとなぬかの表面を覆っているぬか層と胚芽からなる。ぬか層にはビタミンB1、ミネラル、食物繊維、脂質などの栄養素が、胚芽にはビタミンEが含まれている。このぬかに塩と水を入れて混ぜ、「捨て野菜」を数日漬けることで基本的な「ぬか床」はでき上がる。

ぬか漬けは発酵により風味が醸成される^{1, 2)}。ぬか床の微生物学的研究の先駆者である今井正武氏の報告によるとぬか床の熟成中の菌叢変化は、最初Enterobacterを中心とするグラム陰性菌が優勢であるが、30日以内にLactobacillus plantarum (現 Lactiplantibacillus plantarum)、Pediococcus pentosaceus、Phalophilus (現 Tetragenococcus halophilus) が菌叢の大部分を占めるようになり、これらの微生物叢のバランスにより発酵が進行し、特有の風味が形成される³⁾。培地を用いた細菌学的検索では、釣菌数に限りがあることから、通常の方法では培養できない細菌が不検出となる可能性がある。したがって、ぬか床細菌叢をどこまで正確に把握できたのかは、多少疑問も残る。近年、次世代型シーケンサーといわれる高速DNA配列解析装置を使い、検体中の全細菌の16SrRNA遺伝子特定領域を増幅する細菌叢の一斉解析が可能になった。九州大学の坂本、中山らは細菌叢解析法により、北九州地域の熟成期間100年以上を経過した超熟成ぬか床4種類を含む16種類のぬか床から多くの菌種を検出している。なかでもLactobacillus属の占有率は平均87.5%であったことが報告されている⁴⁾。熟成期間が40~100年の超熟成ぬか床と1年ほどの比較的若いぬか床中のLactobacillus属の菌種を比較すると、若いぬか床ではLacetotoleransとL.namurensisが優占種であるが、超熟成ぬか床ではLacetotoleransのみが最優占種であったことを報告している。さらにぬか床専門店の熟成ぬか床の季節ごとの調査でも、いずれもLacetotoleransが優占種として検出されている。

ぬか床専門店の熟成ぬか床を「種ぬか」として添加してぬか床を作り、熟成中のぬか床の細菌叢を経時的に観察したところ、発酵開始時には、Acetobacter pasteurianusやCandidatus Liberibacter sp.など環境由来の菌種が優占種であるが、その後L.namurensisが増殖し、乳酸濃度も上昇した。その後はL.acetotoleransの緩やかな増殖が観察され、約2週間後には最優占菌になり、pHも4.8から4.4に低下したという。L.acetotolerans

とL.namurensisという二つの菌種による協調的乳酸発酵がぬか床菌叢の安定性に貢献している^{5, 6)}。ただし16種類のぬか床の中には、優勢菌種としてAcetobacter属菌やCorynebacterium属菌などが検出されるものもあり、熟成ぬか床の菌種の多様性を示す興味深い結果となっている⁴⁾。

ぬか床熟成中の細菌数は新成ぬか床 (熟成期間2か月) 1.6×10^8 (CFU/g)、新成ぬか床 (熟成期間6か月) 1.0×10^9 (CFU/g)、1年以上の熟成ぬか床で 2.2×10^8 (CFU/g)と大きな変化は認められず、菌叢解析ではLactobacillus属菌が新成ぬか床 (熟成期間2~6か月) ではほぼ100%、熟成ぬか床では94%を占めており⁷⁾、外観、香り、旨味、塩味、酸味などの官能評価では、熟成ぬか床で旨味が有意に高いことが報告されている⁷⁾。熟成ぬか床という環境はLactobacillus属乳酸菌に適しており、季節や使用する野菜の種類など外的要因の変化にも関わらず、比較的安定した細菌叢を保っていることがわかる。

ぬか漬けの風味形成には酵母も重要な役割を果たしている。ぬか床中の総酵母数は、熟成期間30日のぬか床で 1.2×10^6 (CFU/g)、60日で 5.9×10^7 (CFU/g)、90日で 1.2×10^6 (CFU/g)、それ以降は顕著な変化は認められなかった。また熟成ぬか床から分離した酵母のぬか床熟成香生成試験の結果Candida krusei、C.lipolytica、Torulopsis etchellsiiなどが熟成香類似のフレーバーを生成した⁸⁾。ぬか床の熟成には乳酸菌と酵母が主要な役割を果たすので、手入れとしては、これらの有用な微生物の増殖を促し、産膜酵母などの有害なものを防ぐことが重要となる⁹⁾。

