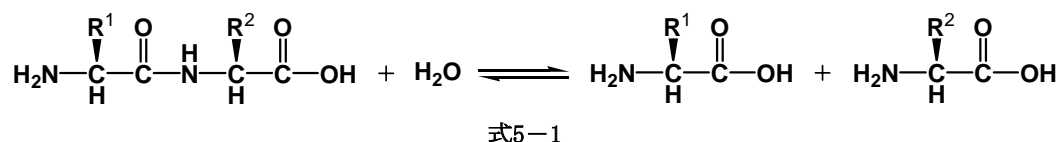


## 5. 食べ物を保存して豊かな生活

### 冷蔵保存には時間的な限界が

人間とけだものを分けるものは文化であり、最も根源的なものは食べ物にかかわる文化であると思われます。食べ物を消化し易く栄養になりやすい形に変え、不足しがちな栄養を含む食べ物を摂取し易くする作業が最も根源的な料理と考えられます。食べ物を料理する文化のほかに、食べ物を貯蔵して安定した生活を維持することも重要な食文化と思われます。しかし、食べ物は種々の要因により変性して行きますから、長時間にわたり食べ物を貯蔵することは困難で、そのための技術開発や工夫が文明の発祥以来なされてきました。食べ物の変性には食べ物由来の性質による変性と外的な要因による変性があり、外的要因には化学変化などによる変性と微生物による変性があります。

アミノ酸と蛋白質の間の変化を式 5-1 にまとめることができますが、この反応は平衡反応でアミノ酸を多く供給すれば蛋白質の生成反応が進行し、アミノ酸が不足すれば蛋白質の加水分解反応が進行します。プロテアーゼと呼ばれる酵素は、蛋白質の加水分解反応と蛋白質生成反応の両方向の反応が生体内で容易に進行するように触媒します。牛や豚は飼料をプロテアーゼの助けを借りて消化して栄養としてアミノ酸の形で吸収しますが、吸収したアミノ酸は血管の中を筋肉まで運ばれて、そこでプロテアーゼにより新たな蛋白質に作り上げられます。これらの家畜が屠殺された後にも筋肉を作り出すプロテアーゼは分解することなく筋肉の中に残りますが、屠殺の瞬間から栄養の供給がなくなりますから、プロテアーゼは逆反応の蛋白質を加水分解する働きを触媒するようになります。結果として、豚や牛の肉は時間と共にアミノ酸に分解変性する熟成が始まります。蛋白質の生成を援けるプロテアーゼが蛋白質の加水分解も援けるように、体内で脂肪の生成を援けるエステル化酵素のリパーゼも動物の死後は脂肪の加水分解酵素の働きを持ちます。このように食べ物はその中に含まれている酵素による自己分解により変性して行きます。



プロテアーゼもリパーゼも化学物質であり屠殺後も触媒活性を保ちますから、自己分解による変性をとめるためには酵素を失活させなければなりません。酵素は生物体内で種々の化学反応を触媒する複雑な化学物質で、大きな蛋白質の中に活性を持つ部位を持つ構造をしています。一般に約 70℃で蛋白質の立体的構造は変化してしまいますから、酵素の活性も失われ、自己分解による変性が止まります。また、酵素反応は酵素と基質との出会いの反応から始まりますから、低い温度では変性の反応も遅くなります。冷凍や乾燥により細胞中の水が溶媒として働かなくなり、酵素も運動することが出来なくなりますから自己

分解による変性が止まります。

長時間にわたり食べ物を貯蔵する上で、最も大きな影響を与える食べ物の変性には食べ物由来の性質による変性と外的な要因による変性があり、外的要因には化学変化などによる変性と微生物による変性があります。生活の環境の中で食べ物の変性を引き起こす化学物質としては、各種のミネラルや酢酸などの酸性物質がありますが、食べ物の変性に最も大きな影響を与える化学物質は酸素と思われます。

酸素は大気中に 21%含まれており、1L の水に対して 3.1mL 溶け込みますから、地球のあらゆる所に普遍的に存在しています。しかも、酸素は反応性の高い気体で、多くの物質を酸化する性質を持っています。図 5-1 に示すように酸素はハイドロキノンやカテコールを対応するキノンに酸化します。図 3-5 に挙げた茶カテキンや、図 5-2 に示すようなコーヒーに含まれるクロロゲン酸やそばに含まれるルチンなどのポリフェノール類は水酸基が隣接した位置に結合したベンゼン環の構造を持っていますから、カテコールと同じように酸素で酸化され易い物質です。ビタミン C も同じような部分構造を持っていますから、酸素により酸化されます。ポリフェノール類やビタミン C は新鮮な野菜や果物に多く含まれていますから、酸素による野菜や果物の変性は抑えられます。

