

## 総説特集 食べ物のおいしさと熟成を科学する - 8

## 食品のこくと、こく味\*

齊藤 知明\*\*

(協和発酵工業株式会社 食品開発研究所)

熟成したり煮込んだ食品に共通して感じる厚みと持続性を「こく味」と定義し、食の簡便化のなかで失われがちなこの風味を捉えようと考えた。そこで長期熟成を経る伝統製法で作られるゴーダチーズと信州味噌がこの「こく味」を持つ事に着目し、その長期間の熟成過程における色、成分、風味の変化を調べた。その熟成過程において、共通して酵素反応によるペプチド生成に続く非酵素的修飾が進行し、厚みと持続性が発現した。このペプチド画分のメイラード反応物は、長期熟成された食品の持つ「こく」に寄与することが示唆された。

キーワード：こく味、熟成、チーズ、味噌、メイラードペプチド

## 1. 加工食品の調味

味と匂いは食物選択において重要な役割を果たしている。5基本味で言えば、甘味はエネルギー源、うま味は蛋白質、酸味は腐敗物、苦味は毒物のシグナルになり、栄養物を食べやすくして有害物質から身を守る探知メカニズムとして働いている。一方、人は食経験を通してあらゆる手段で舌を刺激して楽しんでおり、例えばコーヒーのカフェインやビールのイソフロンなどの苦味、キムチのカプサイシンの辛味、酢の物の酢酸の酸味など、動物が避ける味であっても好んで食べている。このような食文化は経験の積み重ねから生まれ、その文化に合わせて調味料が作られてきた。

そして今、加工食品、外食や中食が広く食生活に関わっており、その調味には「さ、し、す、せ、そ」と言われる伝統的調味料の他に多くの調味料が使われている。その味の組み立てについてまとめた(図1)。横軸は風味の強さを、縦軸は複雑さとバランスを示す。まずグルタミン酸ナトリウムなどのうま味調味料は強いうま味を付与し、たん白加水分解

物は多種類のアミノ酸とペプチド、そしてクッキングフレーバーでインパクトのある風味を付与する。それに複雑な風味を付与する酵母エキスを加えた三者でベースのうま味が作られる。エキス類は料理の土台であるだしの機能を持ち、強い呈味はないがベースのうま味が加わるとその素材に特徴的な風味が引き出される。各種の畜肉、魚介、野菜抽出エキスが使われている。醸造調味料は、マスキング機

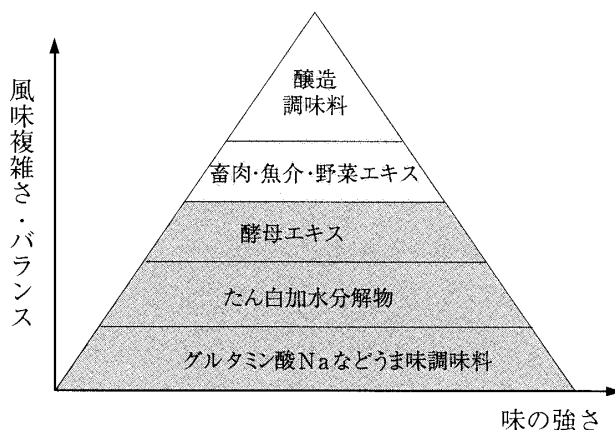


図1 調味料による味の組み立て。

\* Received June 9, 2004; Revised and Accepted July 13, 2004.

Koku and Kokumi in Foods.

\*\* Chiaki Saitoh: Food Creation Center, Kyowa hakko kogyo Co., Ltd. 4041, Ami, Ami-machi, Inashiki-gun, Ibaraki, 300-0398, Japan. chiaki.saito@kyowa.co.jp, Fax: +81-29-887-2138

能などを持ち調味のバランスを整える。酒類は古くから料理に使われており、日本でも奈良時代にすでに記述が認められる。加工食品や惣菜分野では、一部調理の領域も含むこれらの調味料を活かして味が組み立てられ、さらにソースや醬なども加わって、細部の味作りにこだわった製品が多くなっている。

## 2. 調味料の課題とこく味

その加工食品や惣菜の製造現場では、コストや世情を考慮した原料選択、大量生産や流通に対応できる効率的な加工法の選択が行われている。このコスト競争力や保存性に加えて、もちろん差別化されたおいしさが求められている。家庭の手作りとは違う製法で味を組み立てるために、これら調味料が活用される。例えばレトルトカレーでは、長時間の煮込みの代わりにレトルト殺菌中に調理が行われる。あるいは惣菜の筑前煮も別々に調理された肉や野菜を均等に盛り合わせた上に、たれをかけて調味される場合があり、素材を合わせて煮込むことで生まれる複雑な風味が足りなくなっている。この様に、製造現場で工夫がなされる中で「こく」に関わる風味が取り残されていることに注目した。

その「こく」という言葉については、「こくがあっておいしい。」とは言うが、「こくがあってまずい。」とは言わない。「こく」という言葉は、「手間ひまかけた」「熟成した」「じっくり煮込んだ」と言った本格的で素材や調理にこだわった料理を連想させるおいしさに直結する言葉である。「こく」があると言われる食品をあげると、様々な食品でいろいろな意味で「こく」が使われている事が分かる。しかし、お汁粉、アイスクリーム、ビール、シチューの「こく」が同じ風味と成分とは思えない(図2)。例えば、ビールの「こく」はホップ由来のイソフムロンの苦味や炭酸ガスの刺激などから生じると言われており、またトンコツラーメンで言われる「こく」は、油脂やゼラチンにより口当たりが改善されて感じられる。

そこで多様な「こく」の中から、今の加工食品に求められる「こく」を絞り込んだ。消費者を対象に「こく」がイメージされる食品を調査したところ、スープ(コンソメ・ポタージュ)、カレー、ラーメンスープ、みそ汁などが挙げられ、これら食品を食べる時に「こく」を強く意識して求めていると考え

