アサマ NEWS パートナー
2025-11 NO.229

食品の微生物変敗と防止技術

パスタの微生物変敗と制御（68）

1．パスタの文化

パスタとはイタリア語で広義には小麦粉を水で練った生地の練り物、練り粉で作られるものの総称で、その種類は数知れず、大別するとスパゲティをはじめとするロングパスタ、マカロニを始めとするショートパスタに分けられるが、長さや太さ、形の違いにより名称が異なる。イタリアのパスタは大きく分けて、乾燥パスタと生パスタの２種類がある。一般的にパスタと呼んでいるのは、乾燥パスタのことであるが、乾燥パスタより古くから生パスタがある。パスタの起源は諸説あるが、古代ローマ人は、プルテスと呼ばれる粥状のポレンタ式料理を食べていた。南イタリアのパスタはニンニクや赤唐辛子を添加したオリーブオイルのソースにトマトソースを加えたもので、パスタは乾燥パスタが主体である。北イタリアのパスタはほとんどが手打ち生パスタでオリーブオイルやバター、生クリームのソースなどが多い[1)]。パスタの起源はギリシャや中国など諸説があるが、一般には12世紀頃イタリア南部のカンパーニャ地方で作られたのが最初である。14世紀にはパスタの専門メーカーが現れ、16世紀には押出成型機が出現した。18世紀に始まる産業革命によって、それが人力、畜力が機械に置き換えられ、19世紀には乾燥機が発明されて、次第に装置産業の形態に変化していった。今世紀に入りパスタの連続式自動乾燥装置が完成して量産できるようになった。パスタの種類は非常に多く、大きく分けてロングパスタ、ショートパスタ、その他パスタの３種類に分類される。ロングパスタにはスパゲッティやカッペリーニ、ショートパスタにはマカロニやペンネ、その他パスタにはラザニアやニョッキなどがある。パスタはデュラム小麦のセモリナ粉に水だけを加えてペースト状に練り、圧縮して細い出口から射出成形させ、さらにそれを乾燥したものが乾燥パスタである。イタリアでは小麦粉は銀であるがセモリナ粉は金であると言われている[2)]。ロングパスタはスパゲッティがあり、最も一般的なパスタで、太さによって種類が分かれる。カペッリーニは非常に細いパスタで、冷製パスタやスープに使われる。リングイネは平打ちのパスタで、ソースがよく絡むのが特徴である。フェットチーネは幅広の平打ちパスタで、クリーム系のソースと相性が良い。

ショートパスタにはマカロニがあり筒状のパスタで、グラタンやサラダに使われる。ペンネは斜めにカットされた筒状のパスタで、ソースがよく絡むのが特徴である。

フジッリはらせん状のパスタで、ソースがよく絡むのが特徴である。ファルファッレは蝶ネクタイのような形をしたパスタで、サラダやスープに使われる。その他パスタではラザーニャがあり平たい板状のパスタで、重ねて焼く料理に使われる。ニョッキはジャガイモで作られた団子状のパスタで、ソースと絡めて食べる。その他にも、様々な形状や太さのパスタがあり、地方によって呼び名が異なる場合もある。現在のトウモロコシの粉で作るポレンタの祖先であるが、当時はまだトウコモロコシの粉はなかったので、小麦粉であった。石器や焼けた石で焼いた小麦粉の薄いものを食べ易いように細長く切り、それを野菜スープの中に入れて食べるラザーニャが考案された。これはイタリアに存在する調理法の考古学的な発見であり、歴史的文献として、紀元前から４世紀ころまで改訂が繰り返されてきたアオイーチュスという料理書がある。そこにはパスタ料理の原型と思われるこの調理法が紹介されている。スープに細長く切った焼きパスタを加える料理は、ラガナム、ラガーノと呼ばれるこの料理の語源は、ギリシャ語のラガノンで、古代ローマではラガナムと呼ばれていた。細切りパスタをゆでて、いろいろ調味して多趣のパスタが開発された。中世の初期には、パスタを延ばして細長く切る手間を省き、ドングリ大に切ったり、手でもぎったりもした。これが現在のニョッキのルーツと考えられる。ニヨッキは基本的には練粉を細長い棒状に加工成形したもので地方によりいろいろある。