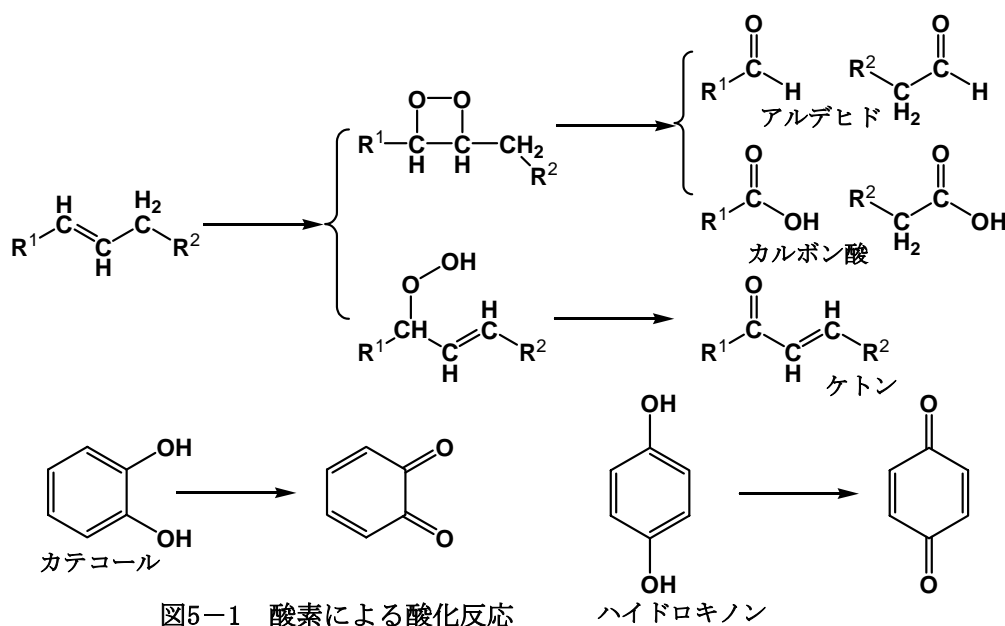


図5-1 酸素による酸化反応

また、図 5-1 に示すように炭素=炭素 2 重結合を持つ化合物は直接酸素分子と反応して、過酸化物を経て 2 重結合が切断されアルデヒド類やカルボン酸類やケトン類に変化します。植物性の油脂や魚に含まれる油脂はヨウ素価が高く、不飽和脂肪酸のグリセリンエステルを多く含んでいるため、炭素=炭素 2 重結合を多く含んでいます。当然、植物油や魚油を多く含むゴマや胡桃や落花生などの種子類や鰯や鯖などの青い魚類は酸素により変性して行きます。

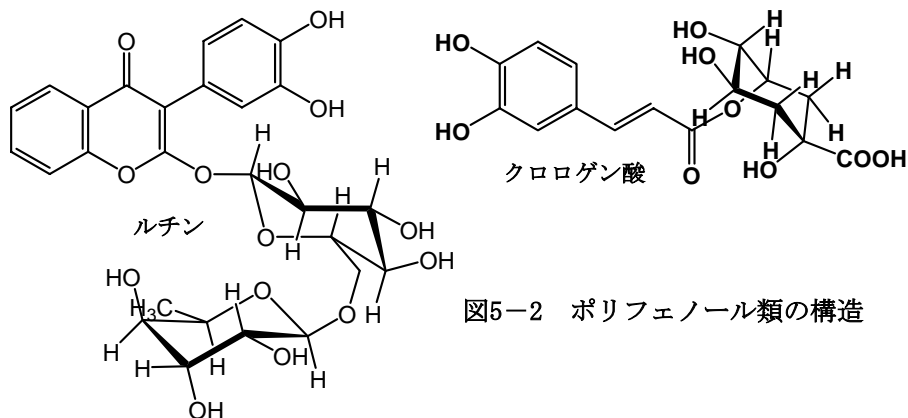


図5-2 ポリフェノール類の構造

さらに、酸素に日光が当たりますと、1重項酸素と呼ばれる極めて反応性の高い状態の酸素に変化し、炭素=炭素2重結合の重合反応の触媒になります。鰯や鰯は不飽和脂肪酸のグリセリンエステルを多く含みますから、空気に曝しながら太陽の光に照らして干しますと、1重項酸素が触媒となって油脂が重合して、魚の表面に皮膜を作ります。新鮮な鰯や鰯とは全く味も香りも異なる干物に変性してしまいます。

第3章で述べたように原系の濃度と温度により化学反応の速さは変化します。食べ物由来の性質による変性も外的要因による化学変化も食べ物の化学反応ですから、食べ物を低温に保てば変性が遅くなり、比較的長時間にわたり食べ物を貯蔵することができます。しかし、0℃以上の温度では食べ物の変性を起こす化学反応を完全に抑えることは出来ませんから、冷蔵保存には時間的な限界があります。

## 食べ物保存の大敵は微生物

食べ物を料理する文化のほかに、食べ物を貯蔵して安定した生活を維持することも重要な食文化と思われます。長時間にわたり食べ物を貯蔵するためには、食べ物由来の性質による変性と化学変化などによる変性と微生物による食べ物の変性を抑える必要があります。食べ物由来の性質による変性も外的要因による化学変化も食べ物の化学反応ですから、0℃以上の温度では食べ物の変性を起こす化学反応を完全に抑えることは出来ませんので、冷蔵保存には時間的な限界があります。

微生物は食べ物を栄養として変化させてその生命を維持しますが、そのとき微生物が排出する物質が人間にとって有害な物であれば腐敗といい、有益な物であれば醗酵といいます。大豆の蛋白質を栄養として麹菌が繁殖するときに、種々のアミノ酸類を排出しますから、味噌や醤油の旨味の味覚成分となります。米を栄養として麹菌が繁殖するときには、そのでんぷんをブドウ糖に加水分解し、さらにエタノールと二酸化炭素まで分解して行きます。日本人はここで排出されるエタノールを日本酒としてこよなく愛しています。牛乳を栄養として繁殖する乳酸菌は乳酸を排出して液を酸性にしますから、コロイド上に液化

していた牛乳は蛋白質が凝固してヨーグルトなどの凝乳を作ります。

有益な排出物を出す微生物ばかりでなく、有害な排出物を出す微生物も食べ物を栄養として繁殖してきます。赤痢菌や大腸菌O157は湿度と温度の比較的高い環境で繁殖する微生物ですが、出血性大腸炎を引き起こす微生物は毒性の蛋白質のベロ毒素を排出します。また、ボツリヌス菌は最も強い毒性を示す物質を排出する微生物で、日本国内で毎年数件の死亡事故となる食中毒を引き起こします。微生物にとっては生命の維持の活動の一環に過ぎませんが、人間にとっては食べ物を変性させ、有害物質を撒き散らす害悪ですから、繁殖を抑えなければ食べ物の長期保存が出来ません。

