

第 I 章 序論

第1節 タマネギの特徴と利用

タマネギ (onion, 玉葱) は被子植物門, 単子葉植物綱, ゆり目, ゆり科ネギ属に属し, 学名は *Allium cepa* L. である¹⁾. タマネギは球を形成する球茎作物として代表的なものであり, 一般に低温, 長日によって抽台, 開花する. さらに長日になると鱗葉を形成し, 葉鞘が肥厚して球を形成し, 肥大が完了するころ葉部は基部から倒伏し, しだいに枯れて休眠に入る. この鱗茎は2~4カ月の休眠のあと萌芽するため, 肥大完了時に収穫して表皮を乾燥させた後, 貯蔵し, 萌芽するまでのものを食用として利用している²⁾. 他のユリ科の球茎作物として, ニンニク (garlic), ネギ (welsh onion), シャロット (shallot またはeshallot), リーキ (leek) などが挙げられる.

タマネギの起源は北西インド, アフガニスタン, タジク, ウズベック, 天山の西部を含む中央アジアと推定されている. これらを囲む地域でまず栽培が始まり, 漸次西進し, 南欧で土着した. ギリシャ, ローマ時代からはタマネギに関する多くの記録が残っている. 16世紀以降にアメリカに導入されアメリカ全土に拡がり亜熱帯から寒帯まで緯度に応じてそれぞれ生態的分化を遂げ, 周年的供給を可能にしている.

わが国では明治4年に北海道で, 明治17,18年ころ大阪で栽培に成功し, 前者はイエロー・グローブ・ダンバースが札幌黄となり, 後者はイエロー・ダンバースが泉州黄となって普及し, 現在の改良種のもととなっている. 近年は生育旺盛で栽培しやすく収量も多いF1 (一代雑種) が栽培の主流となっており, その大部分は辛タマネギであるが, 生食用の甘タマネギもある. 全国的に栽培され, 近年の収穫量はダイコン, キャベツについて第3位である. 主産地は北海道, 愛知, 兵庫, 佐賀であるが, 端境期の3~5月にはアメリ

カ、中国、台湾、ニュージーランド等から輸入している。

タマネギの食品としての特徴は栄養学的にはTable I-1³⁾に示すように、野菜の栄養素として期待される微量栄養素（無機質、ビタミン）の含量に特筆するものはない。糖質が多いことからエネルギー源としての期待は若干あると言えよう。

一方、タマネギの嗜好性成分には多くの特徴がみられる。タマネギには約6~8%の糖質が含まれているが、その大部分はスクロースをはじめとする甘味を有する遊離糖であり、第2次世界大戦後のわが国の食糧難時代に砂糖の代用品として調理における甘味付与に使用されたことが知られている。

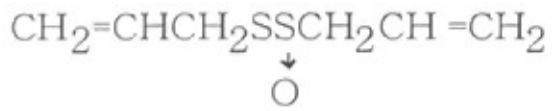
タマネギの嗜好性成分のうち、もっとも特徴的なのはその香気（臭気）成分である。タマネギやニンニクなどのネギ属植物には特徴的な香気を有するものが多く、よって古来よりタマネギやニンニクはその臭気と薬理作用のゆえ、食物というより宗教儀式や薬に用いられることが多かった。そして、1858年にLouis Pasteur はニンニクに抗菌作用があることを示している⁴⁾。

1844年にはドイツの化学者 Theodor Wertheim がニンニクの水蒸気蒸留物より硫化アリル（アリルallylは*Allium*から名付けられた）を、さらに1892年にはやはりドイツのF. W. Seemmlerがdiallyl disulfideを分離した。そして、1940年代に入ると、C. J. Cavallitoがニンニクよりアリシン（allyl-2-propenethiosulfinate）[1](Fig. I-1参照)をニンニク様香気物質として単離して、これが抗菌性を示す物質であることを確かめた。1948年にはA. StollとE. Seebeckがその香気前駆体のアリイン((+)-S-2-propenyl-L-cysteine sulfoxide)[2]を抽出、同定している。このように*Allium*属の香気研究はニンニクから始まった⁴⁾が、ほどなくして、1963年にタマネギの香気前駆体が*trans*-(+)-S-(1-propenyl)-L-cysteine sulfoxide[3]であることがフィンランドのA. Virtanen によって発表され⁵⁾、タマネギをカットすること