2．パスタの製造

国産パスタはデュラム小麦のセモリナ100%が基本であり、パスタの原料はデュラム小麦と呼ばれる硬質小麦をセモリナ状に粗びきにしたものである。一般の白い色の小麦粉に対し、デュラム小麦のセモリナは鮮やかな黄色であり、日本で作られるパスタは基本的にはデュラム小麦のセモリナ100%が使用されている。

製品サイロから出てきたスパゲティはカッティング機で、およそ550mmのU字状のスパゲティのU型部と裾の部分を切り落とし、半分に切断した。その後、表面検査カメラや金属検出器などの機器を通過させ、更に安全性を確認し、包装室へ送り込まれる。パスタの製造技術は、大きく分けて生地作り、成形、乾燥の３つの工程に分けられる。デュラム小麦のセモリナ粉と水を練り合わせ、真空ミキサーなどで均一な生地を作り、ダイスと呼ばれる型を通して成形する。その後、乾燥工程を経て、パスタ製品となり、乾燥方法には、自然乾燥に近い低温乾燥や、大量生産に適した高温乾燥がある。

生地作りはデュラム小麦のセモリナ粉と水、場合によっては卵や塩を加えて練り合わせ、真空ミキサーやダブルミキサーで均一な生地を作る。生地を熟成させることで、モチモチとした食感や風味を高める。成形は生地をダイスと呼ばれる型に通して、様々な形状に成形しブロンズダイスを使用すると、パスタ表面に凹凸ができ、ソースが絡みやすくなる。テフロンダイスを使用すると、表面が滑らかなパスタに仕上がる。成形されたパスタを乾燥させ、水分を飛ばし、自然に近い温度で時間をかけて乾燥させることで、風味を損なわないパスタに仕上がる[3)]。高温で短時間で乾燥させる方法もある。生パスタは、乾燥パスタとは異なり、水分を含んだ状態で製造され、生パスタは、デュラム小麦の種類や配合を変えることで、様々な食感を生み出すことができる。パスタの製造工程では、品質を安定させるために、様々な検査が行われる。生地の練り方は均一で密度の高い生地を作ることで、食感が向上する。成形方法はダイ

スの種類や成形時の圧力によって、パスタの食感や表面の状態が変化する。生パスタを作る時に基本的で大切な作業の１つは材料を捏ねてパスタを作ることで、捏ね方は粉の種類や配合などが異なっても基本的には変化することはない。材料を１つに手早くまとめ、最初はしっかりした手のひらの付け根あたりで或る程度まとまったら押し転がすように練り、生地を練る時は常に衛生的に行う。生パスタのモチモチ感や弾力、コシが重要であるので生地を叩き付けたり、引き延ばしながら捏ねるとグルテンの繋がりが壊れて生地がだれてしまう。生パスタのゆで方は、湯を沸騰させてから生パスタを入れ沸騰している状態を保ち、塩を入れる。ゆでる時に塩を入れるとパスタが引き締まる。乾燥方法によって、パスタの風味や食感が大きく変化する。また、パスタはゆでる時に塩を入れてゆでるがこれはパスタに塩味をつけるためである。ソースばかりが塩辛くてもおいしくないからである。パスタとソースの塩のバランスが重要である。ソースに塩気がある時はパスタの塩は通常どおり良いが、ソースに塩気がない時はパスタに多くの塩を入れる。スパゲティは100～105kg/cm^{2}で押出成型後、ステッキにかけ温度50～60℃のトンネル乾燥機で40～50℃で予備乾燥し水分30%から20%まで乾燥後、75℃のチラー・エレベーター内で30分間保持し、製品水分の分散均質化を図り、その後ステッキにかけたまま40～50℃のトンネル乾燥機で27時間かけて水分13%に乾燥する[3)]。その後長さ255mmに切断し、細い方からカッペリーニ、フェデリー、ベルミチェリースパゲティ、スパゲトーニと言われる。

