

「食品の発酵と熟成」

何がどう違うの？なぜおいしくなるの？おいしさとは？
人間の知恵ってすごい！

北海道大学名誉教授
服部 昭仁

発酵

発酵とは？

微生物またはそれらの酵素が、人間にとって有益な物質を作り出し
たり、有効な手段となったりすること(小泉武夫)

食材の外部に存在する酵母や細菌などの微生物が生きていくためのエネルギーを得るため(=代謝活動、人間・動物でいう呼吸)に食材に含まれるでん粉や糖、タンパク質などの有機化合物を分解して、アルコール類・有機酸類・二酸化炭素・アミノ酸などを生成していく過程。

発酵＝「微生物がエサを食べて、何かを作り出すこと」
発酵に必要な不可欠なものは「微生物」と「エサ」。
その結果、「作り出された何か」が、「発酵物」。

発酵と腐敗: 美味しいと「発酵」、不味いと「腐敗」

「微生物がエサを食べて、何かを作り出すこと」自体は同じだが、
発酵は、アルコール類・有機酸類・二酸化炭素などを我々の生活に有用な食材を生成していく過程。
腐敗は、有機化合物の分解によって有毒な物質と汚臭を生じて可食性を失う行程。

大豆の例:大豆を煮て放置すると腐敗菌の侵入で「腐敗」してしまう。しかし、これに食塩存在下で酵母や乳酸菌で「発酵」させると味噌や醤油になり、納豆菌を繁殖させると納豆になる。

- 発酵・・・人間にとって有益なもの⇒ 美味しい、健康にいいもの
- 腐敗・・・人間にとって不利益なもの⇒ 美味しくない、健康に悪いもの

「発酵」と「腐敗」という言葉は、私たちの価値基準によって 使い分けられている！

発酵食品とは？

発酵させることで風味が増し、おいしさに深みが出るなど、もとの食材以上の魅力を持つようになる。さらに、栄養成分が増したり、健康効果を高めることもある。

- ヨーグルト ... 整腸作用、免疫機能向上、アレルギー抑制
- 納豆 ... 血栓溶解、脳卒中や心筋梗塞の予防
- 味噌 ... 動脈硬化、胃潰瘍などの予防 など

発酵食品の魅力(1)

・保存できる

牛乳の例:搾乳後の乳を放置すると腐敗菌より圧倒的に多い乳酸菌により円滑に乳酸発酵によって発酵乳ができる

乳酸菌は、乳糖をブドウ糖とガラクトースに分解し、生じた糖を取り込んで乳酸発酵を行い、生じた乳酸を体外に吐き出す。乳酸は乳酸そのものの抗菌性と乳酸の生成によるpHの低下により生育できない腐敗菌や雑菌を抑える。

微生物界の掟「拮抗作用」

この現象は、乳ばかりでなく大豆の発酵による味噌や納豆、漬や餅を飯と共に発酵させた熟鮓、様々な漬物もその例。発酵させることは保存に通じる。

発酵食品の魅力(2)

・滋養の宝庫

大豆

煮た大豆と、それに納豆菌を繁殖させて作った納豆

米

蒸した米に麹菌を繁殖させた「麹」
麹に湯を加えて一夜置いてから飲む甘酒
高含量のブドウ糖、アミノ酸、多量のビタミン類を含有

7

発酵食品の魅力(3)

神秘的な匂い・香り

発酵した食品は匂いと味に極だった特徴がある

鮎ずし、くさや、納豆、チーズ

発酵食品の個性的な匂いは、発酵を司る微生物の生理作用に由来微生物がそれぞれ固有の匂い成分を発酵生産する。

味噌には味噌の匂いを、麹には麹の匂いを特徴づける成分が発酵菌によって生産される。

強烈な匂いばかりではない。

日本酒の馥郁たる香り、ウイスキーの芳香、パンの豊饒な香り

8

発酵食品の魅力(4)

うまみの醸成

味噌や醤油のうま味
生の魚と魚醤
牛乳とチーズ
米と酢

発酵を行う微生物は、常に原料成分を分解してうま味成分を生成し、それらがさらに成分の一部に作用して、もっと呈味性の強い成分を作り出す

9

発酵食品の魅力(5)