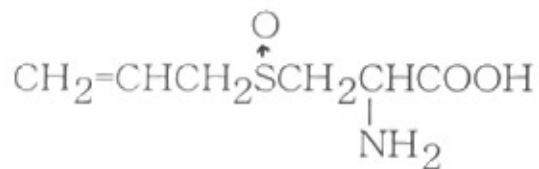
Table I-1 四訂日本食品標準成分表における「たまねぎ」の一般成分

可食部 100 gあたり																				
食品名	エネルギー kcal	水分 g	たんぱく質 g	脂質 g	炭水化物		灰分			無機質										
					糖質 g	繊維 g	糖質 g	繊維 g	カルシウム mg	リン mg	鉄 mg	ナトリウム mg	カリウム mg							
たまねぎOnion りん茎 Bulb																				
- 生 -	35	90.4	1.0	0.1	7.6	0.5	0.4	15	30	0.4	2	160								
- 水さらし -	27	92.5	0.9	0.1	5.8	0.4	0.3	15	26	0.3	2	100								
- 水煮 -	33	90.7	1.1	0.1	7.1	0.6	0.4	16	30	0.5	2	130								

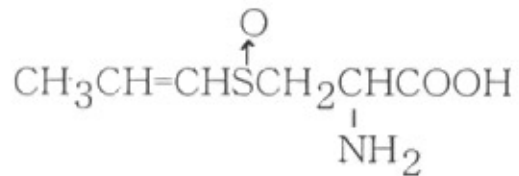
可食部 100 gあたり										
食品名	ビタミン			食塩相当量			廃棄率 %	備考		
	A レチノール μg	B1 mg	B2 mg	ナイアシン mg	C mg	g				
たまねぎOnion りん茎 Bulb										
- 生 -	0	0	0.04	0.01	0.1	7	* 5	* 鱈皮および根莖部		
- 水さらし -	0	0	0.03	0.01	0.1	5	0	薄切り後、水さらししたもの		
- 水煮 -	0	0	0.03	0.01	0.1	4	0	水切りしたもの		



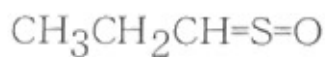
[1] allyl-2-propenethiosulfinate



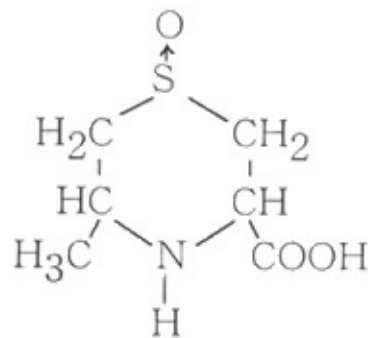
[2] (+)-S-2-propenyl-L-cysteine sulfoxide



[3] trans-(+)-S-1-propenyl-L-cysteine sulfoxide



[4] thiopropanal S-oxide



[5] cycloalliin

Fig. 1-1 ニンニク・タマネギ中の含硫化合物

によりこの前駆体から生成する催涙性物質thiopropenal S-oxide[4]の構造が1971年に M. H. Brodnitz と J. V. Pascaleによって確かめられた⁶⁾。それ以後、機器分析の発達によって、内外の多くの研究者によりタマネギの香気成分についてはほぼ解明されている。