３.パスタの微生物変敗

パスタの微生物変敗は、主に乳酸菌や酵母、カビなどが原因で起こる。特に、生パスタは水分活性が高く、保存性が低いため、微生物による変敗が起こり易い。変敗の主な原因菌は、乳酸菌で、増殖が速く、低温でも生育するため、食品業界で問題となっている。パスタの微生物変敗を**表**に示した。

表　パスタの微生物変敗

変敗現象	原因微生物
エタノール臭	*Sccharomyces cerevisiae, Lactobacillus plantarum*
シンナー臭	*Wickerhamomyces anomalus*
黒色のカビ	*Cladosporium cladosporioides, Aspergillus brasiliensis*
餡緑色のカビ	*Cladosporium herbarum*
緑色のカビ	*Penicillium expansum*
表面ねんちょう	*Bacillus subtilis, B.licheniformis*
包装袋膨張	*B.subtilis, L.fructivorans, S.cerevisiae*
軟化	*B.subtilis, Paenibacillus polymyxa*
酸味酸臭	*L.fructivorans, Leuconostoc mesenteroides*
食中毒	*B.cereus, Norovirus, Stapylococcus aureus*
カビ毒	*A.flavus, A.parasiticus, Fusarium graminearum*
白斑点	*Kulyveromyces marxianus, L.fructivorans, S.cerevisiae*

乳酸菌や酵母は生パスタで増殖しやすく、エタノール臭や容器の膨張、酸敗などを引き起こす。特に、*Lactobacillus*、*Enterococcus*、*Lactococcus*、*Leuconostoc*、*Pediococcus Saccharomyces*が知られている。低温で増殖する酵母も、パスタの変敗に関与することがある。カビはパスタの表面に発生し、変色や異臭の原因となる。食品工場では、床や器具、装置の洗浄、殺菌を徹底し、微生物の増殖を抑える必要があり、特に、乳酸菌は工場内の床や側溝に存在しやすい。小麦粉にオゾン処理を施すことで、初期の微生物を減らし、乳酸菌の増殖を抑制できる[4)]。パスタを冷蔵や冷凍で保存することで、微生物の増殖を抑制が可能となる。パスタのpHを調整することで、微生物の生育を抑制でき、一般的に、pH5.0以下で多くの微生物の生育が停止する。水分活性を低下させることで、微生物の増殖を抑制できる。変敗微生物により酸敗臭、変敗臭など、様々な異臭が発生する。粘りが出たり、硬くなったり、柔らかくなったりする。また、色が変わったり、カビが生えたりして、酸味が増したり、苦味が出たりする。生パスタやレトルトパスタで、容器が膨張することがある。パスタの微生物変敗を防ぐためには、製造工程から保存までの衛生管理を徹底し、適切な温度管理を行うことが重要である。トウモロコシの粉から作られるボレンタは、カビ毒（マイコトキシン）で汚染される可能性があり、特に、フモニシンなどのカビ毒はトウモロコシに発生しやすく、収穫後や保存状態が悪いと増加することがある。

*Aspergillus flavus, A.parasiticus, Fusarium graminearum, F.verticillioides*のカビである。

トウモロコシには、フモニシン、アフラトキシン、ゼアラレノン、デオキシニバレノールなど、様々なカビ毒が発生する可能性がある。特にトウモロコシに多く見られ、フモニシンB_1は毒性が高い。

