

## 食文化教育教材としての伝統的保存加工食品の検討

西川陽子\*・栗林愛美\*\*・会澤里佳\*

（2011年11月25日受理）

### The study of traditional preserved foods as teaching materials intended for education of food culture

Yoko NISHIKAWA\*, Manami KURIBAYASHI\*\*, Rika AIZAWA\*

（Received November 25, 2011）

#### 1. はじめに

人はこれまで食料を安定的に調達することの困難と常に闘ってきた。現在のように安定した食品の保蔵・流通のもと食料枯渇の不安なく暮らせるのには、冷凍冷蔵技術の発達によるところが大きい。日本の一般家庭における冷蔵庫の普及は、戦後の高度経済成長期の頃に当たる1970年前後からであり、かなり最近のことである。これより前は、一般に食材は一時期に集中して得られることが多く、乾燥、塩蔵、糖蔵、発酵などの自然の力を利用した食品の保蔵手段を工夫し、食料の枯渇に備えてきた<sup>1)</sup>。このような自然との共生を図りつつ長い時間をかけて、現在見られるような土地特有の環境に適応した食文化が各地で形成されてきた。しかし、食品の保蔵を第一目的として作られてきた乾物や佃煮、発酵食品といったものは、冷蔵技術の発達とともに保存食としての役割が薄れ、現在では業者により短期間に大量生産され、和食をイメージさせる一つの料理として位置づけられている。漬物の中には市販の発酵調味液にカットした野菜を漬け込み、1時間もすれば漬物の味と香りが塗されて浅漬けとして楽しめるようなものもあり、漬物が現在では保存目的ではなく一つの料理として位置付けられていることを示す好例である。また、漬物で言えば、常備菜としての役割が薄れ調理加工の場が家庭の外に出たことで、日常の食生活において身近なものではなくなってきており、企業による漬物の生産量自体にも減少が見られ<sup>2)</sup>、食文化の変容がこうした統計データからも推察可能になっている（図1）。

冷蔵庫が一般家庭に普及する以前は、乾物、塩蔵品、発酵食品などが食材保蔵の一環としてどこの家庭でも作られていた。家族の健康を守るのが女子の大役であり、それら食品加工作業は家族の

---

\*茨城大学教育学部食物学研究室（〒310-8512 水戸市文京2-1-1；Laboratory of Food Science, College of Education, Ibaraki University, Mito 310-8512 Japan）。

\*\*茨城大学大学院教育学研究科（〒310-8512 水戸市文京2-1-1；Graduate School of Education, Ibaraki University, Mito 310-8512 Japan）。

