

第VI章 総括

タマネギはもっとも消費量の大きい野菜のひとつであり、調理における利用は多種多様で、その特有の香気や加熱した場合に発現する甘味のため、嗜好性も高い。最近では嗜好性機能の他に各種の生理機能を有するとして、その活性成分の探求を中心としたさまざまな研究が進められ、食品としての価値が再認識されている。

本研究ではタマネギの食品素材としての利用価値の要因である嗜好性に視点を充てることとし、加熱調理加工および放射線照射によるフレーバー成分の変化を化学的分析と官能評価によって詳細に検討した。具体的には加熱調理における甘味発現や香気の変化、調理におけるタマネギの役割や照射・保存によるフレーバー成分の変化を追求することにより、フレーバー変化の全体像を明らかにすることとした。

(1) タマネギ香気成分の抽出、分析法の検討

生タマネギの新鮮な香気の方法として、thermal desorption cold trap injector (TCT装置)を用いてGCにHSVを注入する方法(TCT-GC法)を検討した。タマネギのHSVをガラス管に充填したTenax TAに吸着させた後、TCT装置を用いて脱着濃縮させ、キャピラリーGCおよびGC-MSに導入・分析した結果、中・高沸点の揮発性成分の分離が可能であることが判明し、また、タマネギの催涙性成分であるthiopropenal S-oxideのピークを確認することができた。

この方法を用いてスライスとおろしたタマネギのHSV成分を分析し、生タマネギのカット処理方法の違いによる香気成分組成の比較を行った。Thiopropenal S-oxideと2-methyl-2-pentenalはおろしたタマネギにおいてピーク面積値が大であり、スライスタマネギに多いスルフィド類はおろしたタマネギでは顕著なものではなく、カット処理方法により香気組成が異なることが

明らかとなった。TCT-GC法は生タマネギ香気成分を分離でき、新鮮な素材のHSV分析に有効な手段であると結論づけられた。

加熱香気成分の抽出法につき、水溶液中の香気成分分析に有効なポーラスポリマーカラム濃縮法を検討した。加熱タマネギの水抽出物をPorapak Q充填カラムで展開し、香気成分をエーテル抽出物として得てGC分析した結果、含硫化合物の他にフラン化合物やmaltol、芳香族化合物の確認ができ、難揮発性の香気成分分析を目的とする場合に適当な手段であると考えられた。また、加熱タマネギ香気成分を連続水蒸気蒸留抽出法（SDE法）で抽出しGC分析した結果、高い再現性が得られ、加熱香気分析に有効な手段であった。

タマネギの新鮮香気成分分析にHPLCを用い、その分析条件を検討した。減圧水蒸気蒸留にて調製した生タマネギ香気濃縮物をシリカゲル充填セミミクロカラムを用いて分析した結果、少ない香気濃縮物量で香気成分の分離ができ、HPLC分析は今後の生鮮食品香気研究方法として応用可能であることが判明した。

(2) 加熱タマネギ特有の甘いフレーバーに関する検討

タマネギの加熱による甘味の発現について追求する目的で、従来の論文や書物に記載されているプロパンチオールpropanthiolの甘味について検証を行い、その標品の官能特性からプロパンチオールが加熱タマネギの甘味成分であるという説を否定した。

HPLCを用いタマネギの加熱による遊離糖含量の変化を検討した。フルクトース、グルコース、スクロースとも、生タマネギに比べ各種加熱調理をした場合でもその絶対量に変化はないかあるいは減少の傾向にあることが判明した。また、遊離アミノ酸含量は、煮熟加熱により増加することが明らかとなった。

以上の結果をもとにタマネギの風味再構成液を調製し官能評価を行ったところ、生タマネギ臭が甘味をマスクングしているため生タマネギは高い遊離糖含量のわりに甘味が感じられないことが判明した。また、加熱による甘味の発現には生タマネギの刺激臭成分の減少・消失、加熱香氣成分の生成が関与し、まろやかな味の形成にはアミノ酸やペプチドなどの不揮発性成分が必要であることが考察できた。さらに、焼きや炒め加熱では水分の蒸発による糖濃度の上昇、加熱による組織の破壊・軟化により甘味を強く感じるようになると考えられた。

(3) 甘いフレーバーの形成と加熱香氣成分の関連性

煮熟・焼き・電子レンジ加熱タマネギ香氣成分を、HSV法とSDE法の2法により捕集・抽出し、GCおよびGC-MS分析の結果、50化合物を同定、推定した。HSV法とSDE法では同試料においてはほぼ共通したピークが存在していた。

スライスして加熱したタマネギの主な成分はdimethyl trisulfide, dipropyl disulfide, methyl propyl trisulfide, dipropyl trisulfideであった。一方、球のまま加熱したタマネギはタマネギ様香氣は弱く、dipropyl disulfide と dipropyl trisulfide はほとんど存在せず、1-プロペニル基を有するスルフィド類が多く存在していた。香氣前駆体PCSOがタマネギ中には微量であることから、酵素反応の進行が不十分である球のまま加熱タマネギにはプロピルスルフィドが少なく、多量に存在する1-PECSOより生じた1-プロペニルスルフィドが相対的に多く残存すると推測した。トリスルフィド類や糖・アミノ酸の加熱により生成するpyrazine, furfural, maltolのような特有香氣を有する複素環化合物が、加熱タマネギの香ばしい甘いフレーバーの形成に重要と考えられた。

(4) 炒めタマネギフレーバーの品種間比較

淡路産タマネギもみじ3号は遊離糖含量が高い品種で、遊離糖含量が低く辛味の強いワシントン州産タマネギとの比較の官能検査の結果、甘く感じられるもみじ3号が炒めタマネギとして好まれる傾向にあった。