ボレンタを作る際には、カビが生えていないか、異臭がないかなどを確認し、少しでも異臭があれば使用を避けるべきある。保存状態が悪いとカビ毒の発生リスクが高まるため、乾燥した場所で密閉容器に入れて保存する。トウモロコシの粉から作られるボレンタは、カビ毒による汚染のリスクがあるため、カビの発生や異臭に注意し、適切な保存方法で管理する。2008年、ブリュッセルに住む１人の20才の青年は、週末に１週間分の食事を準備することを習慣にしていた。ある日曜日、いつもどおり１週間分の食事をつくり、食品容器に入れて保存した。キッチンのカウンターに置いたままにしていた。この男性は常温に５日間放置されたトマトソースのスパゲティを食べ、食後30分以内に頭痛、腹痛、吐気訴え、数時間にわたって大量に嘔吐し、下痢をし、スパゲティを食べて10時間後に死亡した。報告書によると、常温保存で５日も経ったスパゲティを食べてしまった彼はいつもと味が違うと感じたそうだが、スパゲティに新しいブランドのソースを使ったため料理に異変が起きていると思わず、そのまま食べ続けた。

彼が食べたパスタの残りは食品感染研究所に送られ、解析された。その結果、大量の*Bacillus cereus*が検出された[5)]。この報告書はいくつかの重要な所見があり、炎症徴候を伴わない中程度の中心小葉肝壊死と胆汁うっ滞、急性心不全によるものと思われる肺の著しい血管うっ血、保存状態の良いゾーンと交互に現れる結腸粘膜と粘膜下層の著しい壊死、侵襲性細菌障害は認められない混在した腸内細菌叢などである。さらに５つの糞便スワブのうち２つから*B.cereus*が検出された。この報告書からは*B.cereus*が原因であると推測したが、断定はできなかった。本症例は、嘔吐および下痢症候群の重症度と調理済み食品の適切な冷蔵保存の重要性を示している。

４.パスタの微生物変敗制御

パスタをゆでる際には、中心部まで十分に加熱することで、微生物を死滅させることができる。調理器具やマナ板なども清潔に保ち、二次汚染を防ぐことが大切である。調理後のパスタは、冷蔵または冷凍で保存することで、微生物の増殖を抑制できる。冷蔵の場合は、低温で保存し、冷凍の場合は、-18℃以下で保存し、解凍後も速やかに消費する。パスタソースなど、他の食材との組み合わせにも注意が必要である。食材によっては、微生物の増殖を促進するものもあるため、組み合わせを考慮する必要がある。また、パスタの保存容器も清潔なものを使用し、密閉性を高めることで、外部からの汚染を防ぐことができる。パスタの変敗に関わる微生物は、主に細菌、酵母、カビなどであり、これらの微生物は、パスタに含まれる炭水化物やタンパク質などを分解し、風味の悪化や糸引き、異臭などの原因となる。パスタが軟化し糸を引くようになった場合は、微生物の増殖が進行している可能性が高い。異臭がする場合は、乳酸菌による変敗が進んでいる可能性が高く、カビが発生している場合は、明らかに変敗している。

パスタの変敗は、見た目や臭いで判断できる場合もあるが、目に見えない微生物が活動している可能性もある。パスタの一般的な微生物制御は、食品衛生の観点から重要であり、パスタは、オゾン、水分活性やpH、温度などの要因を管理することで、微生物の増殖を抑制できる[4)]。具体的には、加熱殺菌、適切な温度での保存、pH調整、水分活性のコントロールなどが挙げられる。パスタを調理する際に、十分な加熱を行うことで、微生物を死滅させることができ

る。特に、中心部までしっかりと加熱することが重要である。

冷蔵保存はパスタを５℃以下で保存することで、微生物の増殖を抑制でき、冷凍保存は、微生物の増殖をさらに効果的に抑制できる。発酵は、乳酸菌などを利用して、pHを下げ、他の微生物の増殖を抑制する。酢やレモン果汁などの酸味料を添加することで、pHを下げることができる。水分活性を低く保つことで、微生物の増殖を抑制できまる。乾燥パスタは、水分活性が低いため、比較的長期間保存できる。調理器具の洗浄・殺菌は調理器具を清潔に保ち、定期的に洗浄・殺菌することで、微生物の二次汚染を防ぐ。手指の洗浄・消毒により調理する人の手指を清潔に保つことで、微生物の拡散を防ぐ。食品の適切な取り扱いは調理後のパスタは、速やかに適切な温度で保存することが重要である。複数の微生物制御方法を組み合わせることで、相乗的な効果が期待でき、例えば、加熱とpH調整、水分活性のコントロールなどを組み合わせることで、より効果的に微生物の増殖を抑制できる。