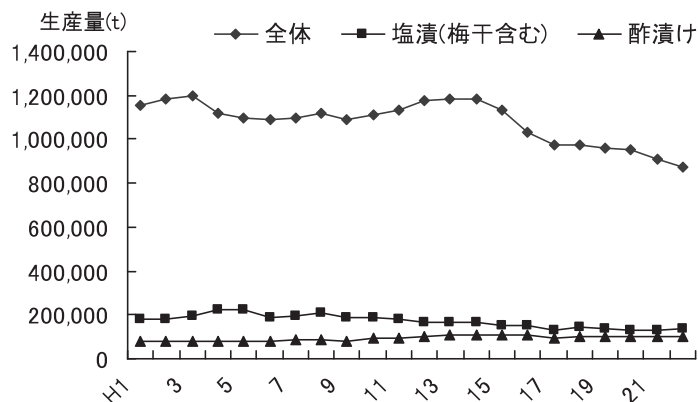


図1 食品需給研究センターの調査による食品製造業における漬物生産量年次推移

食生活を担う女子において必要不可欠な知識であり、戦前までの学校教育における食教育では、女子に特化されていたこともあり、漬物をはじめとする食の保蔵手段に関する実践的な教育など、現在の学校教育における食教育と比べてかなりハイレベルな内容までが扱われていた。しかし、戦後は教育改革及び生活の変化に合わせた内容の精査が家庭科教育においては特に求められ、家庭科における食教育内容は大きく変容した。その主な変化として、主要教科偏重による授業時間数の削減、男女共修に伴う教育内容のレベル低下などが挙げられるが、このような変化の中で、冷蔵手段に拠らない調理加工による安全な食材の保蔵について学ぶ機会は失われていった<sup>3)</sup>。さらに学校以外の家庭においても、核家族化や女性の社会進出が進んだことにより、それら食材加工法などを学ぶ刷り込み学習が困難になっており、食文化の衰退につながっている。食の外部化が進み調理加工操作の多くが家庭の外に置かれるようになったことから、自身の土地の伝統食でありながら、その起源や本物の味を知らず、企業により大量生産されたものを漫然と食すことが多くなっている。そして、食の外部化の広まりとともに伝統食品を見本に作られた類似の加工食品が一般化し、その歴史的背景や本物の味などが失われていく変化が日本に限らず世界各国で起きており、この変化を問題視する動きが世界的に高まっている。その代表的な例としてスローフード運動があるが、スローフード運動はこうした食生活の変化によって見えない食の不安が増大することを危惧し、消費者の健康と安全を守り、本物の食品をまじめに作る生産者を支え、次世代に食の安全と安心、さらにそれを支える自然環境を残そうとするものである。このような世界的な動きを鑑み、自然との共生を図りつつ発達した伝統的食生活を見直す必要があるとして、学校家庭科教育においても食文化教育を改めて取り入れる動きが出てきたものと理解される。

平成19年度の最新の指導要領改訂では、家庭科教育の改正点の1つとして食文化教育への踏み込んだ言及が認められるが、実際の教育現場では、テーマとして広範であり何をどのように教育すればよいのかつかめず、食文化教育としては調理実習に地元の食材を利用するだけで終わらせてしまうケースも少なくない。公教育で食文化教育に力を入れるのには、現在の核家族化した家庭で食文化継承が困難になっていることへの配慮や、自然との共生を図りつつ長い年月をかけて形成された伝統的食文化が失われることが、近年身近な問題となっている温暖化などの環境負荷増大に直結

することを問題視したことが背景にある。ゆえに食文化教育では、学ぶ側が食の豊かさとは何かを十分考え、自然環境なくして食は成り立たないことを理解し、次世代に豊かな食生活と環境を残すために、各地で自然との共生のもと形成された食文化の維持継承が必要であることの理解に導くことが最も重要な課題である。指導する側においては、これら食文化教育の最終到達点をつかみ授業内容を吟味する必要があるが、食文化教育は食に関わる生活全般がその範疇にあり漠然としているためか教育到達目標が見失われがちであり、教育の方向性が定まらない状態にある。このような現状を踏まえ、家庭科教育の食分野において今後強化が予想される食文化教育について、その教育目的を達成するための適切な教材の提示が必要であり、教材として食材保蔵手段としてとらえた伝統的調理加工手段（乾物、漬物、発酵食品）の実習が最も適していると考えられた。

そこで本研究では、伝統的食品保蔵手段の一つである甘酢漬けに着目し、中学校及び高等学校における食文化教育の教材化に向け、この加工方法における栄養学的観点からの有用性評価を試みた。試料として取り上げたのはカブである。主な収穫期が春と秋の2回あり、年間通して入手が容易であり、大根などに比べると小ぶりで調理操作に不慣れな子どもたちにも扱い易いこと、また、日本では「古事記」や「日本書紀」にも記載が見られ、700年頃には既に日本でも栽培されており、かなり古くから食されてきた伝統野菜であることなどの理由から試料とした。カブはアブラナ科に属し、葉部と発生学上は胚軸に当たる肥大した根部の両方が食されるが、主に食されるのは根部であり、本研究では根部のみを試料とした。現在日本で栽培され、一般的に食用とされているカブの品種は80種以上あり、それらはアフガニスタンを原産とするアジア系品種、中近東から地中海を原産とする欧州系品種、伝来後日本で改良された中間系品種の3つに大別される。アジア系品種は白色で根部が大きく含水量が高い特徴があり、聖護院カブなどに代表されるもので西日本に多く見られ、欧州系品種は耐寒性に優れ根部の含水量が少なく紫紅色や淡緑色など着色したものが多く主に東日本で栽培されている。試料とした白色小カブは関東圏で多く流通している品種で、アジア系と欧州系の両者を掛け合わせた東京金町を原産とする金町小カブを改良したものである<sup>4)</sup>。生食でも美味しく食せる軟らかさと瑞々しさがあり、水分量が適度に抑えられ保存性があり扱いやすいのが特徴である。生活習慣病が増加する現在の日本においては、積極的な野菜摂取が推奨されているが、栄養学的には野菜に多く含まれるビタミン、ミネラル、食物繊維などの摂取を期待するものである。カブにおけるビタミン、ミネラルなどの微量必須栄養素は葉部に多く含まれるが、野菜及び果実からの摂取が特に期待される栄養素の一つであるビタミンC（アスコルビン酸（AsA））については、カブ葉部で82 mg/100g、根部で19 mg/100gと、根部にも比較的高いAsAが含有されている<sup>5)</sup>。AsAは鮮度の低下や調理加工操作による損失が大きいため、食品の品質評価の指標として利用可能である。本研究は、AsA含有量が比較的高いカブを用いて、AsAの摂取効率の高い保存加工方法といった観点から伝統的保蔵手段の評価を試み、それらの結果を食文化教育の一環として行う伝統的調理加工方法の教材化に生かすことを最終目的とするものである。