超過密な微生物群

発酵の場は、それを司る微生物群で超過密の世界である。

微生物は、格好の生育環境下に入った時、一挙にその数を天文学的に増加していく。

発酵直前のブドウの果実1g中およそ10万個の酵母
発酵24時間後4千万個(約4百倍)
48時間後2億個(約2千倍)に増加

発酵中の練みそ1g中
生きて活動している乳酸菌約8~10億個
その他の細胞や酵母数 約1億個以上生息

10

発酵食品のうま味の代表例・鰹節

粗節(原料のカツオを卸して煮て、燻したもの)に糸状菌(有益発酵カビ)を繁殖させると糸状菌は先ず鰹肉中の主要成分であるたんぱく質を分解して、うま味の主成分となるアミノ酸類を豊かに蓄積させ、さらに肉中に存在する核酸関連物質を分解して強い呈味性を有するイノシン酸になる。

このイノシン酸はアミノ酸と相乗して驚くべき強い呈味性を示す。その旨味の相乗は、呈味性のアミノ酸の代表であるグルタミン酸が単独で存在した場合の呈味力を1とするとイノシン酸を5%程度加えたと6倍程度高まると言われている。

11

世界で一番硬い食べ物鰹節に見る先達の知恵

粗節の表面に繰り返し鰹節菌(麹カビの一種)を密生させる。カビに荒節内部に残っていた水分を完全に吸い取らせる。

カビは、他の微生物に比べてその生育に水分を大量に必要とする。完全に水分がなくなった鰹節は、硬く、他の微生物は全く生育できない。

長期保存が可能となる

鰹節菌は節の表面で水分を吸収しながら繁殖する一方で、様々な酵素を生産して節の内部に送り込む。

たんぱく質分解酵素 アミノ酸の生産

核酸(ATP)分解酵素 イノシン酸の生産

うま味成分(アミノ酸とイノシン酸)を多量に含む。

油脂分解酵素

油脂成分を脂肪酸とグリセリンに分解

煮出汁の上に油脂成分が浮いてこない

12

醤油に見られる知恵

日本の気候風土に適した麹カビ

植物たんぱく質をよく分解するたんぱく質分解酵素をもつ
うま味の主成分であるアミノ酸を多量に生成

三大微生物が絶妙な連携プレー

醤油の発酵過程では、**麹カビ、酵母、乳酸菌**で発酵

蒸した大豆と煎った小麦を種麹とともに混合し、麹室で製麹すると、麹カビが繁殖して**醤油麹**ができる。この麹の中には麹カビの生成したたんぱく質分解酵素が多く含まれていて、味噌での発酵の際に原料のたんぱく質を分解し、アミノ酸が蓄積される。

13

醤油に見られる知恵

次に、この麹と食塩と水を仕込み桶に配合して**味噌**を造る。

この味噌では、主として麹に付着していた**耐塩性酵母**や**耐塩性乳酸菌**が繁殖して発酵が起こる。

約1年間、発酵熟成を行う間、それらの微生物はアルコールやエステル類、有機酸類などを蓄積し、特有の香味を持った醤油が出来上がる。

この**醤油味噌**には**18%の高濃度の食塩**で**耐塩性微生物**だけが活動する。

現在は、予め純粋に培養した耐塩性酵母や耐塩性乳酸菌を味噌の仕込み時に加えることが行われている。

14

知恵の深さとユニークな発想

湿度の高い環境を好むカビの性質を見事に見抜いたこの麹師の発酵法は、世界に類例のないものである。

日本の風土に合った麹カビ、高い食塩濃度で活性をもつ耐塩性酵母や耐塩性乳酸菌の利用によってわが国独自の発酵調味料醤油を作り出した。

わが国の先達たちの発酵に対する知恵の深さとユニークな発想は驚くべきものである。

15

日本料理の傑作 発酵調味料 麹師・味噌・醤油・酢

- ・ 出汁として利用される麹師は油脂が出てこない
- ・ 味噌汁に欠かすことのできない味噌
- ・ 刺身や料理の味付けに必須の醤油
- ・ 鮎の酢めしに欠かせない酢

- ・ これらの発酵調味料は、いずれも質素にして格調高く上品で肌理の細かい日本料理の方向を決定する要因であり、これらの調味料の使用によって、日本ならではの精進、懐石といった侘び寂び料理の誕生が可能になった。