タマネギ香気成分に関する研究内容については次節で述べるが、ニンニクと同様、タマネギは栄養性、嗜好性機能の他に多くの生理機能を有した野菜であることが明らかにされている。タマネギの抽出物には血糖低下作用、血中コレステロールの低下作用、血栓溶解性、血小板凝集阻害、抗高脂血症性、リウマチ性関節炎の防止、利尿性等の諸作用があるという⁷⁾。特に血栓溶解性と血小板凝集阻害効果についてはその有効成分が明らかにされており⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾、活性成分はいずれも含硫化合物である。最近ではガン予防効果の高い食品のひとつとしても注目され¹²⁾¹³⁾、また、タマネギに含まれるケルセチンをはじめとするフラボノイドには抗酸化性、抗変異原性のあることも明らかとなっている¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾。

以上の点から、タマネギは各種の生理作用を持つ食物として、いわゆる「生活習慣病」の予防に効果があると考えられる。また、もっとも消費量の高い野菜のひとつであり、調理における利用は多種多様で、嗜好性も高い。今後の食生活においても利用価値の高い有用植物として位置づけられていくと考えられる。

第2節 タマネギの香気成分と生成機構

タマネギの香気成分とその生成機構については数多くの研究が発表されており、ガスクロマトグラフィー(GC)等の機器分析の発達によりその全体像はすでに明らかになっている¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾。Fig. 1-2¹⁷⁾に示す通り、タマネギを始め

とするネギ属植物は細胞内に香気前駆体であるS-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxide (以下ACSOと記す)を有する。細胞質に存在しているACSOが細胞の破壊により液胞中に局在するフレーバー酵素CS-リアーゼの作用で分解されスルフェン酸とデヒドロアラニンを生じる。後者はただちにピルビン酸とアンモニアに分解する。スルフェン酸は不安定であり、2分子縮合してチオスルフィネートとなる。この物質がネギ属の生鮮香気を有する。チオスルフィネートは不安定であり、さらに反応してジスルフィド類を生成する。このジスルフィドのアルキル基の違いが香気の違いを決定づけており、例えばニンニクの場合はアリル基を有したシステインスルフォキシドが、タマネギの場合はメチル基、プロピル基、1-プロペニル基を有したシステインスルフォキシドが香気前駆体として含まれているとされ、これらの分解物の香気特性の違いによりニンニクやタマネギの特有な香気が発現する。その分解物の組成をTable I-2に示した¹⁸⁾。各ネギ属植物の磨砕物に存在するジスルフィドの組成から基質となるACSOのアルキル基が推測できる。

前述のようにタマネギに多く存在する基質は*trans*-(+)-S-(1-propenyl)-L-cysteine sulfoxide [3]であり、含量は2g/kgであるという²⁰⁾。[3]からはCS-リアーゼの作用により不安定な催涙性物質thiopropenal S-oxide [4]が生成し⁵⁾、この物質がタマネギの収れん味、苦味の本体であると言われている²¹⁾。また、[3]が閉環すると環状スルフォキシドであるcycloallin [5]が生成され、タマネギ中に比較的多量に存在している²²⁾。これは生合成もしくはアルカリの作用でも容易に閉環して生成される。その他にもタマネギ中には多くの含硫化合物が存在する。それらの一覧をTable I-3に示す⁷⁾。

このように新鮮な生のタマネギ香気に関しては多くの研究があるが、タマネギを加熱調理した場合の香気についての研究は少なく、バター²³⁾ およびシリコンオイルで炒めた場合²⁴⁾、煮熟とフライの場合¹⁷⁾の他は見あたらず、加