文献
1）長本和子：ホンカクパスタでおもてなし、成美堂出版（2000）
2）有尾素子：パスタの本、東京書籍出版（2021）
3）吉田輝男：『食品加工プロセス』、工業調査会（1997）
4）内藤茂三：『増補食品とオゾンの科学』、建帛社（2018）
5）Naranjo, M,Denayer, S, Batteldounm, N: Suden death of yang adult associated with Bacillus cereus food poisoning, J.clin, Microbil, 49, 4379-4381（2011）

（内藤茂三　食品・微生物研究所）

キャベツと漬物

キャベツ（*Brassica oleracea*）

キャベツはアブラナ科葉菜類の一年草で、4000年以上前から栽培されている[1]。原種は、ヤセイカンラン（*B.oleracea*）といわれ、ケール、ブロッコリー、カリフラワー、コールラビ、ハボタンなどと共通の祖先であり、地中海沿岸から、北海、大西洋沿岸に分布する[2]。寒い地方でも良く育ち、保存がきくことからヨーロッパの主要野菜となっている。キャベツは和名を「甘藍」といい、日本に初めて渡来したのは宝永年間（1704～1711年）と推測されている[3]。

明治時代になると、民部省（明治初期の官庁、後の大蔵省）などの主導により西洋式農業の導入が熱心に勧められるようになる。西洋式の農具や植物の輸入、栽培技術や牧畜のための試験用地が必要になり、明治５（1872）年、内藤新宿にあった高遠藩下屋敷跡地に、内藤新宿試験場が開設された（現在の新宿御苑）。翌年には隣接地を買収合併して17万坪余りに拡充した。明治８年には日本で初めての西洋式温室が完成し、リンゴ、オリーブなどの外国産果物が実り、ジャムやピクルスなどの加工品も造られるようになった。

明治７（1874）年には三田四国町（現在の港区芝３丁目付近）の旧島津藩下屋敷跡地４万坪を内藤新宿試験場附属試験地とし[4]、明治10（1877）年には三田育種場として開場した。明治12（1879）年には、内藤新宿試験場の栽培研究事業は、すべて三田育種場に移された。穀菜園では国内種124種、外国種204種の蔬菜が栽培され、種子交換会を実施するなど、在来種苗の改良・普及にも力を入れていたことが知られている[5]。

内藤新宿試験場は明治12（1879）年、宮内庁所属の「新宿植物御苑」と名称が改められ、皇室に献上する野菜・果物や農産物、花卉の栽培、また園地としての整備が行われるようになった[6]。現在も残る洋風建築の休憩所（旧御休所）は、明治29年に建てられ、ゴルフコースがあった時代にはクラブハウスとして利用された。

中野甘藍

明治19（1886）年頃、西洋野菜の将来性に注目していた東京葛飾区細田の篤農家・中野藤助氏は、三田育種場から種を入手して栽培法を研究し、明治35年頃に、秋蒔き春どり用のキャベツの新品種育成に成功し、「中野甘藍」と命名した。もとになった品種は、米国産のアーリーサンマーだろうといわれている[7]（図１）。中野甘藍の選抜には、当時中野にあった東京府立農事試験場（現在の東京都農林総合研究センター）なども栽培に協力したといわれている。中野藤助氏が育成した中野甘藍がもとになり、多くの品種が生み出されて全国に栽培が広がっていった[8]。現在、キャベツは冬から春にかけては愛知県や千葉県などの温暖な気候の土地で、夏から秋にかけては群馬県や長野県、北海道など冷涼な土地で栽培され、品種や産地を変えて１年中出回っている。