た。これら食品の「こく」は、共通して長時間の煮込みや長期間の熟成で得られる風味として捉えられた。

## 3. こく味とは

食品を煮込んだり熟成することによって、味がまとなり厚みや広がりを得られた時、こくが出たと一般的に表現される。「こく味」とは、多様なこくの中で、特に食品を煮込んだり熟成したりした時に共通して感じられる風味であると考えた(図2)。食の簡便化、合理化のなかで失われがちなこの風味を一般化し、調味料に組み込むことができると考え、その共通する味質である「こく味」を「持続性があり、厚みのある強い味とフレーバー」と定義した(図3)。

この図は食品を口に入れてからの時間経過に対する風味の変化を模式的に表している。物を食べるとまず塩味、酸味、うま味、甘味などのベースの味を

		熟成した時	煮込んだ時
お汁粉のこく	ビールのこく	味噌のこく	シチューのこく
アイスクリームのこく	ミルクのこく	チーズのこく	豚骨ラーメンのこく
紅茶のこく	コーヒーのこく	ワインのこく	カレーのこく

図2 「こく」のある食品と「こく味」のある食品。

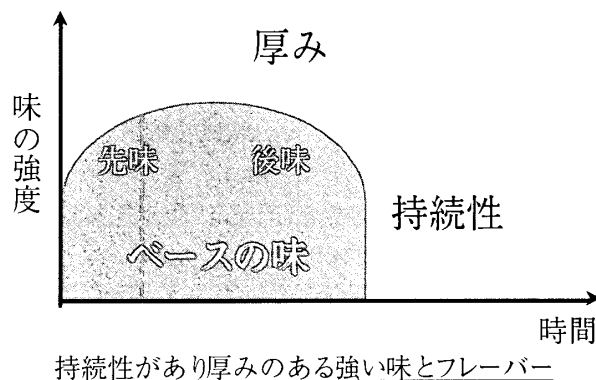


図3 「こく味」の定義。

感じるが、こく味はこのベースの味に厚みと持続性を与える。呼吸によって鼻に抜ける香りも加わり、口腔内全体にひろがる複雑な風味が「厚み」として感じられる。また飲み込むまでの変化が少ない「持続性」のある風味であることを示す。身近な食品のこくをわかりやすくイメージできる方法として紹介し続けており、こくの一部を表現できていると考える。そして「こく味」の厚みの部分はある種のピラジン類、持続性は分子量 1000~5000 のペプチドにより付与されることがわかってきた<sup>1)</sup>。

#### 4. こく味の生成機構

食品の調理・熟成において食品素材に含まれている蛋白質、糖質、脂質、ビタミンなどは調理や発酵・熟成の工程で変化する。加熱をとともう調理工程では、ピラジン類、フラン類などが、発酵や熟成工程ではアミノ酸、ペプチド、エステル、核酸などが生成し、このようなフレーバー成分が複合的に作用してこくが形成されると言われていた。その中のどのフレーバー成分がこくに大きく関与しているかについては解明されていなかったが、我々は熟成や煮込みから生まれる「厚み」と「持続性」を与える成分として、ピラジン類とペプチドを見出した。

#### 4.1. ピラジン類

まず、こく味がある肉エキスの調理フレーバーに着目した。肉の成分である脂質、糖質、アミノ酸、ビタミン、ペプチドなどの成分が、メイラード反応などの種々の調理反応からフラン類、ピラジン類などを生成して好ましい風味を付与する。この風味を、抽出分画して食品に添加し、厚みと持続性を与える画分を探した結果、ある種の側鎖を持ったピラジン類がこく味を付与する事が明らかになった<sup>2)</sup>。主要な肉の調理フレーバーの生成経路をまとめたが、ピラジン類はメイラード反応によって糖や脂質から生成するカルボニル化合物とアミノ酸が反応して生成する (図4)。焼肉、ポテトチップス、コーヒーの中の風味成分でもあり 100 種類以上の成分が知られており、その中に食品の味に厚みを与えるものがある。

#### 4.2. ペプチド

デリシャスペプチドなど多くのペプチドの呈味への関与が報告されている。苦味を有するペプチドも多数報告されているが、「甘味」「うま味」「塩味」「こく味」について既知文献からマッピングした (図5)。甘味を持つペプチドであるアスパルテムは極めて低濃度で甘味を発揮する。また旨味