食べ物の変性を抑えて長期の保存をするためには、微生物の繁殖を抑えなければなりません。微生物も生物の一種ですから、生命を脅かすような環境や毒物は微生物の繁殖を抑えるためには非常に効果的です。たとえば、生物の重量の70%は水で構成されているので、水の無い環境では生命の維持は殆ど不可能になりますから、食べ物を乾燥した環境に置くだけで、微生物の繁殖を抑えることが出来ます。

繁殖に適した環境は微生物により異なり、酸素を必要とする好気性微生物や酸素の存在が反って繁殖を妨げる嫌気性微生物があります。微生物に限らず全ての生物は環境に適合するように進化してゆきますから、現在の地球上の環境に近い環境を好む好気性微生物が多く繁殖しています。食べ物の周りを油で覆いますと、空気も水も外界から遮断することが出来ますから、微生物の繁殖を抑えることが出来ます。中性の環境で多くの微生物は繁殖し、酸性でも塩基性でも繁殖できません。酢酸やクエン酸などのカルボン酸は環境を酸性にしますから、多くの好ましくない微生物の繁殖を抑える効果を示します。炭酸水素ナトリウムも環境を塩基性にしますから、同じように好ましくない微生物の繁殖を抑える働きをします。

ふぐやある種の茸のように中毒事故を起こす食べ物も有りますが、日常食べている食べ物や調味料にも弱いながらも毒性があります。毒性には短時間に毒性の発現する急性毒性と生涯の間に次第に発症する慢性毒性があります。塩辛い食べ物を食べ続けると、食塩を過剰に摂取することになり成人病に罹り易くなりますが、このような毒性が慢性毒性と考えられています。食べ物の長期保存を目的として、化学物質の慢性毒性により微生物の繁殖を抑えることはほとんど出来ません。急性毒性の致死量を示すLD<sub>50</sub>は一般にラットやマウスなどの検体動物に服用させたときに、50%の確立で死ぬ最小量を検体動物の体重1kg当りに換算した値として規格化しています。例えば、人間にとって必要不可欠な食塩のLD<sub>50</sub>は3.75g/kgですから、検体動物と同類の哺乳動物である人間の体重を60kgと仮定すれば、食塩の急性毒性による致死量は約230gと概算できます。人間や哺乳動物でなくとも、ナメクジにとっても食塩は毒性を示し即死してしまいます。食塩は微生物に対しても急性毒性を示しますから、食べ物の長期保存に効果があると思われま。

表5-1には台所の周辺にある化学物質のLD<sub>50</sub>を纏めておきましたが、食塩と同等あるいはより強い毒性の食べ物や調味料などもありますから、食べ物の長期保存に効果を示

表 5-1 食べ物の急性毒性を示すLD<sub>50</sub>(g/kg)

化学物質	分子式	LD <sub>50</sub>	備考
エタノール	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	10.30	アルコール類
グリセリン	HOCH(CH <sub>2</sub> OH) <sub>2</sub>	31.50	アルコール類
砂糖	C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> O <sub>6</sub> -C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> O <sub>5</sub>	15.00	糖類、調味料
乳糖	C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> O <sub>6</sub> -C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> O <sub>5</sub>	10.00	糖類
ブドウ糖	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	35.00	糖類
果糖	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	15.00	糖類
ステアリン酸ナトリウム	C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> CO <sub>2</sub> Na	17.00	界面活性剤
ベンゼンスルホン酸ナトリウム	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> SO <sub>3</sub> Na	2.50	界面活性剤
砂糖ステアリン酸エステル	C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> CO <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> -C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> O <sub>5</sub>	20.00	界面活性剤
食塩	NaCl	3.75	調味料
炭酸水素ナトリウム	NaHCO <sub>3</sub>	4.20	重曹
塩化マグネシウム	MgCl <sub>2</sub> ・6H <sub>2</sub> O	0.18	苦汁
酢酸	CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> H	3.53	カルボン酸類
乳酸	CH <sub>3</sub> CH(OH)CO <sub>2</sub> H	3.70	カルボン酸類
クエン酸	HO <sub>2</sub> CC(OH)(CH <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> H) <sub>2</sub>	0.98	カルボン酸類
グルタミン酸ナトリウム	HO <sub>2</sub> C(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH(NH <sub>2</sub> )CO <sub>2</sub> Na	16.20	アミノ酸類
フルフラール	C <sub>4</sub> H <sub>3</sub> O-CHO	2.30	燻煙成分
フェノール	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -OH	0.53	燻煙成分
グアイヤコール	CH <sub>3</sub> O-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> -OH	0.90	燻煙成分
メントール	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O	2.00	香辛料、医薬品
バニリン	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	3.00	香辛料、医薬品
カプサイシン	C <sub>18</sub> H <sub>27</sub> NO <sub>3</sub>	0.08	香辛料、医薬品
カフェイン	C <sub>12</sub> H <sub>9</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub> -C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> O <sub>4</sub>	0.20	香辛料、医薬品
アスピリン	CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CO <sub>2</sub> H	1.75	香辛料、医薬品

す物もあると思われます。例えば、エタノールは食塩の30%程度の毒性しかありませんが、微生物の繁殖を抑える強い効果を持っています。点滴や採血で注射針を皮膚の中に刺すときには、エタノールで消毒をします。まな板や食器にカビが生えないようにエタノールで殺菌することもあります。当然、微生物の繁殖を抑える働きをしますから、食べ物を長期保存するために有効に働きます。また、LD<sub>50</sub>の値が0.075g/kgと報告されていますから、唐辛子の辛味成分のカプサイシンは人間ばかりでなくあらゆる生物にとってかなり毒性の強