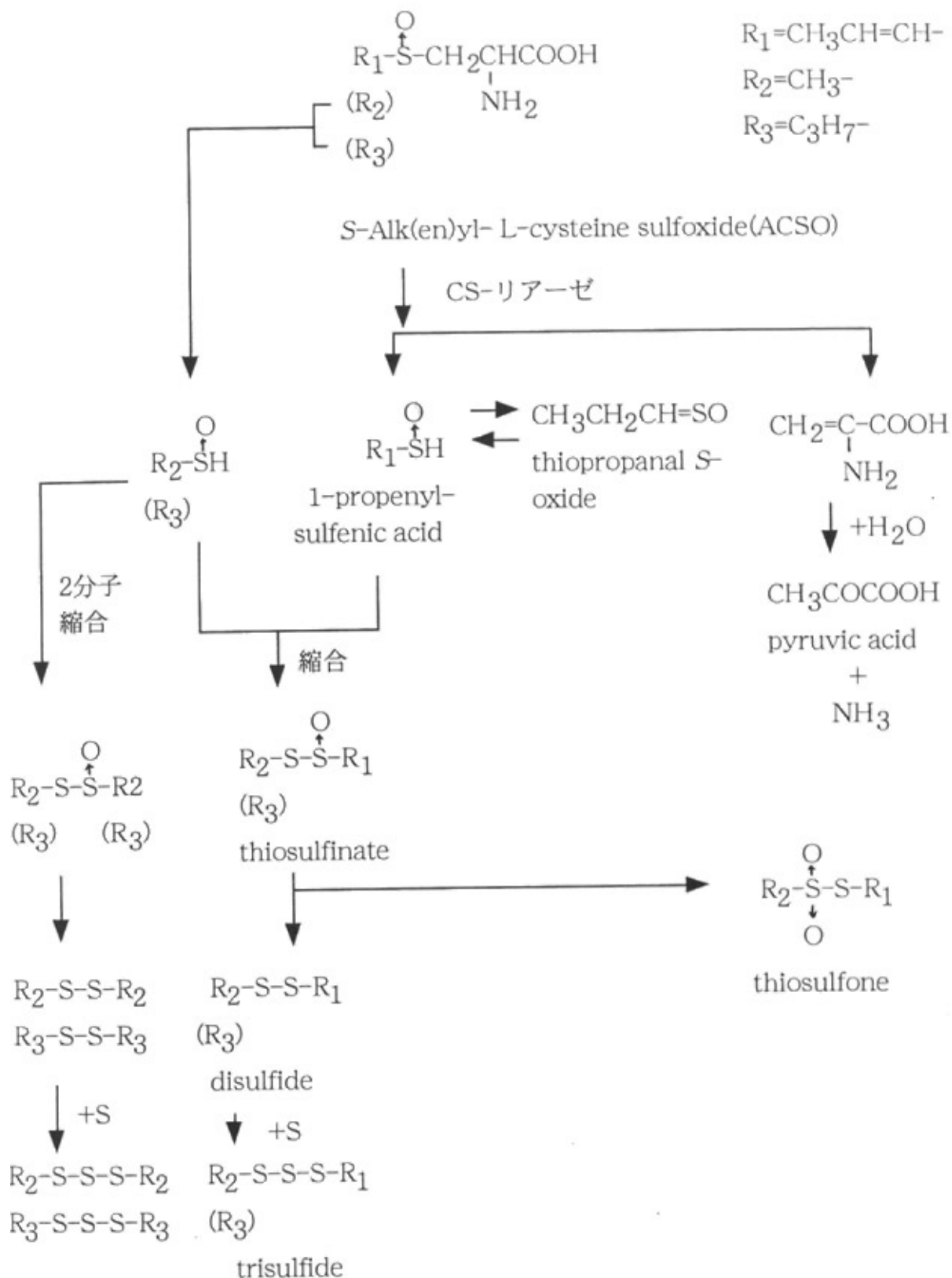


Fig. 1-2 香気前駆体S-alk(en)yl- L-cysteine sulfoxide (ACSO) のCS-リアーゼによる酵素分解と各種含硫化合物の生成機構