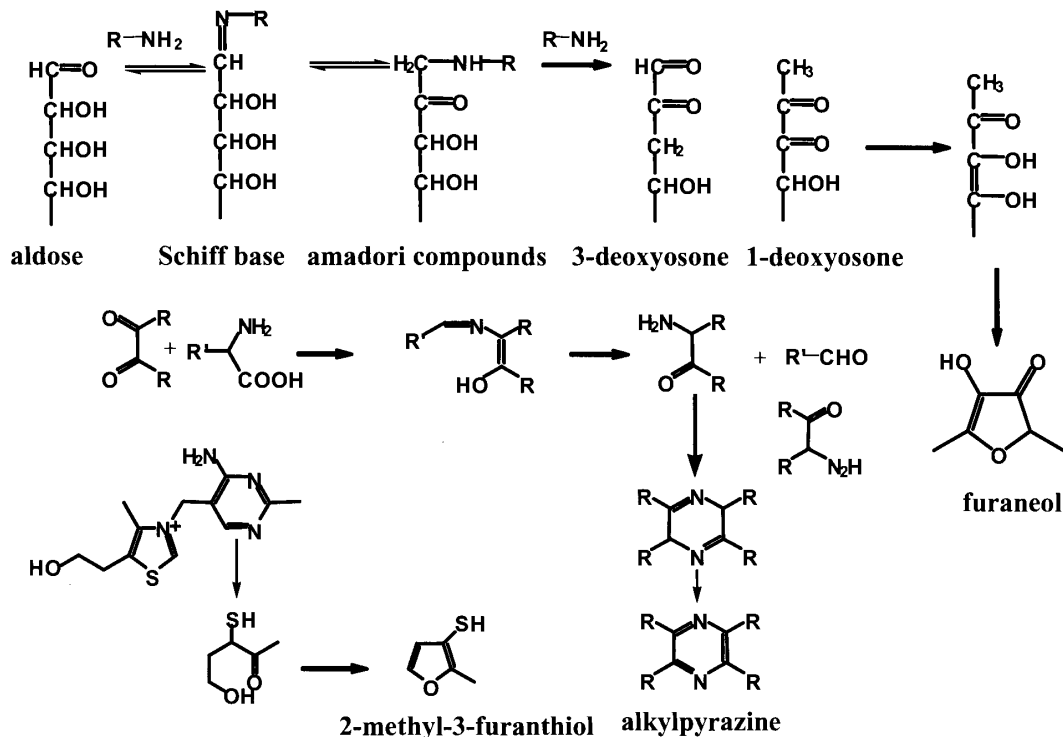


図4 肉エキスの調理フレーバーの生成経路。

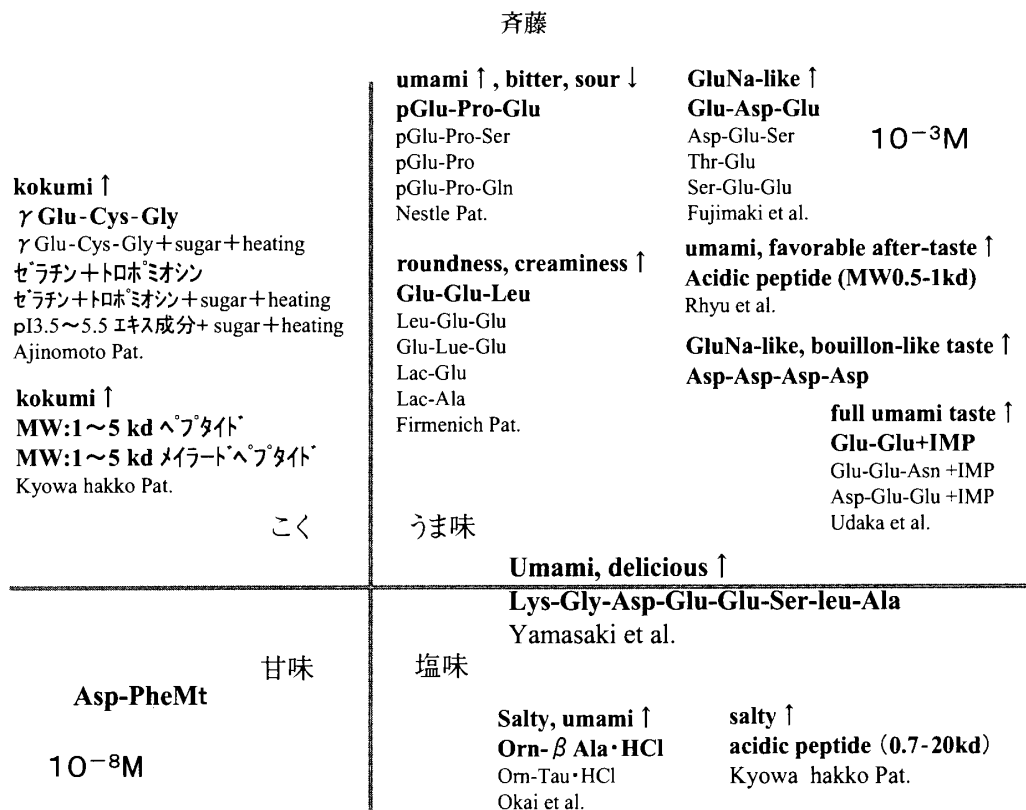


図5 ペプチドの風味によるマッピング。

を示すペプチドの報告も多く、グルタミン酸を含む低分子の酸性ペプチドは、旨味に加えてまろやかさ、酸味抑制などの味覚効果をあわせてもつ事が報告されている。原料蛋白質に多く含まれる配列モチーフが選抜される場合もある<sup>3)</sup>。より高分子のペプチドとして、塩基性、酸性、疎水性部分を持つデリシヤスペプチドが報告されている<sup>4)</sup>。また塩味ペプチドや塩味を促進する高分子ペプチドも報告されている。これらのペプチドは閾値や作用濃度が比較的高濃度 ( $10^{-3}$  M オーダー) である点が特徴である。

また旨味、塩味、苦味、甘味などの5基本味以外に、「こく」などのより複雑な官能特性をもつペプチド群が報告されており、当社でも分子量1000~5000のペプチド、それらのアミノカルボニル反応物が「こく味」を与える現象を見出している。分子量1000を越え、それ自体は呈味性を示さないが、低分子の呈味成分の共存下で味覚作用を発現するペプチド群があり、「こく味」を持つペプチドもこの様なペプチドと同じ高分子成分の領域にある。

#### 4.3. メイラードペプチド

食品中の高分子成分は発酵、熟成によって酵素分

解され低分子となり、さらに熟成や調理中にメイラード反応などによってピラジン類やフラン類を生成する。これらの低分子の呈味成分や香気成分は特徴的な強い風味を与える。

加えて、ペプチドも生成して呈味作用を現すが、このペプチドもさらに糖や脂質からのカルボニル化合物によって、N末や側鎖のアミノ基などが修飾されることが予想される。我々は、食品の「こく味」成分の探索から、特定の分子量範囲のペプチドと糖や脂質からのカルボニル化合物とのアミノカルボニル反応成分 (メイラードペプチド) が「こく味」を与えることを見出した<sup>5)</sup>。また伝統食品である熟成チーズや味噌の風味を調べた結果からも、ペプチドのメイラード反応物が、熟成した食品が持つ厚みと持続性、つまり「こく味」の一因となっていることを示唆する結果を得た (図6)。