16

発酵食品に見る人類の知恵

乳の発酵(ヨーグルト・チーズ・バター)・
麹師・熟酢・納豆・発酵茶・パン・くさや・
酢・発酵肉・麹・漬物・キムチ・醤油・味噌・

ユニークな伝統的発酵食品
キビヤック、メフン・魚醤・
解毒発酵食品フグ卵巣の糠漬け

人類は、目に見えない微生物の働きを応用して「発酵」文化を創造・発展させてきた。微生物の性質を知り抜いた知恵の集積とたゆまない観察、豊かな発想から生まれ先人の知恵の巧みに驚かされる

17

熟成

18

熟成とは？

対象とする食品に一定の温度・時間などの環境条件を与えることによって食品の品質を向上させ、美味しくすること。

熟成の目的は、食品を好ましい品質にすること。

19

熟成の手段

微生物による熟成

味噌、醤油、納豆、パン生地、チーズ、発酵ソーセージ、ビール、漬物、食酢、その他の発酵食品など

酵素反応による熟成

小麦粉、果実、食肉、甘味噌、魚醤など

化学反応による熟成

熟成清酒、ワイン、紹興酒、ソース、麺生地、凍り豆腐など

物理反応による熟成

蒸留酒の水和、異臭の揮散、漬物類の呈味性成分の浸透、バターなど

実際には、これらの熟成が同時に複雑に絡んで起こる場合が多い。

熟成は時間と環境の力

熟成によって美味しさを引き出すためには、「時間」「温度」「湿度」を絶妙に管理する技術が要求される。

さらに酸素・pHなどの外的環境要因の力も加わって、食材がより一層良質な好ましさを増した状態に変化したのが熟成食品である。

管理を間違えると「有害な微生物」が繁殖して腐敗してしまうので要注意！

21

熟成中の食品に起こる変化

対象の食品素材に内在する酵素やミネラル等の構成成分と外的環境(温度、湿度、時間)の総合作用によって、タンパク質や核酸などの生体高分子が分解されてアミノ酸やイノシン酸等の低分子になり、素材自身の物性が食品として好ましい状態に変化し、美味しさが醸成される。

この変化は、食材自身の細胞に含まれる分解酵素により分解されることによるもので、基本的に外在性の微生物の活動によるものではない

22

熟成により変化が期待される成分

熟成においては、食品素材中のたんぱく質、脂肪、でん粉、その他の多糖類・高分子物質の分解・変化や、特定できないが多種類の成分の相互作用など総合的な変化が期待される。

たんぱく質の変化

食肉・食肉製品における硬さ・弾力性などの物性や呈味性の向上

脂質の変化

チョコレートのトリグリセライドの結晶構造の安定化
熟成した食肉の風味の改善

炭水化物や糖類の変化

でん粉の糖化、メイラード反応、発酵食品

23

例：食肉の熟成

食肉を熟成することで、食肉中に内在する酵素やカルシウムイオンによって筋肉の構成成分である生体高分子タンパク質が分解され、「ペプチド」や「アミノ酸」に変化する。その結果、食肉の構造が脆くなり適度な軟らかさと、ペプチドやアミノ酸の呈味性によって旨味も引き出される。脂肪の分解・変化によって好ましい香りを生ずる。

しかし、熟成によって美味しさを引き出すためには、内在する「酵素」がうまく働くために「温度」「湿度」「時間」を絶妙に管理する技術が要求される。

管理を間違えると「有害な細菌」が繁殖して腐敗してしまう

24

発酵食品における熟成工程

発酵食品には、発酵工程とは別に熟成工程がある。
多くの発酵食品は、最終製品が液体であり、膾炙という固液合体からろ過工程によって固形分が除去される。

ろ過直後の製品を直ぐに製品化する場合もあるが、大概は最初の液体を別の容器に移して、低温で保管される。これが熟成という工程。

25

発酵食品における熟成工程

酒類の場合

酒類はこの工程を重視し、その時間の長さを付加価値とする場合が多くある。ウイスキーや泡盛などの蒸留酒では、好んで使用されるし、ワインはビン詰め後の熟成を大切にしている。