こうしてできたぬか床に入れた野菜が「漬かる」には、浸透圧が関与する。野菜の細胞液の浸透圧は5~6気圧で、1%食塩水の約7気圧より低い。食塩により細胞液からの脱水が起こり、塩分が細胞内に浸透する。すると植物の細胞組織は原形質が分離し、細胞が死滅。細胞を取り囲んでいた繊維組織もたるみ、野菜が柔軟になり、たとえばパリのキュウリがしんなりした状態に変わる。これを「塩ごろし」という。塩ごろしした野菜は呼吸作用などが停止するので細胞中の含有成分は消費しない。細胞が死滅しても野菜自身が持っている酵素は残るため、自分の酵素で自らの生体成分を分解する自己消化現象が起こり、香りの成分であるエステルが醸成される。酵素群は、野菜や根茎の生臭みやエグミまで分解するので、漬物が美味しくなる。

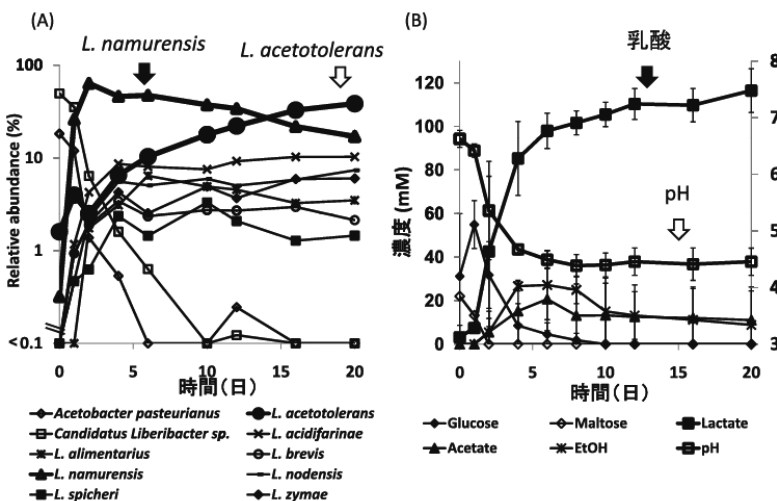


図 ぬか床生成における主な菌種および糖、乳酸、pH等の変遷
小野浩他：日本乳酸菌学会誌25 (1) p. 3-12 (2014)

参考資料

- 1) 小川敏男：『漬物製造学』、光琳 (1989)
- 2) 宮尾茂雄：『改訂版 漬物入門』、日本食糧新聞社 (2015)
- 3) 今井正武他：日本農芸化学会誌、57,1105-1112 (1983)
- 4) 坂本直茂他：生物工学会誌、89(8)、485-485 (2011)
- 5) 中山二郎他：日本生物工学会大会講演要旨集p.176、35-Cp02 (2013.8.25)
- 6) 小野浩他：日本乳酸菌学会誌25 (1) p. 3-12 (2014)
- 7) 船越淳子他：西南女学院大学紀要Vol.25、p.67-73 (2021)
- 8) 今井正武他：日本農芸化学会誌、58、454-551 (1984)
- 9) 下田敏子：『ぬか床づくり 200年続く伝統の味と発酵の技』、家の光協会 (2022)

(東京家政大学大学院 宮尾茂雄)

アサマ化成株式会社

E-mail : contact@asama-chemical.co.jp
https://www.asama-chemical.co.jp

●本社	社 / 〒103-0001	東京都中央区日本橋小伝馬町20-6	TEL (03)3661-6282	FAX (03)3661-6285
●大阪営業所	〒532-0011	大阪市淀川区西中島5-6-13 御幸ビル	TEL (06)6305-2854	FAX (06)6305-2889
●東京アサマ化成販売	〒103-0011	東京都中央区日本橋大伝馬町2-1	TEL (03)3666-5841	FAX (03)3667-6854
●中部アサマ化成販売	〒453-0063	大伝馬町番地ビル5階		
●九州アサマ化成販売	〒815-0031	名古屋市中区東宿町2-28-1	TEL (052)413-4020	FAX (052)419-2830
●桜陽化成	〒006-0815	福岡県福岡市南区清水1-16-11	TEL (092)408-4114	FAX (092)408-4350
		札幌市手稲区前田五条9-8-18	TEL (011)683-5052	FAX (011)694-3061