#### 5. 熟成食品のこく味

熟成食品が「こく味」をもつ事は、世界中の「こく」の強い食品を調べる中から分かってきた。「こく」と言う便利な言葉は日本にしかないが、長期熟成した「こく」のある食品は世界中にあり、熟成すると美味しくなることは経験的に知られて伝統製法

食品のこくと、こく味

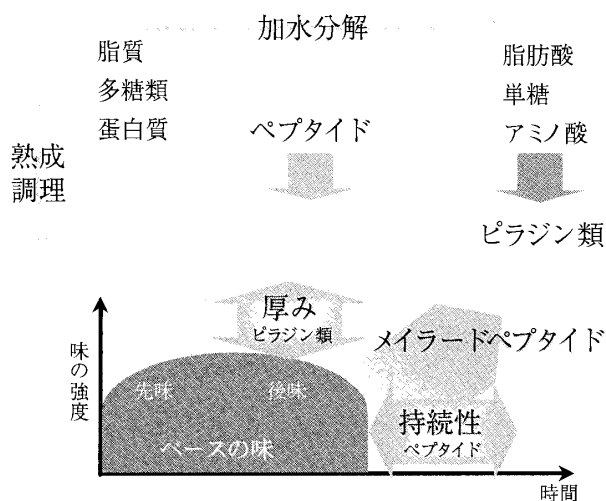


図6 熟成および調理中のこく味成分生成。

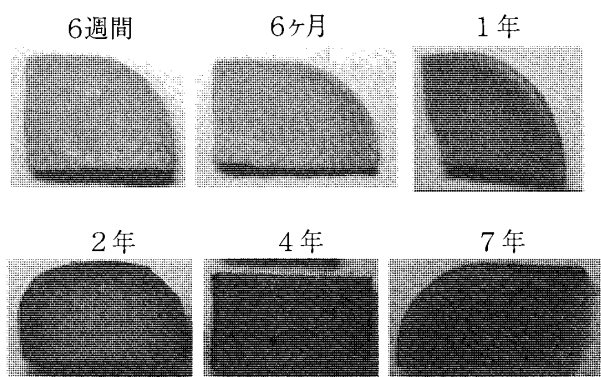


図7 熟成ゴーダチーズの外観(6週間から、7年)。

表1 熟成ゴーダチーズの官能検査

熟成期間	プロフィール
6週間	ミルクの香り、味が弱い
4ヶ月	弱いうま味、マイルド
6ヶ月	うま味、マイルド
1年	うま味、マイルド、持続性
2年	うま味、持続性、弱い厚み
4年	うま味、持続性、厚み、こく味、シャープな味
7年	うま味、持続性、厚み、こく味、シャープな味

の中に残っている。「こく」のある食品を収集して試食し、「こく」に関わる成分を調べた中から、伝統製法で作られるオランダの長期熟成ゴーダチーズ<sup>6)</sup>と信州の長期熟成味噌<sup>7)</sup>に熟成による共通した風味変化を見出した。

5.1. 熟成チーズの風味変化

オランダ北部のアムステルダムから北上した酪農地帯にあるチーズメーカーのコノ社は100年以上チーズを作り続けており、近代的設備で伝統製法を守りながらゴーダチーズを生産している。熟成期間が比較的長い事が特徴で、熟成庫で約3年まで熟成して出荷する製品がある。熟成中は、温度、湿度を厳密に管理し、加えてワックスの破損を修復したり、ワックスを二重にかけて長期保存する。さらに外部のチーズハウスでは、これを最長9年程度まで熟成したものも入手できる。

熟成6週間から、7年までのチーズの写真を示したが、熟成が進むとチーズの色は徐々に褐変し、乾燥して硬くなりアミノ酸が白く結晶化して斑点になってくる(図7)。オランダの家庭では、通常6週間から6ヶ月までの熟成したチーズを朝食で食べ、6ヶ月から2年程度のチーズをつまみに、そして3年以降のものはグラタン、パスタ、サラダなどの料理に調味料のようにかけて使用する。この熟成により変化するチーズの官能的プロフィールをまとめた(表1)。熟成期間が短いチーズは、発酵臭やミルクの香りがあり酸味の強いものであった。一方、4年以降の熟成チーズでは持続性と厚みが強く

感じられた。長期間の熟成に伴い、味が変化して「こく味」が強く発現していることが確認できた。

5.2. 熟成チーズの成分変化

熟成中に、水分は40%から30%まで減少したが、その他の蛋白質、脂質、炭水化物、灰分の組成比はほとんど変化せず、安定な食品であると考えられる。残りの半分程度を占める脂質の加水分解率も6週間からは大きく増加しないことがわかった。また脂質の酸化については、ヒドロペルオキシドは早期に上昇した後、低下して安定した。またカルボニル化合物の一部はチーズの風味形成に関わっていると考えられるが、TBA値の大きな上昇は認められなかった。

一方、固形分の40%程度を占める蛋白質成分については、各期間熟成したチーズから呈味に影響すると考えた水溶性画分を抽出し、その蛋白質成分について抽出量と分解率の変化を調べた。(図8)。加水分解率は遊離アミノ酸の比率を示している。このように、熟成2年目までは、酵素分解が進み、水溶性のペプチドやアミノ酸等が遊離してくることがわかり、うま味の増大とも対応している。しかし、

「こく味」が強くなる2年目以降では、分解率は一定であった。その蛋白質を主成分とする水溶性画分の分子量の変化をゲルろ過液体クロマトグラフィーで測定した(図9)。熟成初期では、遊離アミノ酸は少なく、熟成に伴い分解して低分子ペプチドやアミノ酸が増加した。分子量分布の結果からも2年目以降に、顕著な変化は認められない(図9左)。一方で抽出した水溶性画分の450 nmの吸光値は4年、7年と増加して、こく味の増加と対応した。そこで抽出物のゲルろ過HPLCにおいて、蛍光検出法によりメイラード反応物を検出した<sup>8,9)</sup>。