Table I-2 ネギ属植物磨碎物中に生成する各種ジスルフィドの組成

ジスルフィド %						
	Me ₂ S ₂	MePrS ₂	MeAlS ₂	Pr ₂ S ₂	PrAlS ₂	Al ₂ S ₂
ネギ属植物						
<i>A. ampelopasum</i> (ニラ)	0	54	2	38	3	<1
<i>A. cepa</i> (タマネギ)	2	4	<1	86	6	<1
<i>A. chinense</i> (ラッキョウ)	87	9	3	<1	<1	<1
<i>A. fistulosum</i> (ネギ)	9	15	2	65	4	<1
<i>A. sativum</i> (ニンニク)	1	<1	22	<1	<1	74
<i>A. schoenoprasum</i> (アサツキ)	10	19	4	63	4	<1
<i>A. tuberosum</i> (ニラ)	83	<1	16	<1	<1	<1

Me ; メチル基, Pr ; プロピル基, Al ; アリル基 (*A. cepa* の場合はプロベニル基)
 存在比%はGCの面積比より換算したもの

Table 1-3 タマネギ中に見いだされた含硫化合物

L-cysteine
L-methionine
L-methionine sulfoxide
S-methyl-L-cysteine
S-propyl-L-cysteine
trans-S-(1-propenyl)-L-cysteine
S-(carboxymethyl)-L-cysteine
S-(2-carboxyethyl)-L-cysteine
S-(2-carboxypropyl)-L-cysteine
S-(carboxy-isopropyl)-L-cysteine
S-allylcysteine
S-(2-carboxypropyl) glutathione
(+)-S-methyl-L-cysteine sulfoxide
(+)-S-propyl-L-cysteine sulfoxide
trans-(+)-S-(1-propenyl)-L-cysteine sulfoxide
cycloalliin
 γ -L-glutamyl-L-methionine
 γ -L-glutamyl-S-methyl-L-cysteine
 γ -L-glutamyl-S-methyl-L-cysteine sulfoxide
 γ -L-glutamyl-*trans*-(+)-S-(1-propenyl)-L-cysteine sulfoxide
 γ -glutamyl-S-(2-carboxypropyl)-L-cysteinylglycine
glutathione
glutathione cysteine disulfide
glutathione- γ -glutamylcysteine disulfide
S-sulfoglutathione

熱調理を施して食することが多い食品としては意外であった。なお、タマネギを加熱すると特有の甘いフレーバーが発現する。この現象については、タマネギを煮熟するとアリルジスルフィドの分解によりプロピルメルカプタン（プロパンチオール）が生成し、この物質が蔗糖の50～70倍の甘さを有し、加熱タマネギの甘さの原因であるという報告がある²⁵⁾。よって、現在多くの食品調理関係の書物にその記載がみられる²⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾²⁹⁾。

第3節 調理加工・放射線照射によるタマネギフレーバー成分の変化に関する本研究の目的とその意義

タマネギはTable I-4にみられるように、サラダ、ドレッシング、マリネなどの調理において生鮮野菜としての利用も多い野菜であるが、スープ、シチュー、カレーなどの煮込み調理やオープン、フライ、炒め調理など、加熱調理をして用いる場合が圧倒的に多い。生鮮、加熱のどちらの場合もタマネギの嗜好性と各種調理への影響はその特有な香気にあると考えられる。また加熱調理の場合はその甘味が調理品の風味の向上に大きく貢献している。

このように調理加工におけるタマネギの利用とその意義は多大なものがあるが、従来のタマネギ香気の研究は生鮮タマネギの香気とその生成に関するものがほとんどであり、調理加工の視点にたったタマネギのフレーバー研究はまだ不十分であると考えられる。また、大量生産大量消費され、日常的で比較的安価な野菜であるためか、従来のタマネギの品種改良の目的は栽培、収穫、集荷のし易さに重点が置かれ、必ずしも食味の向上を第一義としたものではなかった。外食産業や調理加工品の需要の増加によりタマネギの利用も多岐にわたるようになったことから、加工適性や食味の面においても優良なタマネギの品種が望まれている。