図１　アーリーサンマー
出所：「舶来穀菜要覧」、国立国会図書館デジタルコレクション

ザワークラウト（Sauerkraut（独））あるいはシュークルート（Choucroute（仏））

ザワークラウトは、キャベツと食塩で漬けられるドイツの代表的なキャベツの発酵漬物であり、それを使った料理も指す。Sauer（酸っぱい）、kraut（キャベツ、野菜の葉や茎、薬草）の名前の通り、酸味のある漬物である。香辛料として一般的にキャラウェイシードを使うことが多いが、香りや味が強いので、クミンシードやディルシードを使うこともある。

ザワークラウトは、古くからヨーロッパ各地で作られていた[9]。ドイツやフランスなどを含む現在のヨーロッパ統一の父とされるカール大帝（742年？～814年）も好物だったと伝えられている[2、9]。

ザワークラウトの起源は、世界最古の料理本とされる古代中国の「斉民要術（せいみんようじゅつ）」（386~534に賈思勰（かしきょう）が著した農業書）に遡る[10]。「斉民要術」にある菹法（漬物の作り方）をみると、容器を密閉し、嫌気的な条件を作れば発酵が進むのに都合がよいことを知っていたと思われる[11]。その後中国では泡菜（パオツァイ）などのさまざまな発酵漬物が発展し、多くの人に食されている。13世紀半ば、蒙古軍がロシアや東ヨーロッパに侵攻した際に兵糧として携帯していた発酵漬物がヨーロッパに定着し、ザワークラウトになったという言い伝えもあるが、これは定かではない[2、10]。

ザワークラウトは、ビタミンCに富むことから、大航海時代に水夫たちに恐れられていた「壊血病」の予防に役立った[2、9、10]。キャプテン・クック（1728～1779年）は、1770年代の航海中、新鮮な野菜、麦芽、レモンやオレンジの加熱エキス、ザワークラウトを大量に積み込んで、乗船員に与え、壊血病による死者を一人も出さなかった。航海中船員にザワークラウト500gを週に２回、あるいはそれ以上配給した。長期貯蔵しても効果は変わらなかったと航海日誌に記されている[2]。その後、イギリス海軍では水兵にライムの果汁などを与えることで壊血病の予防ができるようになったが、壊血病の原因はわからなかった。20世紀になってビタミンCを人工的に合成できるようになり、壊血病の予防治療が完全に行われるようになる。

ザワークラウトを日本に紹介した一人は、福羽逸人（ふくばはやと）（1856～1921年）である。著書「蔬菜栽培法全（明治26年）」の中に、ドイツとフランスでは細切して食塩と和したシュークルートが盛んに作られているとある[12]（図２）。肉類に添えたり、スープに和したりと多くの調理法があるが、ドイツでは大量に製造し、ヨーロッパ各国に輸出している。日本でも東北地方や北海道で同様のものを製造すれば、販路が期待できる（原文では、「販路必ず開けん」）と述べている。福羽氏

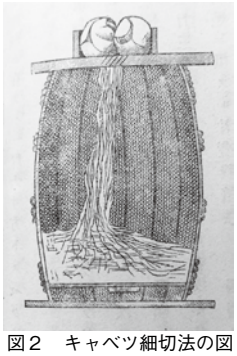

図２　キャベツ細切法の図
出所：福羽逸人「蔬菜栽培法全、博文館(1893)

は「新宿植物御苑」の発展にも寄与した人物で、明治25（1892）年に国産初の「福羽イチゴ」を作ったことでも知られている。「とちおとめ」や「あまおう」など多くのイチゴは「福羽イチゴ」から品種改良されたものである。

ザワークラウトと微生物

ザワークラウトを対象に、最初に微生物学的研究を行なったのはConrad（1897年）やButjagen（1904年）で、1930年には、Pedersonは「ザワークラウトの発酵におけるフローラ変化」[13]と題した論文のなかで微生物に関する詳細な研究結果を報告している。この中でザワークラウトの発酵初期は*Leuconostoc*属菌などの乳酸球菌が主で、後半は*Lactobacillus*属菌などの乳酸桿菌が優勢になることを報告している。