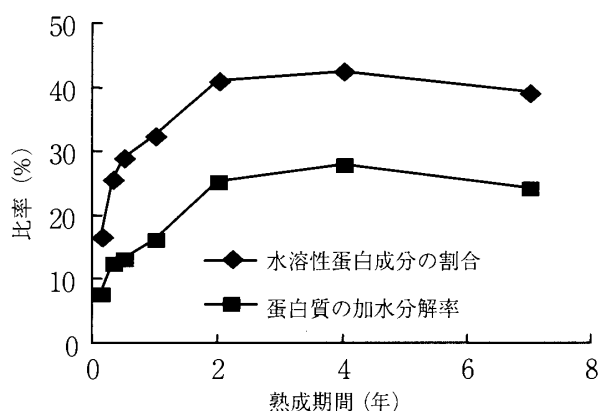


図8 ゴーダチーズの熟成に伴う水溶性蛋白質成分と分解率の変化。

熟成1年程度までは、メイラード反応による主に低分子のピークの増加が検出された。そして2年目以降では、矢印で示した分子量1000を越すペプチドを含む画分でメイラード反応が進行していた(図9右)。

### 5.3. 熟成チーズのこく味成分

そこで、このメイラード反応による修飾を受けたペプチド画分の味への影響を調べた。2年と7年の熟成チーズの水溶性画分から、メイラード反応成分を含む分子量1000以上の画分を膜分離して、0.5%のグルタミン酸ナトリウムを含むうま味溶液に0.025%添加して評価した。デキストリン添加区を対照区とした。この画分自体は、この濃度では味も香りも感じられないが、うま味溶液に添加すると厚みと持続性、すなわち「こく味」が向上し、その効果は熟成に伴って増加した(図10)。熟成チーズの分子量1000以上の画分に含まれるペプチドのメイラード反応成分が、こく味を強化することが示唆された。

### 5.4. 熟成味噌の風味変化

同様の熟成と風味の関係について、伝統的製法で作られる信州の長期熟成味噌でも調べた。図に信州の「三年味噌」の熟成にともなう色の変化を示している。春に仕込んだ味噌は、土用、寒を越し、翌年

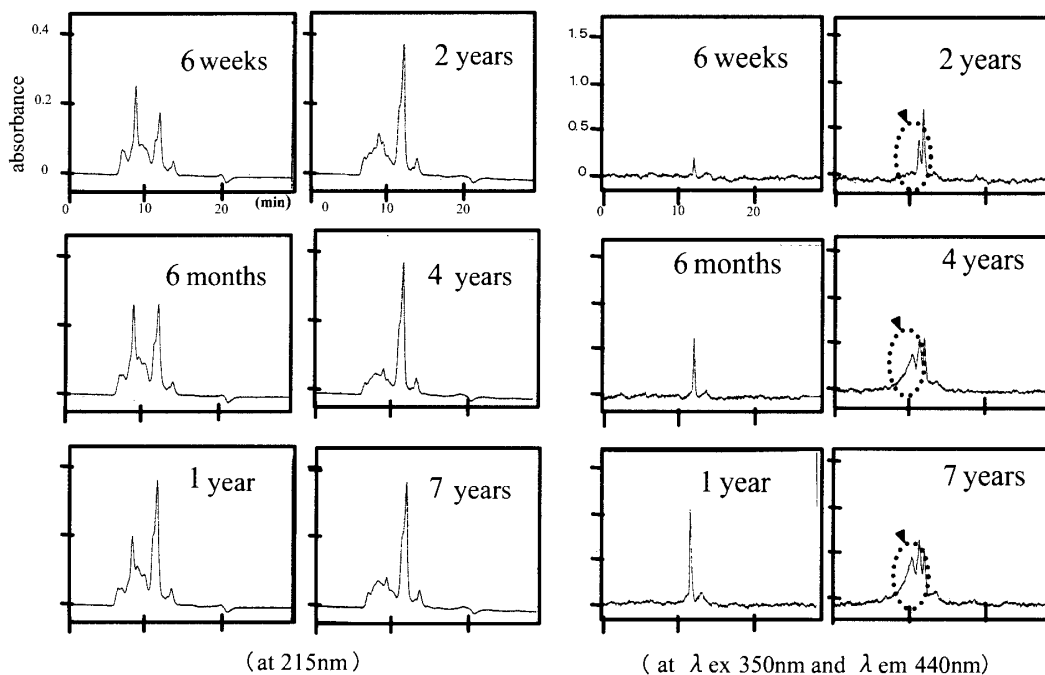


図9 熟成過程のゴーダチーズから得られた水溶性画分のゲルろ過クロマトグラム。

食品のこくと、こく味

の土用、寒を越す。チーズと同様に熟成に従い色が濃く変化する(図11)。このように土用・寒を二度越して熟成する味噌は「三年味噌」と称して、味・香り共に最高級品として重宝される。その熟成に伴う風味の変化をまとめた(表2)。11ヶ月で弱いこく味が検出され、15ヶ月以降で持続性と厚みのある、こくのある味噌に変わった。

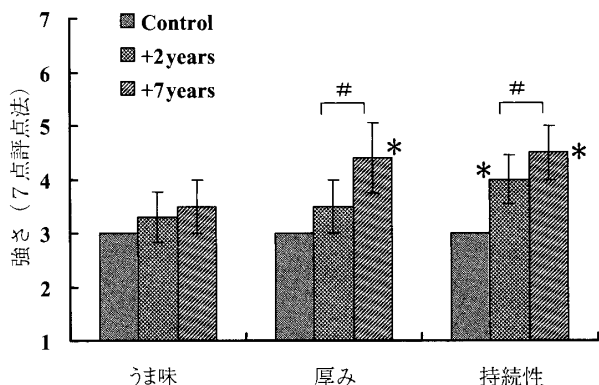


図10 熟成過程のゴーダチーズから得られたペプチド画分。

(MW>1000)の官能評価

(0.5%グルタミン酸Na, 0.5%NaCl, 0.025%sample)