い物質と考えられます。魚や野菜と共に唐辛子を一緒に漬け込みますと、味が締まるばかりでなく、好ましくない微生物の繁殖を抑える働きをしますから、食べ物の長期保存に効果があると思われます。

微生物同士にも生存競争がありますから、ある微生物が先に繁殖している所に他の微生物が割り込むように後から繁殖することは稀なことのよう思われます。海水中などのように食塩濃度の高い環境では多くの微生物は繁殖できませんが、生存競争をしなくて済みますから好塩菌と呼ばれる環境の悪い所で生活できる微生物が繁殖します。同じように、群馬県の草津温泉は温度が高く強い硫酸酸性を示していますから、通常の微生物はこの湯船に繁殖することが出来ません。そのため、極めて繁殖力の小さい特殊な菌類が繁殖しています。あらかじめ有害な排出物を出さず、食べ物の変性もあまり起こさない微生物を繁殖させておけば、有害な微生物の繁殖を抑える効果あり、食べ物の長期保存に効果があると思われます。農作物の生産においても、このような微生物を微生物農薬と呼んで利用しています。

## 食べ物の貯蔵は冷凍保存で

長時間にわたり食べ物を貯蔵するためには、食べ物由来の性質による変性と化学変化などによる変性と微生物による食べ物の変性を抑える必要があります。食べ物由来の性質による変性も外的要因による化学変化も食べ物の化学反応ですから、第3章で説明したように反応の温度が高ければ反応は早く進行し、低ければ低いほど反応の進行は遅くなります。生命の維持も化学反応でなされていますから、低い温度の環境では生命活動を継続することは出来ません。1年を通じて気温の低い南極や北極などの寒冷地には生物はあまり棲息しておらず、微生物の繁殖も困難と思われます。このような寒冷の環境では、食べ物由来の性質による変性も酸素などとの化学変化による変性も微生物による食べ物の変性も抑えられますから、食べ物は長期に保存されます。

2006年に名古屋で開催された万国博覧会に公開されたマンモスの遺体は数万年前に生命が停止したにもかかわらず、シベリヤのツンドラ地帯で凍土の中に埋蔵されていたため、その肉は食用に供することが出来るほどに新鮮で殆ど変性を起こしていませんでした。遠洋で取れたマグロや鰹もマンモスと同じように冷凍すれば自己分解による変性も微生物による腐敗も進行しませんから、鮮度を保って輸送できます。このようにして世界中の魚介類が冷凍されて輸入され保冷倉庫の中に保存されています。同じようにオーストラリアや米国で飼育された牛も冷凍されて、長期間保存されるようになりました。

しかし、食べ物を冷凍して保存するためにはいくつかの技術的な問題点がありました。冷凍保存のためには0℃付近の温度では不十分で、食べ物の変性を完全に止めることが出来ません。第4章にまとめましたが、食べ物を氷点よりも低温にしますと、水の凍結により水の体積は膨張しますから、食べ物の細胞の破壊が起こってしまいます。また、凍結した氷も昇華して水分が揮発してゆきますから、冷凍食品も長期間には次第に乾燥してしま

います。さらに、食べ物の熱伝導は必ずしも優れておりませんから、食べ物の外側と中心部では凍結の仕方に差が出てしまいます。これらのことを解決するためには急速に冷凍することが好ましく、強力な冷凍設備が必要になります。この急速な冷凍には技術的に困難を伴っていましたから、1950年代までは冷凍保存は限られていましたが、現在では冷凍食品が広く普及して多くの食べ物が長期保存されています。

凍結時の水の体積膨張などにより、冷凍食品では食べ物の細胞が既に部分的に破壊されていますから、解凍しても完全に復元することは出来ません、冷凍時の状態に近づけるように解凍することにも種々の技術的な進歩が必要と思われます。また、野菜と食肉と穀類と根菜類では冷凍－解凍による変化も異なりますし、食材と調理済み食べ物でも冷凍－解凍による変化は異なります。これらの詳細な点まで技術的に克服される日も近く、食べ物の長期保存の主流が冷凍保存になると思われます。

## 乾燥して保存する穀物

食べ物を長期保存するためには食べ物の変性を抑え、しかも微生物の繁殖を抑えなければなりません。近い将来には食べ物の長期保存の主流が冷凍保存になると思われますが、冷凍保存の歴史は40年ほどしかないため、古来その他の種々の保存方法を開発し、高度の食文化に発展させてきました。

長期保存の上で最も問題となる腐敗を引き起こす微生物も生物の一種ですから、生命を脅かすような水の無い環境は微生物の繁殖を押さえる上で非常に効果的で、食べ物を乾燥した環境に置くだけで、微生物の繁殖を抑えることが出来ます。その上、でんぷんや糖分などを多く含む植物性の食べ物では、加水分解を援ける消化酵素を含んでいませんから、食べ物由来の性質による変性を殆ど起こしません。特に、米や麦や豆類は種として成熟し、時期が来るまで変性することなく発芽のための胚芽ばかりでなく栄養をも保存する性質を自然に備えています。例えば、現在でも食べることの出来る状態で米の種が弥生時代の古墳から出土したという話を聞いたことがあります。また、古墳から出土した蓮の実が見事に育ち、花を咲かせた大賀蓮の例もあります。種の保存と繁殖のためのこの性質は長期貯蔵のために極めて有用で、発芽の条件が満たされないように保管することにより、米や麦や豆類などの種子類の食べ物を保存することが出来ます。