この熟成中の中身は、ろ過工程で微生物や酵素は除去されたり、加熱によって酵素反応は停止されていたりするので、熟成工程での変化は発酵工程での反応と根本的に異なる。

26

発酵食品における熟成工程

味噌の場合

味噌は発酵工程と熟成工程を分断する工程がないので、以前から発酵という言葉は使わず、熟成という言葉で一本化している。

麹・蒸煮大豆・塩・発酵微生物などの原料を混合する工程を仕込みと言い、これを容器に移して温度管理する工程を熟成と言っている。

味噌を同一容器内で何年置いても、仕込みの時と変わらないので、熟成ではなく、発酵が継続していると考えるのが普通だが、味噌に神秘的な要素を入れ込むために、熟成という言葉を使ったものと思われる。

27

発酵と熟成のまとめ

発酵とは、微生物の力を借りて(=増殖や代謝によって)更に有用な別のものに変化させることを指す。

熟成とは、ある食品を保存しておき、より利用に適した状態にすることを指す。このとき、科学的には内部酵素が働く場合や発酵を伴う場合もあるが、具体的な化学反応や発酵様式がわからない場合も含まれる。

発酵は微生物による有用物の生産、熟成とは時間経過と環境によって成分・品質が改良されること、熟成の一部には発酵と重なる部分があるといえる。

28

発酵も熟成も食材をおいしくすることが目的

発酵も熟成も、そのプロセスによって食材は風味を増し、おいしさに深みが出るなど、もとの食材以上の魅力を持つように食材を変化させる。

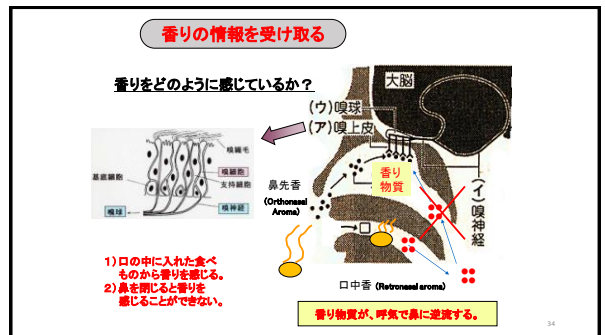
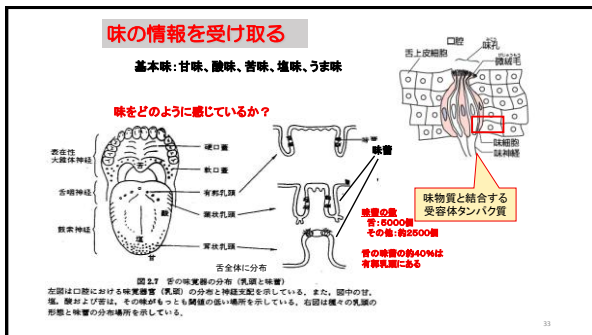
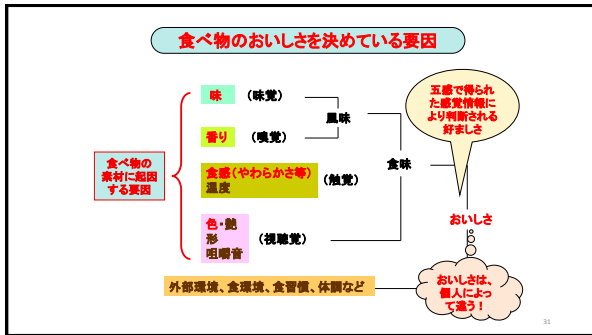
このような変化は、いずれももとの食材を構成する生体高分子成分が低分子に分解することによって惹起される。

呈味成分は、全て低分子である。

29

おいしさとは？

30



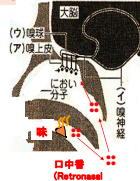
食べ物をお口に入れた時の味と口中香の相互作用

近年、味と香りが相互作用をしていることがわかってきた。

- 「バナナのような甘い香りが甘味を増強する」
- 「肉の香りが塩味を増強する」
- 「レモンの香りが酸味を増強する」
- 「フタライド類が酸だしの風味を増強する」

『香り』が『味』に影響を及ぼすことは明らかとなっている。最新の脳科学では味の判断はなんと80%がこの嗅覚、舌で味わっているのはわずか20%なんですって！

うま味物質が口中香の感覚強度に及ぼす影響？



五番目の味覚「うま味」とアミノ酸

- ・長い間、人間の味覚は、「甘味」「酸味」「塩味」「苦み」の4種類とされていた。1908年に日本の研究者、池田菊苗がうま味物質である「グルタミン酸モノナトリウム塩」という物質を発見した。これは、日本でいうところの「ダシ」の味で、4つの味覚とは違うものだと言いましたが、ダシ文化のない欧米の研究者からは相手にされなかった。
- ・ところが2000年、舌にある味蕾(みらい)の感覚細胞にグルタミンを感じ取る「グルタミン酸受容体」が発見され、「うま味」が実在することが認められた。
- ・グルタミン酸をはじめ、アミノ酸には複雑な味を併せ持つものが多く、それらの割合や量、組み合わせの変化で、食事を楽しむことができる。