# ; p<0.05で群間に有意差あり、\*p ; <0.05で対照に比べて有意差あり。

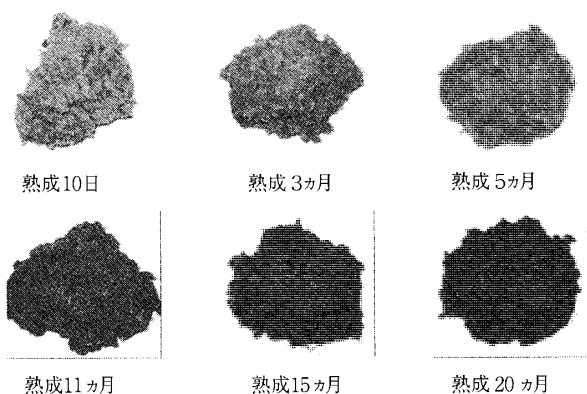


図11 熟成味噌の外観(10日から20ヵ月)。

5.5. 熟成味噌の成分変化

熱水への蛋白質と糖質の抽出率とその抽出物の加水分解率を示す(図12)。ともに抽出率や分解率は3ヶ月で一定となり、遊離したアミノ酸と糖の含量は変化しない。しかし色については写真の通り3ヶ月以降も増加を続け、この増加はこく味の発現と対応していた。その水溶性画分の蛋白質成分の分子量分布の推移を液体クロマトグラフィーのゲルろ

過で測定した(図13)。熟成3ヶ月で蛋白質などの高分子成分が分解し、その後安定することは、遊離アミノ酸の分析結果とも対応した(図13左)。一方、抽出液の吸光値を450nmの波長で見ると、熟成とともに着色は進んでおり、特に矢印で示す分子量1000以上の高分子画分で着色成分が増加していることが分かった(図13右)。この色の増加はこく味の官能評価と一致する変化であった。

5.6. 熟成味噌のこく味成分

3ヶ月と20ヶ月の熟成味噌からの熱水抽出物を分子量1000、5000の膜で分画し、得られた分子量1000~5000の画分を、0.5%のグルタミン酸ナトリウムを含むうま味溶液に0.025%添加して官能評価した。この画分単独ではこの濃度で味も香りも感じられないが、うま味溶液に添加すると厚みと持続性が向上し、さらに熟成期間の増加に伴って効果が増大した(図14)。この効果は、分子量1000以下の画分からは検出されず、また分子量5000以上の画

表2 熟成期間の異なる味噌の官能検査。

期間	プロフィール
10日	豆汁、味噌らしさなし、豆臭い
3ヵ月	やや味噌らしくなる
5ヵ月	味噌らしいがあっさりした味である
11ヵ月	味噌らしい、味に持続性がある、やや厚み、こく
15ヵ月	味噌風味良好、味に持続性、厚みがある、こく
20ヵ月	味噌風味良好、味に持続性、厚みがある、こく、味が強い

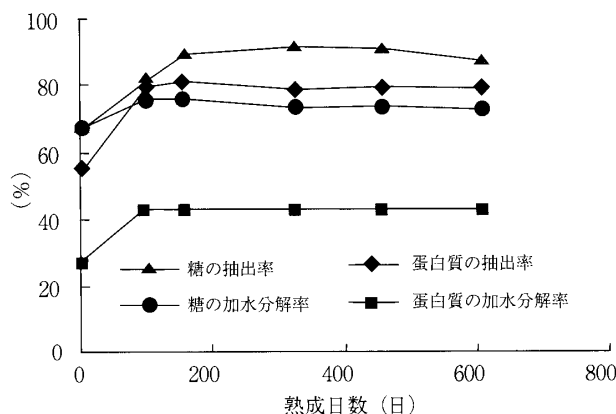


図12 味噌の熟成に伴う糖質と蛋白質成分の熱水抽出率と加水分解率の変化。

齊藤

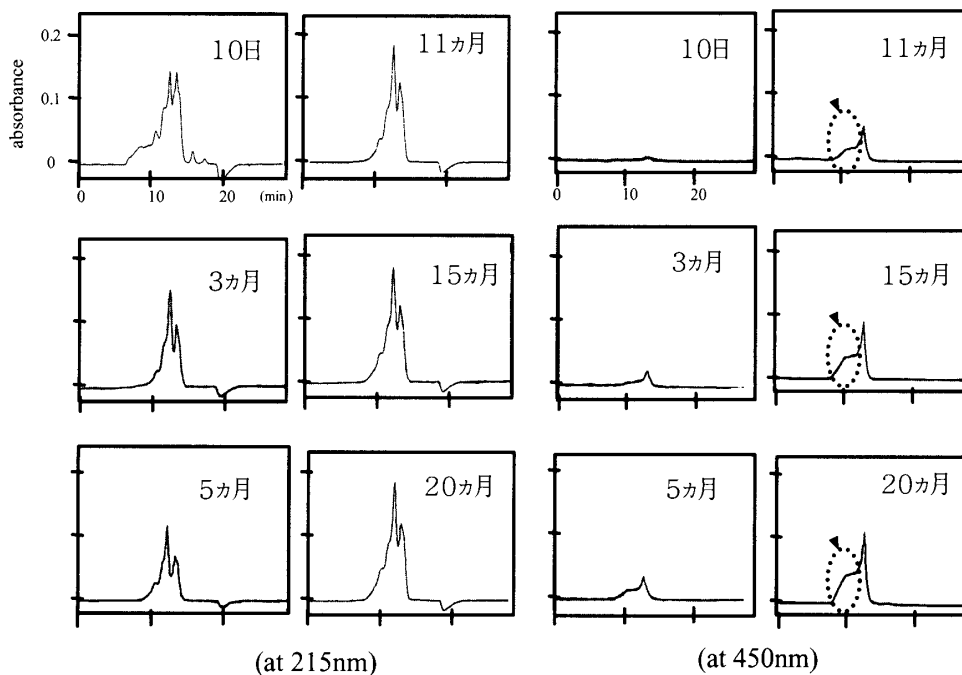


図13 熟成過程の味噌から得られた水溶性画分のゲルろ過クロマトグラム。

分では20ヶ月熟成味噌からの分画物に持続性が検出されたのみであった。熟成味噌のメイラード反応成分を含む分子量1000~5000の画分が、チーズ同様に「こく味」をもたらすことが判明した。