Table I-4 タマネギの調理

	種類	用いかた
生	A. サラダ	輪切り, 半輪, 縦切りにしてそのままサラダの材料にする.
	B. 和え物	ごく細かい縦切りにして, さらし, 酢醤油, ごま醤油, マヨネーズ醤油などをかける.
	C. 菜味として	
	a. 縦切り	縦切りにしてそのまま, または水にさらしてサラダの材料に混ぜる.
	b. みじん切り	みじん切りにしてそのまま, または水にさらしてサラダの材料に混ぜる. ソースに加える. ひき肉料理に加える.
c. すりおろし	ソース, ジュースの風味添えに. 獣鳥肉類・魚類の臭みを消す.	
	D. 漬け物	ピクルスにして, ソース, 肉料理, 前菜に用いる.
加熱調理	A. 調理の材料として	(1) 縦切り, 角切り, みじん切りとして用いる. (2) 煮て裏ごしして用いる.
	a. 汁物 煮物	丸のまま, ひき肉詰めの外側, 四つ切り, 縦切りなどにして和風, 洋風の汁物, 煮物に用いる. スープストックの材料とする.
	b. 炒め物	縦切り, 角切りにして他の材料とともに炒める.
	c. 揚げ物	唐揚げ, 付け合わせ用, かき揚げ, 精進揚げ.
	B. 調味料として用いる	縦切り, みじん切りにし, 油炒めをして特有な香り, 甘味, 色をだしてソース, シチュー, ひき肉料理などに加える.

以上の点から、本研究では各種加熱調理によるタマネギのフレーバー成分の変化を詳細に研究し、併せて品種によって成分の違いがあるかについても検討することとした。そのために、まずタマネギの香気研究に有効な分析法の検討を行うとともに、遊離糖や遊離アミノ酸のHPLC分析・官能検査も実施した。

また、タマネギは単独で用いるより他の素材とともに調理する 경우가多く、共に用いる素材のフレーバーとの相互作用も考えられる。その意味で、従来タマネギが香味野菜としてスープストック調製の際に用いられてきたことは、主材料の肉類に対する抑臭・矯臭効果のためと考えられる³⁰⁾。その抑臭・矯臭効果のメカニズムについては不明な点も多いことから、牛すね肉を用いたスープストック調製の際に果たすタマネギの役割についても検討することとした。

一方、タマネギはニンニク、ジャガイモなどと同様に貯蔵性の高い野菜である。しかし、収穫後約4カ月を経ると休眠から覚醒し発芽して貯蔵性と食味が低下する。この発芽を抑えて長期保存を実現する技術として、放射線照射の試験研究と実用化が1970年代から各国でなされてきた³¹⁾³²⁾³³⁾。わが国では1974年にジャガイモに対する γ 線照射が実用化されているが、その後、タマネギを含む他の作物への実用化は認可されていない。わが国における食品への放射線照射についてはプラント建設と採算性の問題の他に public acceptanceの問題が大きく³⁴⁾、食肉類の殺菌や貯穀害虫の殺虫にも有効であるものの実用化の目途は立っていない。

タマネギの γ 線照射によるフレーバーへの影響については1970年代に報告があり、適正線量の照射であれば香気成分のひとつであるdipropyl disulfide量に影響はなく、過剰線量照射による香気の低下はCS-リアーゼ活性の低下によるとしている³⁵⁾³⁶⁾。本研究では新しい分析法を用いて、より詳

細に香気やアミノ酸を分析し， γ 線エネルギーがフレーバー成分に与える影響と保存による変化を追求することとした。

現在，食生活の洋風化や外食産業，調理加工品の需要の増加によりタマネギの消費量は増加の傾向にある。また，人々の健康志向に伴ってタマネギの食品としての価値が再認識されつつある。この研究が，タマネギの調理加工におけるより有効な利用と資源の確保ならびに健康な食生活の実現への一助となることを期待している。