アミノ酸の味

・甘味をもつアミノ酸

グリシン、アラニン、スレオニン、プロリン、セリン、グルタミン
アミノ酸の甘味は、砂糖に比べるとあっさり、さっぱりとした自然な甘味。

・うま味や酸味をもつアミノ酸

グルタミン酸、アスパラギン酸
うま味や酸味をもつアミノ酸は、料理の美味しさの決め手となる。
特に、グルタミン酸は、人間の味覚を研究する上で重要な発見となった。

アミノ酸の味

・苦味をもつアミノ酸

フェニルアラニン、チロシン、バリン、メチオニン、アルギニン、
ロイシン、イソロイシン、ヒスチジン

苦味のあるアミノ酸は多く、メチオニンは非常に苦く、バリンには多少の甘味も含まれる。
また、味覚ではないが、チロシンにはタケノコやパルメザンチーズのシャリシャリした食感を持たらす性質があることがわかっている。

アミノ酸以外のうま味物質

・〈核酸系〉

核酸はヌクレオチドとも呼ばれるリン酸を含んだ物質。生物の代謝や運動エネルギー源となるアデノシン三リン酸(ATP)が有名。
うま味物質として知られるのは、煮干し、かつお節、魚、肉類に多く含まれるイノシン酸、干したきのこ類に多く含まれるグアニル酸。
イノシン酸は、ATPの分解産物。

・〈有機酸系〉

有機酸とは一般に窒素を含まない炭素化合物のことを言い、酢酸、クエン酸、乳酸、コハク酸が有名。
・この中でうま味を呈するものとしては貝類に多く含まれるコハク酸が知られている。

食品の熟成でうま味が増加

食品の熟成とうま味成分には深い関係がある。
例えばトマトは真っ赤に熟すに従い、グルタミン酸が増加。
肉類や魚類も時間の経過によってたんぱく質が分解されてアミノ酸の一つであるグルタミン酸が増える。
筋肉中にエネルギー源として蓄えられていたATPが分解されてイノシン酸になり、肉や魚に含まれるうま味成分が増える。
チーズや生ハムなども熟成期間中にたんぱく質が分解されることによってアミノ酸が増加してうま味成分であるグルタミン酸が増えていく。

うま味の相乗効果について

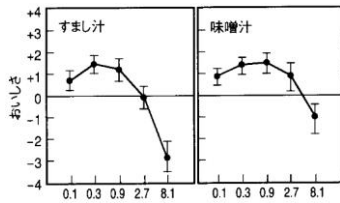
うま味物質は単独で使うよりも、アミノ酸であるグルタミン酸と、核酸系うま味物質であるイノシン酸やグアニル酸を**組み合わせ**ることで、うま味が飛躍的に強くなることが知られており、それを「**うま味の相乗効果**」と呼ぶ。

日本料理では昆布(グルタミン酸)と、かつお節(イノシン酸)、西洋料理や中国料理では野菜類(グルタミン酸)と肉類(イノシン酸)を組合せてだしをとり、古くから料理に利用してきた。「うま味の相乗効果」が発見されたのは1960年だけが、それよりもずっと前から世界各地で経験的に料理に活かされてきた。



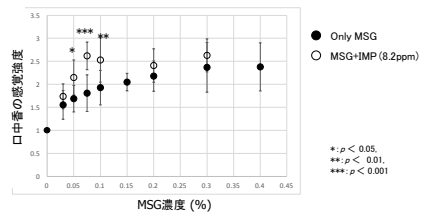
うま味物質の添加量とおいしさとの関係

<各種食品にMSGを添加した時のおいしさ>



適量のMSGの添加は、食べ物をおいしくする。

うま味物質の添加が口中香の感覚強度に及ぼす影響



うま味物質の添加が口中香の感度を最大2.5倍強めた。

食品のもう一つの深い味わい—「コク」

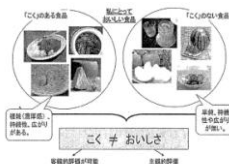
食べたとき、味が濃くてその刺激が長く残る感覚を「コクがあって、美味しい」と表現する。