また、5ヶ月熟成の味噌から分取した分子量1000~5000のペプチド画分に糖質を加えて加熱反応させ、さらに分子量1000~5000の画分を分取して評価した結果、同様に厚みと持続性の向上が確認された。(図15) この熟成味噌でのペプチド画分の変化は低温域での長期熟成だけではなく、煮込みなどの加熱調理過程においても類似の変化を起すことを示唆している。ペプチドと糖質、脂質由来の成分が反応することは、食品の熟成や調理の各工程で起こり、ペプチドのメイラード反応物が広く食品の風味に影響することが示唆された。

## 6. 熟成中のメイラードペプチド生成

食品のこくは多様で複雑であるが、煮込んだり熟成した時に生じる厚みと持続性を「こく味」と定義して寄与成分を調べた結果、オランダの長期熟成チーズと信州の三年味噌にこく味を見出した。長期熟成によってこれら食品中には共通して分子量1000以上のメイラード反応したペプチド画分が生成し、この画分はうま味溶液に強い「こく味」を付与した。このメイラード反応で修飾を受けたペ

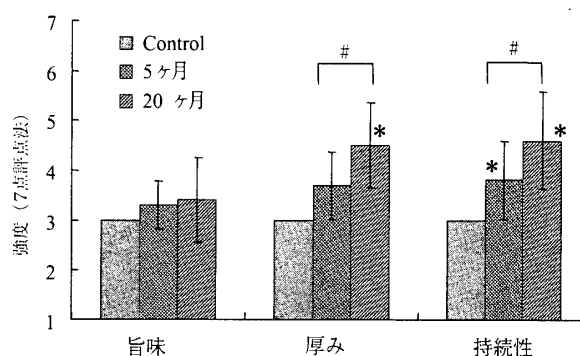


図14 熟成過程の味噌から得られたペプチド画分。(MW1000-5000)の官能評価 (0.5%グルタミン酸Na、0.5%NaCl、0.025% sample)

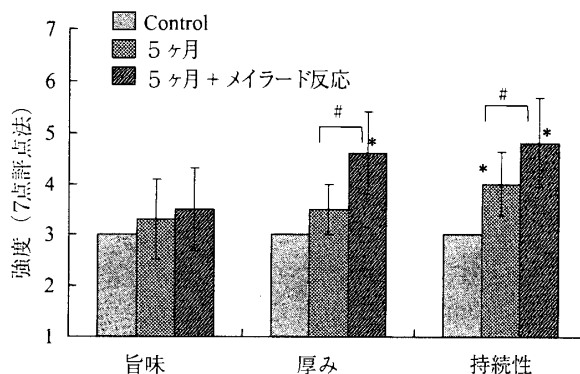


図15 味噌由来ペプチドのメイラード反応物の官能評価。 (0.5%グルタミン酸Na、0.5%NaCl、0.025% sample) # ; p<0.05で群間に有意差あり、\* ; p<0.05で対照に比べて有意差あり。



タイド (メイラードペプチド) は「こく味」の一因であると考えられた (図 16)。

チーズ原料中の蛋白質が、レンネットや乳酸菌の酵素で分解されてアミノ酸とペプチドが生成し、さらに長期熟成でこのペプチドも徐々にメイラード反応による修飾を受ける。このメイラードペプチドが、長期熟成ゴーダチーズのこく味の一因と考えられる。また同じ変化は熟成味噌でも検出され、麹由来の酵素による分解に続き、長期熟成中にメイ

ラードペプチドが生成したと考えられる。オランダのチーズも信州味噌も長期間の熟成で生じる成分変化を美味しさに活かしている。

蛋白質、ペプチドのアミノ-カルボニル反応の解析は、リゾチーム、オボアルブミン、カゼインを用いた多くの報告があり、ELISA 法や LCMS による質量分析により、量的変化や蛋白質の構造変化が捉えられている。N 末の  $\alpha$  アミノ基、あるいはペプチド鎖中のリジンやアルギニンの  $\epsilon$  アミノ基やグアニジル基が、糖や脂質からのカルボニル化合物と反応して、アマドリ化合物、イミダゾロンやカルボキシメチルリジンなどに変換することが報告されている<sup>10,11)</sup> (図 17)。現在、「こく味」を持つことを見出したメイラードペプチドについても、同様の構造解析を進めている。

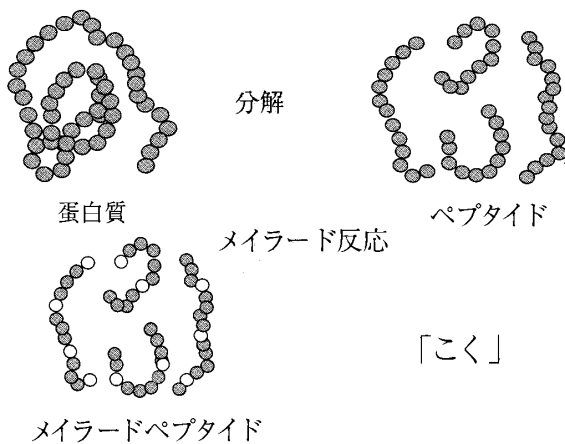


図 16 チーズ・味噌中のこく味物質の生成。

## 7. 調味料への利用について

チーズや味噌に限らず、食品には、メイラードペプチドの基質となり得るペプチド、糖質、脂質が含まれている。反応条件を制御して、これら素材から「こく味」を与えるメイラードペプチドを生成できる可能性がある。食品製造において、作業効率、呈味強度、衛生管理を主眼において改善してゆ