炒めタマネギの香気成分をSDE法により抽出、分析した結果、1-プロペニルスルフィドが多く、煮熟タマネギの香気組成とは異なっていた。加熱方法によりスルフィド類の組成が異なることが各調理加熱フレーバーを特徴づけていると考えられた。また、炒めタマネギ中には油脂の加熱により生成した油脂様香気を有する脂肪族アルデヒドが多く存在し、炒めタマネギらしいフレーバー形成に寄与していると考えられた。

5種類の炒めタマネギ間のGCパターン類似率を求めた結果、北見産の北もみじと札幌黄間、淡路産のもみじ3号とターボ間の類似率は高い値であった。ワシントン州産と国産タマネギ間は低い類似率であり、官能評価と類似率はよく一致していた。

(5) タマネギ成分の加熱調理における役割 - スープストック (スープ) の肉不快臭に対するタマネギの抑臭・矯臭メカニズムの検討-

牛すね肉スープの不快臭原因を明らかにするため、不快臭が強い"あく"加熱におい濃縮物を調製、分析し、その原因は脂肪由来の揮発性アルデヒドであることを確認した。スープ中のアルデヒド含量は肉のみスープに比べタマネギ添加スープで少なく、タマネギ添加により揮発性アルデヒドの生成が抑制され、スープの好ましい香気形成に寄与していることが判明した。

このメカニズムの解明のため、スープに類似させたモデル加熱実験として、水中における油脂の加熱を行い、生成するフレーバーに対するタマネギ添加の影響について検討した。その結果、タマネギの揮発性成分の存在がアルデヒド生成において抑制的に働くという結果は得られなかった。タマネギあるいは抗酸化物質と油脂、蒸留水の加熱モデル反応において、(E)-2-

heptenalと(*E,E*)-2,4-decadienal生成量はタマネギを添加した場合に少なく、また0.1 % BHAおよびケルセチン添加においても少ないという結果を得た。

タマネギと水を添加して加熱した油脂のAVとPOVは低い値を示し、タマネギが加熱における油脂の劣化を防ぐことがわかった。常温、エマルション系でのタマネギの抗酸化性を測定した結果、タマネギ揮発性成分に抗酸化性は認められず、タマネギのエタノール抽出物は1 mg/ 100 ml のBHAとほぼ同等かそれ以上の抗酸化性を有していた。

以上の点からタマネギ揮発性成分は通常の調理条件で発揮されるタマネギの揮発性アルデヒド生成抑制の因子ではなく、タマネギの不揮発性成分が重要であることが判明し、タマネギ中の抗酸化物質であるケルセチン以外の因子の存在が示唆された。

牛すね肉スープ調製の際タマネギを添加することにより、スープ中の遊離アミノ酸は増加し、特にグルタミン酸(Glu)、アスパラギン酸(Asp)濃度が閾値近くまで上昇した。スープの呈味性の向上がタマネギのアミノ酸の添加によるうま味の増強によってなされることが判明した。

(6) 放射線照射タマネギの保存にともなう香気成分の変化に関する検討

タマネギにCo-60 γ 線を照射後保存し、生タマネギのHSV成分の分析をTCT-GC法にて行い、また、加熱香気成分をSDE法で抽出しGC分析を行った。生・加熱とも、非照射と実用線量0.2 kGy照射タマネギ香気成分間に大きな違いは認められなかったが、5 kGy照射タマネギは両者とは大きな違いが認められた。5 kGy照射タマネギは、生の場合、催涙性成分thiopropenal S-oxideが照射直後から保存期間を通じて少ない傾向にあり、加熱の場合はthiopropenal S-oxideの分解生成物2-methyl-2-pentenalが少ない傾向にあった。各試料間のGCパターン類似率を算出した結果、生、加熱タマネギ

とも非照射と0.2 kGy照射タマネギ間の類似率は保存期間を通して高く、非照射と5 kGy照射間は低い値であった。よって、実用線量の照射ならば、タマネギの香気パターンには影響がなく、保存中にも異常は現れず、発芽抑制効果があることが確認された。

タマネギのCS-リアーゼ活性の変化を測定し、また、基質MCSOを調製し、含有量をHPLCにて測定した。その結果、非照射に比較して照射タマネギの酵素活性は照射直後に高い値を示したが、その後過剰照射タマネギの酵素活性は著しく低下した。0.2 kGy照射は低下後、非照射と同様の増加傾向を示した。基質の含有量には照射量・保存期間による特徴的な増減は見られず、照射の香気への影響は酵素活性の低下が原因であると結論づけられた。

(7) 放射線照射タマネギの保存にともなう遊離アミノ酸の変化に関する検討

HPLCを用いて遊離アミノ酸を分析した結果、0.2 kGy照射タマネギのアミノ酸の保存中の変化パターンは非照射と類似していることが認められ、実用線量照射は遊離アミノ酸にも影響を与えないことが明らかとなった。一方、照射3週後の5 kGy照射のアラニン (Ala) と γ -アミノ酪酸 (Gaba) 含量は非照射に比較して顕著に高い値を示した。

タマネギを窒素中で保存しアミノ酸の変化を検討した結果、窒素中保存のタマネギのGabaとAla含量は空气中保存したものより高い傾向にあった。この実験から過剰照射したタマネギのアミノ酸代謝の変化は嫌氣的処理の現象と共通して、組織の損傷・変化に起因するものであると推測された。

以上の一連の研究から、タマネギの調理加工により変化・生成するフレーバー成分はカット処理方法や加熱方法により変化することが明らかとなり、調理における好ましいフレーバー形成にタマネギが果たす役割が鮮明となった。また、実用線量の照射であれば保存を経ても照射タマネギのフレーバー

成分に影響はなく、今後のタマネギを含む農産物資源の有効利用に意味のある成果が得られた。