通常の子は冬の厳しい寒さから開放される春先に発芽を始めますが、そのためには温暖な気温と水を必要とします。穀物を長期にわたり保存するためには、発芽を抑えなければなりませんから、保管温度を冬の寒さの状態あるいは水の無い乾燥した状態に保つ必要があります。米や麦は秋に乾燥しておきますと、殆ど変性を起こさずに何年でも発芽しないままで貯蔵することが出来ますから、古来生活の安定のための食料の保存と安定した蓄積に適した食べ物と考えられます。江戸時代には加賀百万石などのように、大名の勢力を計る尺度として米の取れ高(石高)を用いていましたが、これは貯蓄出来る米の量を表すことから、定常的に養うことの出来る兵隊の数を意味しているためと思われます。

葡萄や林檎や胡桃やミカンなどの果物は種子の周りを非常に水分を多く含む果肉が覆っています。胡桃やアーモンドは果肉を食用にしませんから、果肉を取り除き種子の部分だけにして乾燥すれば長期保存が可能になります。ミカンなどの柑橘系の果物は水分の多いことを特長としていますから、乾燥してはその特長が生かせません。そのため、乾燥して保存することは殆どないように思います。林檎や葡萄は長時間にわたり乾燥させれば、干し葡萄などのようにドライフルーツとして長期保存が可能になりますが、かなり食べ物の味や香りや食感などが変化してしまいます。

多くの野菜の中には切干大根や干瓢や干しぜんまいなどのように乾燥して保存できるようにした食べ物もありますが、食べ物の味や香りや食感などが大きく変化してしまいますから、別の種類の食べ物と考えられていることが多いように思います。さらに、椎茸やイタリア人に好まれる茸のポルチーニなどのように、乾燥するときに内蔵する酵素により味も香りも大きく変化し向上する食べ物もあり、長期保存の目的以上の効果をもたらす場合もあります。

ビーフジャーキーは牛肉を細くあるいは薄く切って良く乾燥した長期保存のための牛肉の食べ方ですが、豚や牛の肉は時間と共にアミノ酸に分解変性する熟成が進みますから、食肉を乾燥する間にも熟成が進行してしまいます。食肉を変性させることなく乾燥することが困難なために、食肉を乾燥して保存することはあまり広く行われていません。これに対して、魚介類は古くから乾燥して干物として保存してきました。空気中で太陽光に曝しますと、鰹や鰯のような魚は不飽和度の高い脂肪酸で構成される油脂を多く含んでいますから、その油脂が重合して表面にプラスチックのような皮膜を形成します。この皮膜が魚の腐敗や酸化を防ぎ、干物として魚の鮮度を保ちながら保存することに役立ちます。

鰹や鰯のような青魚と異なり、鱈やホッケのような白身の魚では脂肪中の不飽和脂肪酸の割合が少ないために、太陽光に曝しても皮膜を作ることはありません。そのため、鱈やホッケの腐敗し易い内臓の部分を取り除き、塩分濃度を上げて腐敗の進行を遅らせながら乾燥させて、干鱈などに加工して長期保存をします。同じように、イカやあわびなどはするめや干しあわびのような塩干加工品にして保存しています。東シナ海から揚子江を2000kmも遡った中国四川省までは、海産物を新鮮に運ぶことが出来ませんでしたから、全ての海産物を塩干加工品として長期保存できる形に変えて運びました。四川省では塩干加工品に種々の工夫が加えられて、干しあわびや干しナマコや干し海老などを使った独特の四川料理が発達してきました。しかし、四川省の料理人の努力にもかかわらず、幸か不幸か四川料理の魚介類は新鮮な物とは味も香りも食感も全く異なった食べ物です。

米や麦などの穀類や豆類は種として成熟し、時期が来るまで変性することなく発芽のための胚芽ばかりでなく栄養をも保存する性質を自然に備えています。種の保存と繁殖のためのこの性質は長期貯蔵のために極めて有用で、発芽の条件が満たされないように乾燥した条件で保管することにより、米や麦や豆類などの種子類の食べ物を長期保存することが出来ます。しかし、穀物を除くすべての食べ物は、乾燥することにより長期保存が可能に



なりますが、変性してしまい味も香りも食感も本来とは異なる別の食べ物になります。

## 漬物は食べ物を保存する高度の食文化

長期間にわたり食べ物を貯蔵するためには、食べ物由来の性質による変性と化学変化などによる変性と微生物による食べ物の変性を抑える必要があります。微生物も生物の一種ですから、生命を脅かすような水の無い環境は微生物の繁殖を押さえる上で非常に効果的で、食べ物を乾燥した環境に置くだけで、微生物の繁殖を抑えることが出来ます。米や麦などの穀類や豆類は種の保存と繁殖のため長期間にわたり、変性することなく発芽のための胚芽ばかりでなく栄養をも保存する性質を自然に備えています。発芽の条件が満たされないように乾燥した条件で保管することにより、米や麦や豆類などの種子類の食べ物を長期保存することが出来ます。しかし、穀物を除くすべての食べ物は水分を多量に含んでいるために、乾燥が困難で多くの時間と労力を要します。

人間にとって必要不可欠な食塩の  $LD_{50}$  は  $3.75\text{g/kg}$  ですから、食塩の急性毒性による致死量は約  $230\text{g}$  と概算できます。人間や哺乳動物でなくとも、食塩は微生物に対しても急性毒性を示しますから、微生物の繁殖を抑える効果があり、食べ物の長期保存に有効であると思われます。その上、大部分の食べ物では半透膜の性質を持つ細胞膜が細胞の内外を区分けしていますから、前章で説明しましたように浸透圧の現象を起こします。青菜に食塩を振り掛けると、葉の上で濃い食塩水ができますが、このとき細胞膜が食塩水と細胞の内部を区切っていますから、浸透圧の現象が進み、細胞の中の水分が滲み出して食塩水の濃度を下げます。その結果、昔からの格言どおり、「青菜に塩」のように生気を失い萎びてきます。このように、浸透圧の現象は食材の中から、水分を吸い出してしまうから、食感を変えるだけでなく保存などの点でも、料理に色々と役に立ちます。