## 2. 方法

### 2.1. カブ試料の調製

試料のカブは、水戸市内のスーパーにて購入した千葉県産小カブ（直径10cm以下、白、秋収穫）

である。葉部を除き、根部の皮を剥き 5mm 厚さの半月切りにし、以下 a) ～ e) の溶液に漬け込み、2 週間冷蔵保存（4℃）し、その間のカブ中 AsA 量の変化について分析した。

a) 甘酢（塩もみ有り）<sup>6)</sup>

漬け込み用にカットしたカブにカブ重量の 2% の食塩を加えて軽く揉み込み、30 分間室温放置した後水気を切り、カブ全体がかぶる量の甘酢液（穀物酢：上白糖 = 5:3（重量比））を加え、密閉容器に入れ冷蔵保存（4℃）し、甘酢漬け（塩もみ有り）サンプルとした。

b) 甘酢（塩もみ無し）

a) の甘酢液（穀物酢：上白糖 = 5:3（重量比））と同量の甘酢液にカブ重量の 2% の塩を加え溶かし、漬け込み用にカットしたカブを塩もみせずに加え、密閉容器に入れ冷蔵保存（4℃）し、甘酢漬け（塩もみ無し）サンプルとした。

c) 塩水

a) の甘酢漬け試料に用いた漬け込み液の塩分濃度が最終的に約 1% であったことから、甘酢漬けにおけるカブ中の AsA 保持に対する塩の影響を検討するため、漬け込み用にカットしたカブを 1% の食塩水に浸漬し、塩水漬けサンプルとした。

d) 砂糖水

a) の甘酢漬けにおけるカブ中の AsA 保持に対する糖の影響を検討するため、漬け込み用にカットしたカブを砂糖水（水：上白糖 = 5:3（重量比））に浸漬し、砂糖水漬けサンプルとした。

e) 酢

a) の甘酢漬けにおけるカブ中の AsA 保持に対する酢の影響を検討するため、漬け込み用にカットしたカブを穀物酢に浸漬し、酢漬けサンプルとした。

甘酢漬けによる保蔵の栄養学的価値を評価するために、カブの葉部を除いた根部を皮付きのままポリ袋に入れ冷蔵保存（4℃、2 週間）し、その間のカブ中 AsA 量の変化について測定した。

## 2.2. AsA 量の測定

AsA の定量は HPLC を用いて文献記載の方法<sup>7)</sup>に従い、還元型 AsA 量とジチオトレイトール (DTT) によるそれぞれの還元試料から総 AsA 量を測定し、これらの測定値から酸化型 AsA 量 (DHA 量) を算出した。試料の調製を含め試薬は全て和光純薬工業製のものを用い、HPLC 分析に用いた装置及び条件の概要は以下の通りである。

### < HPLC 分析条件 >

システム : コントローラ (SCL-10A vp, SHIMADZU), 分析処理 (CLASS-VP, SHIMADZU)

カラム : ODS-2 (Inertsil, 4.6 mm × 150 mm), 25℃

溶離液 : リン酸バッファー (0.05 M, pH 2.3), 0.7 ml / min

検出 : UV 245 nm (SPD-10AV vp, SHIMADZU)