しかし、強すぎると「くどい」「しつこい」と言い、「おいしい」とは言わない。

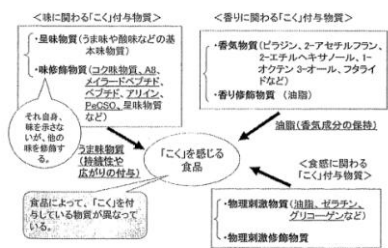
「コク」には、複雑感、濃厚感、持続性、広がりがある。

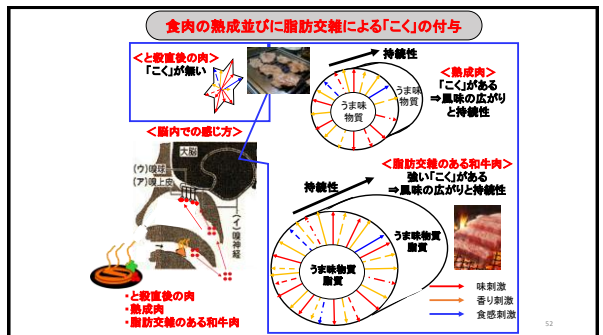
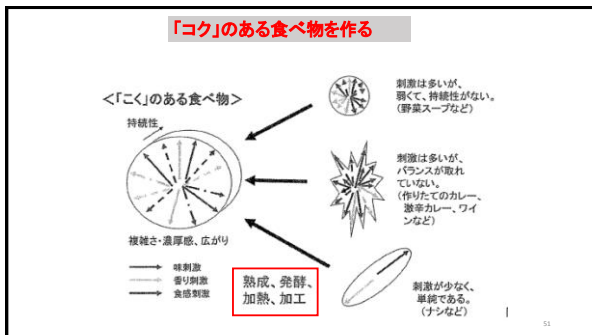
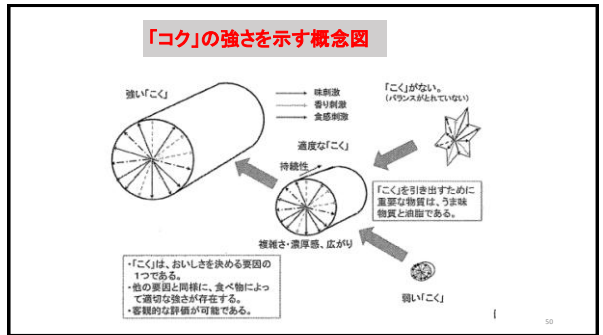
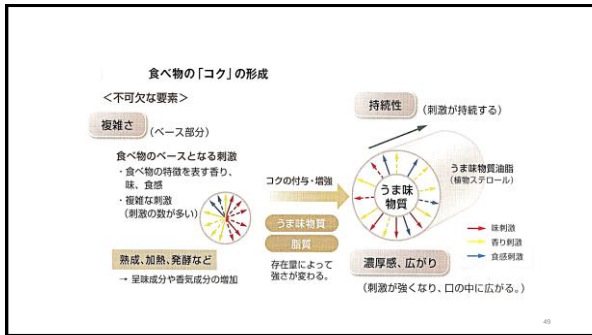
カレー、シチュー、ラーメンは「コク」があって美味しいが、果物は、美味しいがコクがあるとは言わない

「コク」と「おいしさ」は同義語ではない



「コク」付与物質の分類





食肉の熟成に伴うコクの付与

味刺激による「コク」の付与はどのようにして生じるか？
 うま味成分アミノ酸の増加
 うま味成分イノシン酸の減少 (味刺激の減少)
 コクが付与され美味しさが増大

何が「コク」を付与する？
 イノシン酸の分解物 ヒポキサンチンの増加
 ヒポキサンチンが食肉の「コク」を増強
 ヒポキサンチンは苦味成分
 苦味成分に依る「うま味」と「コク」の増強

食肉の熟成に伴う「コク」の増強にヒポキサンチンが関与

樹は根に拠って立つ
 されど
 根は人の目に触れず

倉本 龍作 「やすらぎの星」より

ご清聴、ありがとうございました。