大根や白菜などの野菜を食塩と共に容器に入れておきますと、野菜の中の水分が染み出してきて野菜は多少脱水されて、塩漬けの漬物になりますから長期保存が可能になります。大量の千切りキャベツをその重さの約  $3\sim 5\%$  の食塩と共に漬け込みますと、6時間ほどでキャベツから水分が染み出してきて、塩辛い水がキャベツを覆い微生物の侵入を防ぐようになります。さらに2~3月間、温度のあまり高くない場所で漬け込みますと、ザワークラウトが完成します。キャベツは夏の野菜ですから、ドイツやロシアでは寒い冬の季節にはキャベツを入手することが困難でした。そのため、ザワークラウトは冬の野菜の無い季節の重要な保存野菜として塩抜きして食べられ、現在ではドイツ料理には欠かせない食材の一つになっています。

6月の初めに実る青梅は香り高い果実ですが、多量の水分を含んでいますから長期に保存することが困難でした。そのため、食塩とともに漬け込んで、果肉の中に含まれる香りの成分や糖分などを失うことなく、浸透圧の現象により水分だけを脱水します。十分に脱水した塩漬けの梅を太陽の下で乾すことにより、表面の水分を乾燥させれば梅干しの完成です。梅干しは極めて長期にわたり味や香りを損なうことなく保存することの出来る漬物

で、しかも高い殺菌力を示しますから、江戸時代から極めて重要な携帯食料でした。そのため、多くの大名は梅干しの生産に努力したと思われ、水戸や紀州や小田原など各地に名物の梅干しの生産が現在まで受け継がれて、日の丸弁当や梅のおにぎりなどに入れられて日本の味の原点になっています。

蛋白質を含む食べ物と共に野菜を塩漬けにしますと蛋白質が一部アミノ酸に加水分解しますから、野菜類を長期に保存できるばかりでなく味わいを増すことが出来ます。特に、麹菌や乳酸菌などの味わいを向上させる微生物を繁殖させた中に野菜を漬け込みますと、食べ物を腐敗させる微生物の繁殖を抑える効果もありますから、さらに野菜類を長期に保存し味わいを増す働きをします。糠は蛋白質を多く含む米の胚芽を主体としていますから、この中に食塩と共に野菜を漬け込みますと、朝食に欠かすことの出来ない糠漬けが出来上がります。味噌は大豆と小麦を食塩と共に麹菌で醗酵させたものですから、当然、食塩と麹菌と蛋白質とアミノ酸を含んでいます。この味噌の中に野菜を漬け込みますと、糠漬けと同じように、野菜は浸透圧の現象により脱水し、腐敗の原因となる微生物から麹菌により保護されつつアミノ酸による味付けがなされて、美味しい味噌漬けが出来上がります。

お酢は酢酸の約3%水溶液ですが、表5-1に示すように酢酸もLD<sub>50</sub>が3.50g/kgを示す物質です。しかも、かなり強い酸性を示しますから、微生物の繁殖を強く抑える性質を持っています。お酢のこの性質を利用して、あらかじめ塩漬けしてある程度脱水したきゅうりを香料と共にお酢に漬け込みますと、ピクルスと呼ばれる長期保存が可能な野菜となります。砂糖で甘味を加えたピクルスはハンバーガーには欠かせない存在ですし、ディールと呼ばれる香草と共に漬け込んだピクルスは添え物としてサンドウィッチを引き立たせます。

この漬物による保存の技術は食肉や魚に対しても利用することが出来ます。北の海で水揚げされる鮭は新鮮な形で東京まで運ぶことはほとんど不可能でした。そのため水揚げされた鮭はすぐに内臓を取り除き、大量の食塩にまぶして長期保存が出来るようにしていました。当然、鮭の身から浸透圧の現象により水分が抜けて身の締まった新巻鮭になり、歳の暮れに魚屋さんの店先に並べられました。

コンビーフとは英語では **Corned Beef** と書き、塩漬けの牛肉という意味を持っています。牛肉をソミュールと呼ばれる胡椒や香草類の入った食塩水に漬け込んでおきますと、牛肉に食塩や香り成分が滲み込むと同時に肉の中の水分が脱水します。1ヶ月ほど漬け込んだ後に表面の塩分を洗い流して蒸し上げますと、自家製のコンビーフが出来上がります。若干繊維質が目立ちますが、キャベツと煮込んだコンビーフキャベツは著者の若い頃からの好物でした。

良く血抜きした豚肉に食塩を良く擦り込んで2ヶ月ほど涼しい所に風乾しますと、肉の中の水分が浸透圧の現象により脱水し、代わりに塩分が滲み込みます。豚肉は重さの約3割の水分が抜けて軽くなり、見かけ上も小さく締まってきます。表面の余った塩分を水でよく洗い落としてから表面を乾燥させて風通しのよい冷暗所に吊るしておきます。表面に良質の微生物が付着して腐敗を引き起こす微生物を駆逐しながら、同時に肉の中ではプロ

テアーゼなどの加水分解酵素により蛋白質が一部アミノ酸に変化します。10ヶ月以上の長期間にわたり熟成させると余分の水分や脂肪分が外部に取り除かれ、肉の中に旨味成分のアミノ酸が十分に生成した生ハムが完成します。塩分と良質の微生物の働きで、生の豚肉を長期にわたり保存することが出来るようになります。

野菜や食肉などの食べ物を食塩と共に漬け込みますと、浸透圧の現象により細胞中の水分が滲み出すために、野菜も肉も適度に脱水して長期保存が可能になります。このとき食べ物に含まれる味や香りの成分は比較的温存されますから、味や香りや食感を保つことが出来ます。その上、アミノ酸や香料などを加えることにより味や香りを変化させることも出来ますから、漬物の技術は各地方に根付いた高度の食文化と考えることが出来ます。