ザワークラウトは主に乳酸菌の発酵作用によって製造される漬物であるが、発酵過程で出現する主な乳酸菌の種類と特性を**表１**に示した。乳酸球菌には*Leuconostoc*属、*Enterococcus*属、*Pediococcus*属菌があり、乳酸桿菌には*Lactobacillus*属菌がある。乳酸球菌の代表的なものの一つである*Leuc. mesenteroides*は比較的低温を好み、生育に適した温度は21～25℃にある。食塩や酸に対する抵抗性が比較的弱く、食塩濃度が３％以上になると増殖が抑制される傾向にある。また、pHの低下にともない生育が抑制される傾向がみられる。*Leuc.mesenteroides*はいわゆるヘテロ型の乳酸発酵を行うので、乳酸の他に炭酸ガス、エタノールなどを産生する。

表１　ザワークラウトに出現する主な乳酸菌

菌種	形状	生育温度℃	生育pH	発酵形式
Leuconostoc mesenteroides	球状	5-40	5.4-6.8	Hetero型
Enterococcus faecalis	球状	10-45	4.5-9.6	Homo型
Enterococcus faecium	球状	10-45	4.5-9.6	Homo型
Lactiplantibacillus plantarum	桿状	10-45	3.5-8.2	Homo型
Levilactobacillus brevis	桿状	15-45	3.7-8.2	Hetero型
Pediococcus acidilactici	球状	5-50	4.0-8.2	Homo型
Pediocuccus pentosaceus	球状	5-45	4.5-8.2	Homo型

乳酸桿菌の*Lactiplantibacillus plantarum*や*Levilactobacillus brevis*は発酵漬物で出現することが多い乳酸菌で、特に、*L.plantarum*は発酵漬物中で最も重要な乳酸菌の一つである。*L.plantarum*はホモ型の乳酸発酵を行い、乳酸を多量に生成する。いずれも乳酸球菌よりも低いpHで生育が可能なことから、発酵漬物の製造においては、中・後期に出現し、優勢菌種となるのが一般的である。なお、*L.brevis*は*L.plantarum*より後期に出現する傾向が見られる。

キャベツの揮発性成分の一つであるallyl isothiocyanate（AIT）はキャベツの他にもカラシ菜、高菜、ワサビ、ダイコンなどの*Brassica*属の野菜に多く含まれている。AITは、野菜に含まれているグルコシノレートが酵素のミロシナーゼによって分解されることによって生成される揮発性成分である。AITは気相下で微生物の生育を強く抑制するが、その抗菌スペクトラムをみると細菌やかび、酵母に対しては、強い抗菌性を示す一方、乳酸菌に対しては弱い傾向のあることが明らかとなっている（**表２**）。したがって、発酵させる際は原料野菜に付着しているグラム陰性菌などの有害菌の生育が抑制され、乳酸菌が増殖しやすい環境となっているものと考えられる。その結果、スンキやグンドルックなどの無塩発酵漬物では、無塩状態においても変敗することなく乳酸発酵が進行するものと思われる。GoiらはAITを寒天培地に添加した場合の抗菌力はわずかであったが、ガス状で微生物に接触させた場合は顕著な抗菌力を示したことを報告している[14]。伊藤らは漬物に利用されている野菜の多くにAITが含まれていることを報告しており[15]、以上のことから、漬物の発酵に際しては一部、AITが関与していることが推察される。