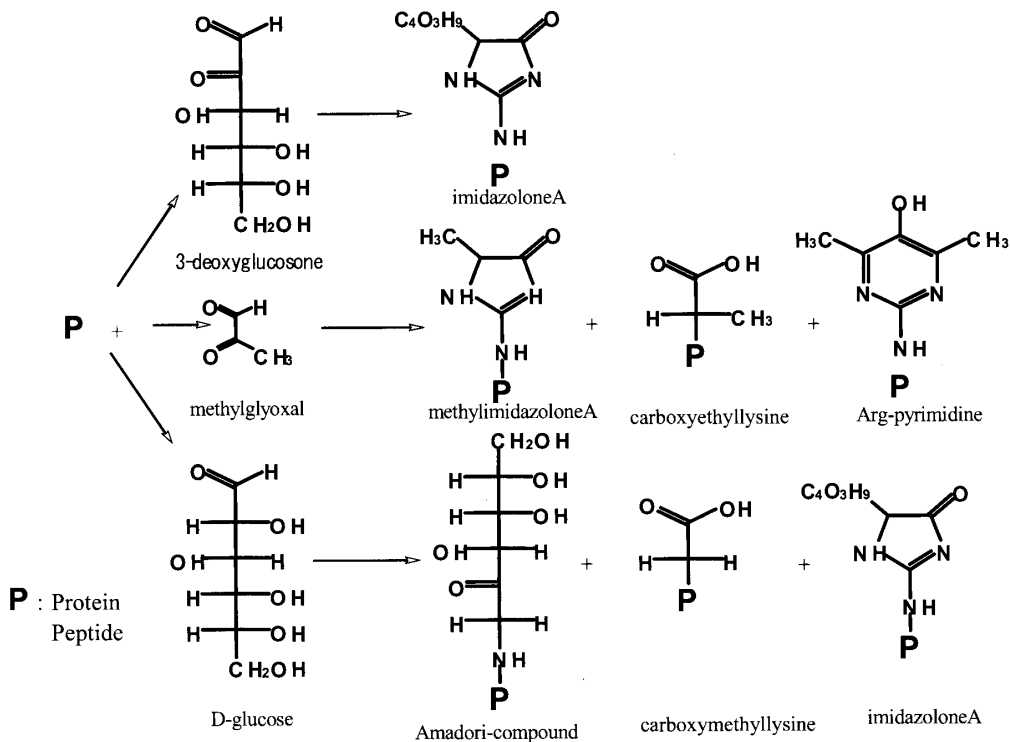


図 17 蛋白質とペプチドのメイラード反応。

齊藤

くと、熟成や煮込みで生じるペプチドのメイラード反応物は相対的に減少する傾向になる。さらに消費者の調理も簡便化の傾向にあり、家庭でも時間をかけて煮込むことは減ってきている。加工食品の調味においては、この失われがちな「こく味」を理解して活かせる調味料の提供が必要と考えており、メイラードペプチドに着目しながら、さらに伝統食品の解析やその知見の利用を進めたいと考える。

## 文 献

- 1) 齊藤知明: 食品の「こく」と「こく味調味料」の開発, *New Food Industry* 41, 30-35 (1999)
- 2) 岩崎弘明, 加藤朋恵, 齊藤知明, 緒方伸夫: 調味料, 特開平 11-313635 (1999)
- 3) Schlichtherle-Cerny H and Amado, R.: Analysis of taste-active compounds in an enzymatic hydrolysate of deamidated wheat gluten. *J. Agric. Food Chem.* 50, 1515-1522 (2002)
- 4) Yamasaki Y and Maekawa K: A peptide with delicious taste. *Agric. Biol. Chem.* 42, 1761 (1978)
- 5) 小笠原正志, 加藤朋恵, 樋口彰: 調味料, 特開 2002-335904
- 6) 小笠原正志, 山田佑樹, 齊藤知明, 江木衷 (投稿中)
- 7) 小笠原正志, 山田佑樹, 樋口彰, 齊藤知明, 江木衷 (投稿中)
- 8) Yeboah F K, Alli I and Yaylayan V A: Reactivities of D-glucose and D-fructose during glycation of bovine serum albumin. *J. Agric. Food Chem.* 47, 3164-3172 (1999)
- 9) Yeboah F K, Alli I, Yaylayan V A, Konishi Y and Stefanowicz P: Monitoring glycation of lysozyme by electrospray ionization mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 48, 2766-2774 (2000)
- 10) Kislinger T, Humeny A, Peich CC, Zhang X, Niwa T, Pischetsrieder M and Becker C-M: Relative quantification of N-(carboxymethyl) lysine, imidazolone A, and the amadori product in glycated lysozyme by MALDI-TOF mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 51, 51-57 (2003)
- 11) Yeboah FK, Alli I, Yaylayan VA, Konishi Y, Chowdhury SF and Purisima EO: Effect of limited solid-state glycation on the conformation of lysozyme by ESI-MS/MS peptide mapping and molecular modeling. *Bioconjugate Chem.* 15, 27-34 (2004)

## < 著者紹介 >

齊藤 知明 (さいとう ちあき) 氏略歴

1985年 京都大学農学研究科修了

1985年 協和発酵工業株式会社入社、現在食品開発研究所勤務  
セイボリー系調味料の開発と生産・販売の支援、食品分析を担当。  
主任研究員。