## 肉を美味しく保存する燻製

木材は主にセルロース、ヘミセルローズ、リグニンの3つの成分で形作られています。この木材を空気と共に加熱しますと高温を発生しながら燃焼し、二酸化炭素と水に変化します。しかし、十分な空気の供給をしないで高温に加熱しますと、成分物質を形成している結合のうちの弱い結合がいろいろと切断して熱分解が進行し、木材は炭化され、固体生成物と気体生成物（煙）となります。炭焼き窯と呼ばれる窯に木材を入れ、十分に空気を供給することなく燃やすことにより、木材を炭化させて固体生成物を製造し、木炭として燃料に用いられてきました。

木材を炭化して木炭を製造するときに発生する気体生成物（煙）は大部分が水ですが、その他に200種類以上の化学物質が含まれています。セルロースはブドウ糖が鎖状に繋がった高分子化合物ですが、ブドウ糖とブドウ糖を結び付けているアセタール結合が最も切断し易いため、オリゴ糖と呼ばれる少数のブドウ糖の結合した化合物に熱分解します。さらに、オリゴ糖の熱分解が進行しますと酢酸などの分子量の小さい脂肪酸を生成します。しかし、酸素の供給が不十分な環境の下での熱分解ですから、脂肪酸ほどには酸化の進んでいない比較的還元状態のアルコール類やアルデヒド類やエステル類やケトン類も多く副生してきます。また、リグニンはベンゼン環に水酸基の結合したフェノールを部分構造に持つ高分子化合物ですから、熱分解によりフェノールやクレゾールなどのフェノール類が生成してきます。

木炭を製造するときに発生する気体生成物を凝集した後に、再度蒸留して極めて揮発性の高いホルムアルデヒドやアセトアルデヒドなどを取り除いた液体の留分が木酢液として市販されています。木酢液を製造する大幸TEC株式会社が報告している木酢液の成分表を表5-2に掲げておきますが、黄色に表示した成分は主にセルロースに由来し、淡赤色に表示した成分はリグニンに由来したものとされます。木酢液は酢酸を最も多く含むためにpH3以下の強酸性を示しますが、その他にメタノール、ヒドロキシアセトン、フルフラール、グアヤコール、4-メチルグアヤコールなどが含まれています。また、木酢液には少量ながら人体に有毒なクレゾールなどのフェノール類や発ガン性を示す3,4-ベン

ゾピレン、1,2,5,6-ジベンゾアントラセン、3-メチルコラントレンなどの芳香族炭化水素も含まれています。

木酢液の製造過程で取り除いたホルムアルデヒドやアセトアルデヒドのほかに、木酢液の中に含まれる多くの成分が木材を燻したときに発生する煙の中に含まれると考えられます。

表 5-2 木酢液中の主成分

成分名	分子式	含有量(%)
酢酸	$\text{CH}_3-\text{CO}_2\text{H}$	5.56
ヒドロキシアセトン	$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{OH}$	1.00
プロピオン酸	$\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{CO}_2\text{H}$	0.54
酪酸	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{CO}_2\text{H}$	0.12
フルフラール	$\text{C}_4\text{H}_3\text{O}-\text{CHO}$	0.06
フルフリルアルコール	$\text{C}_4\text{H}_3\text{O}-\text{CH}_2-\text{OH}$	0.03
フェノール	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{OH}$	0.07
3-メチル-2-ヒドロキシ-2-シクロペンテノン	$\text{CH}_3\text{C}=\text{C}(\text{OH})\text{CO CH}_2\text{CH}_2$ └──────────┘	0.10
o-クレゾール	$\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH}$	0.02
p-クレゾール	$\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH}$	0.03
グアヤコール	$\text{CH}_3\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH}$	0.18
4-メチルグアヤコール	$\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_3(\text{OCH}_3)-\text{OH}$	0.08
4-エチルグアヤコール	$\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_3(\text{OCH}_3)-\text{OH}$	0.01
その他		1.76
水	$\text{H}_2\text{O}$	90.45

すから、煙の中に食べ物を置いておきますと煙の成分が食べ物に付着します。煙の中にはクレゾールなどのフェノール類やベンツピレンなどの芳香族炭化水素が含まれていますが、これらの成分は人間にとっても微生物にとっても毒性を示す物質ですから、食べ物の外側に付着しますと腐敗を抑える効果を示します。そのため、燻製と呼んで食べ物を煙の中に置いて煙の成分を付着させ、食べ物を長期保存する技術が古くから行われてきました。

燻製をすることによる防腐効果として、フェノール類とアルデヒド類が燻煙中の食べ物の上に付着して、図 5-3 に示すような反応を起こすことも考えられます。生成した物質はフェノール-アルデヒド樹脂と呼ばれ、食べ物の表面を覆うように樹脂膜を形成しますから、外部からの微生物の侵入や酸素による酸化などの化学的変性を防ぎます。なお、フェノールとホルムアルデヒドが反応して生成する物質は、ベークライトと呼ばれるフェノール-アルデヒド樹脂で、最も早く実用化されたプラスチックです。ベークライトは電

気絶縁性に優れて  
いたために差し込  
みやプラグなど電  
気部品の材料とし  
て広く用いられて  
いましたが、色が  
黒く若干脆い性質  
のために次第に他  
のプラスチック  
に代替えされてゆ  
きました。