表２　AITの蒸気最小生育阻止濃度レベル（ppm）

微生物	試験菌	最小生育阻止濃度(ppm)
細菌	*Staphylococcus aures* IFO1273	60
	Bacillus cereus IFO13494	60
	Bacillus subtilis IFO13722	60
	Leuconostoc mesenteroides IFO3426	360<
	Lactiplantibacillus plantarum 分離株	360<
	Pediococcus acidilactici 分離株	360<
	Escherichia coli JMC1891	<20
	Salmonella Enteritidis 分離株	60
	Vibrio parahaemolyticus IFO13275	<20
カビ	*Mucor racemosus* IFO6745	<20
	Aspergillus niger ATCC6275	<20
	Fusarium solani IFO9425	<20
	Penicillium citrinum ATCC9849	<20
酵母	*Zygosaccharomyces rouxii* IFO0320	<20
	Debaryomyces kloeckeri JCM1526	60
	Hansenula anomala NFRI3717	<20
	Candida tropicalis NFRI4040	<20

冬を乗り切る発酵漬物

ドイツでは秋になると、家庭でザワークラウトを大量に仕込み、ひと冬中楽しんだそうだ[16]。漬物は、そのままソーセージを副えたり、漬汁を肉類と一緒に煮込んでスープにするといった味の変化を楽しむという。日本の白菜漬や韓国のキムチもそうだが、その地域にある野菜を使った冬越しのための保存食、常備食つくりは昔から大切な行事であった。青菜の不足する長い冬を生き抜く伝統的な食文化、人の知恵には共通するものがあり、作業とその心も受け継いできたと思う。

参考文献
1）サイモン・アケロイド著、内田智穂子訳：ボタニカルイラストで見る野菜の歴史百科、原書房（2015）
2）レベッカ・ラップ著、緒川久美子訳：ニンジンでトロイア戦争に勝つ方法、原書房（2015）
3）高嶋四郎他：標準原色図鑑全集第13巻　有用植物、保育社（1983）
4）明治前期勧農事蹟輯録：農林省農務局編、大日本農会出版（1939）
5）國雄行：内務省勧農局の政策展開―内藤新宿試験場と三田育種場1877-1881年、首都大学東京大学院人文科学研究科『人文学報』第512号歴史学編44号（2016）
6）環境省ホームページ：「新宿御苑」より
7）荻原　十：東京都下の蔬菜の栽培と品種の沿革、東京都農業試験場研究報告第１号（1953）
8）JA東京中央会企画・発行：江戸・東京ゆかりの野菜と花（1992）
9）スー・シェパード著、赤根洋子訳：保存食品開発物語、文春文庫（2001）
10）メグ・マッケンハウプト著、角敦子訳：キャベツと白菜の歴史、原書房（2019）
11）宮尾茂雄監訳：中国漬物大事典、幸書房（2005）
12）福羽逸人：蔬菜栽培法全、博文館（1893）
13）Pederson,C.S.,FLORAL; *New York State Agr.Exp.Sta.*Tech,Bull,No.168,（1930）
14）Goi,H.,Inoue,S.,andIwanami,Y.Antifungal activity of powder black mustard, powdery wasabi（Japanese Horseradish）and allyl isothiocyanete by gaseous contact.*J.Antibact.Antifung.Agents*.,13,199,（1985）
15）伊藤寛ら：食品総合研究所研究報告.45,33（1984）
16）門倉多仁亜：タニアのドイツ式シンプル料理、NHK出版（2013）

（東京家政大学大学院　宮尾茂雄）

アサマ化成株式会社
Asama Chemical Co.,Ltd.
E-mail：contact@asama-chemical.co.jp
https://www.asama-chemical.co.jp
●本　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 大伝馬町壱番地ビル５階 TEL（03）3666-5841 FAX（03）3667-6854
●中部アサマ化成販売／〒460-0002 名古屋市中区丸の内二丁目17番30号 ie 桜通伏見ビルディング9B TEL（052）746-9019 FAX（052）746-9018
●九州アサマ化成販売／〒815-0031 福岡市南区清水1-16-11 TEL（092）408-4114 FAX（092）408-4350
●桜陽化成／〒006-0815 札幌市手稲区前田五条9－8－18 TEL（011）683-5052 FAX（011）694-3061