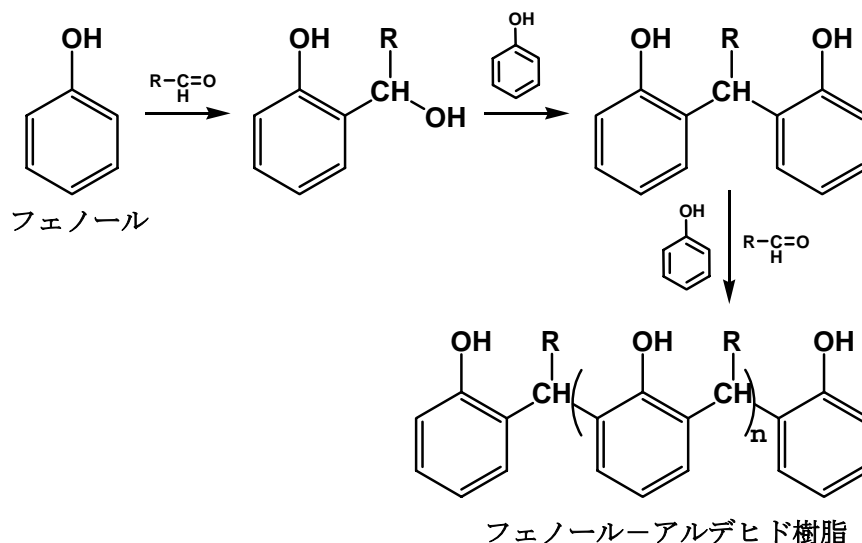


図5-3 フェノールとアルデヒドの反応

酸素などの酸  
化剤が食べ物とフ  
ェノール類の両者

が共存するときには、クレゾールやグアヤコールなどのフェノール類は非常に酸化され易い物質ですから、優先してフェノール類が酸化され、食べ物の酸化が抑えられます。生活の環境の中で不飽和脂肪酸の酸化などの食べ物の変性に最も影響を与える化学物質は酸素と思われませんが、煙に含まれる種々のフェノール類が酸化防止剤の働きをしますから、燻製をすることは化学変化による変性を抑え長期保存のために効果を示します。

煙に含まれるフルフラールは若干焦げ臭い香りを持っていますし、クレゾールやフェノールは病院の匂いですが極微量ではスットする好ましい香りです。さらにアセトアルデヒドは熟した柿のような甘い匂いがします。これらの芳しい香りの成分も食べ物に付着しますから、燻製を施した食べ物は独特の香りを持っています。用いる木材の種類により発生する煙の中に含まれる成分も微妙に異なりますから、食べ物を燻製するための適当な木材を選ぶ必要があると思われます。カナダのキングサーモンは梅の木を燻して発生させた煙で燻製し、オーストリアのチロル地方ではクリスマスツリーに使った樅の木で豚肉を燻製する習慣があると聞いています。通常食べ物を燻製するときには甘い香りが強く付着する桜の幹を燻して燻製することが一般に好まれるようです。

煙に含まれる成分が腐敗を引き起こす微生物にとって毒性を示すと共に酸化防止剤の働きを示すばかりでなく、容易にフェノール-アルデヒド樹脂を形成することから、食べ物の長期保存のためには極めて有効な技術と考えられます。前節で述べた漬物の技術も食べ物を長期保存するための有効な技術ですから、両者を併せればさらに長期保存のために大きな効果が生まれます。豚のあばら骨の近くの肉の部分に塩漬けにして脱水と味付けをして、保存効果を持たせます。さらに表面の食塩を取り除いた後に燻製をしてベーコンを作ります。著者は豚のあばら肉に食塩と香料と少量のアミノ酸を良く擦り込んで重石を載せながら約4日漬け込みます。流水で15分間表面の食塩などを洗い落としした後、70~80°C

の比較的高い温度で桜の木を燻しながら 4 時間ほど燻製します。出来上がった自家製ベーコンは著者の朝食に欠かすことのできない食べ物で、冷蔵庫で 2~3 ヶ月は保存できます。

ソーセージは色々な肉を細かく切ってひき肉にし、でんぷん（コーンスターチ）、卵、牛乳、ぶどう酒を種々の香辛料や調味料と共によく練って、腸詰めしてから加熱して造ります。羊の腸は細くて長いため、ウインナーソーセージなどの細いものに、豚の腸はフランクフルターなどの太さ 2cm 程度のソーセージになります。牛腸はポーランド風ソーセージなどのもっと太いものを作るときに使われるようです。このようにひき肉を作り、よく混ぜながら練り、細くて薄い腸に詰め込む操作の間に、温度が上がりますと蛋白質の変性が起こり、保水力が失われてしまいます。また、肉の腐敗や酸化による変性も温度が高いほど早くなりますから、手際よく冷たい温度の条件で肉詰めまで完了しなければなりません。さらに、腸詰めした生のソーセージの味と食感を保つために、蛋白質の変性温度よりも若干低い約 70℃の温度で加熱して調理と殺菌を行います。最後に燻製をして匂いを付け、自家製ソーセージの完成です。

腸は何れも栄養成分だけを吸収する働きを受け持つ内臓器官ですから、水分は比較的通過できますが微生物は殆ど通過できないろ紙やフィルターの働きをする膜になっています。腸の中に食べ物を詰めますと、外界からの空気や微生物の侵入を抑えることができ、長期保存を可能にします。さらに、外側を燻製することにより、煙の中に含まれる成分が微生物の繁殖を抑えますから、腐敗することなく保存できる期間を延長できます。

煙に含まれる成分が腐敗を引き起こす微生物にとって毒性を示すと共に酸化防止剤の働きを示すばかりでなく、容易にフェノールアルデヒド樹脂を形成することから、燻製の技術は食べ物の長期保存のためには極めて有効と考えられます。さらに、漬物の技術も食べ物を長期保存するための有効な技術ですから、両者を併せればさらに長期保存のために大きな相乗効果をもたらします。しかし、この燻製の技術は穀物や野菜などにはあまり適当でなく、それらの食べ物の保存方法としての利用例は多くないように思われます。