## 2.3. 糖度・塩分・pH 測定と食味試験

漬け込み液の pH, 糖度, 塩分濃度はそれぞれ pH メーター (HORIBA F-21), 手持ち屈折糖度

計 (ATAGO ATC-1E), デジタル塩分計 (SEKISUI SS-31A) により測定した。甘酢漬けのカブにおける食べ頃の状態判定に関しては, 大学生 (女子 4 名) による実際の食味試験により行い, 4 つの観点 (味 (酸味, 旨味), 匂い, 食感, 外観) から評価し, 漬物として全員が各観点全てにおいて合格と判断する範囲とした。

### 3. 結果と考察

カブ (根部, 以下論文中全て根部を示す) の甘酢漬けについて, 最も一般的な漬け込み方法である前処理 (塩もみ) をしてから漬け込む方法にて行い, 漬け込み期間中の AsA 量を測定した。その結果, 漬け込み 1 日目では既に AsA 量は漬け込み前のカブに対し約 25% まで減少し, その後は緩やかな減少となり, AsA の酸化率は漬け込み 3 日目以降は約 70% と高い値ではあるものの, 漬け込み 1 週間後まで漬け込み前のカブの AsA 量の約 20% が保持されることが確認された (図 2)。食味については, 漬け込み 1 日目ではやや浅漬けの感があり, 3~5 日が食べ頃と判断された。このことから, カブの甘酢漬けでは, 調理加工をしていない新鮮なカブの約 20% 程度の AsA 摂取が期待できることが推察可能となった。

カブのような生食できる柔らかい食材の場合の甘酢漬けでは, 漬け込む前の塩もみ処理は必ずしも必要ではなく省く場合も多い。前処理 (塩もみ) した場合の甘酢漬けにおいて, 漬け込み 1 日目からカブに含まれていた AsA の約 75% という多くの AsA の損失が認められたことから, 前処理による AsA 損失の影響が大きいものと予想された。そこで, 塩もみの影響について明らかにするために, 前処理 (塩もみ) をせず, 塩もみに使用した同量の塩を甘酢液のほうに添加し, 漬け込み実験を行った。その結果, 漬け込み 1 日目では漬け込み前の約 40% の AsA が保持され塩もみした場合よりも AsA 量は有意に高い値が保持されることが確認できたが, 漬け込み期間 3~7 日では約 20% の AsA が保持され, 食べ頃となる 3~5 日に食することを考えた場合, 前処理の塩もみの有無は AsA 摂取率にはあまり影響せず, いずれの加工方法においてもカブの甘酢漬けによる AsA 摂取効率は調理加工をしていない新鮮なカブの約 20% であることが明らかになった (図 3)。

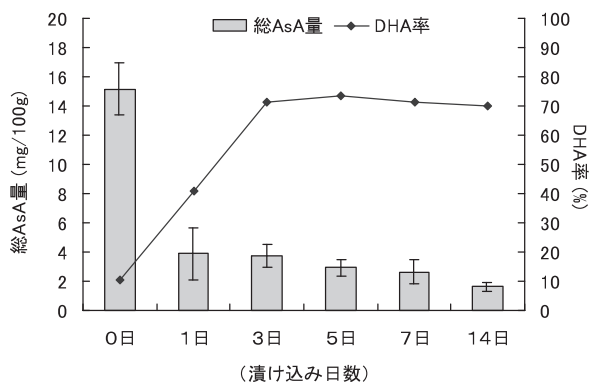


図2 甘酢漬けカブ(塩もみ有り)における漬け込み期間中の AsA の動態 (n=4)

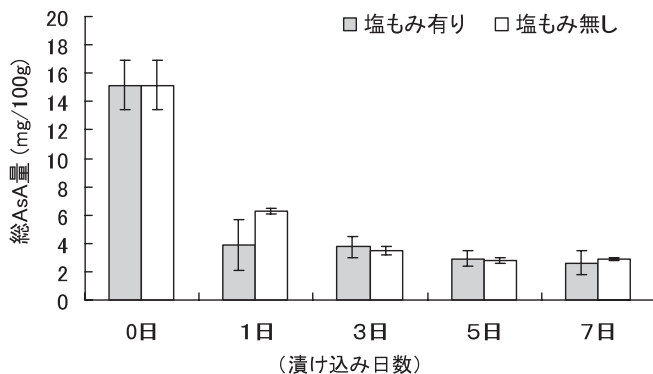


図3 甘酢漬けカブのAsA量における前処理(塩もみ)の影響 (n=4)

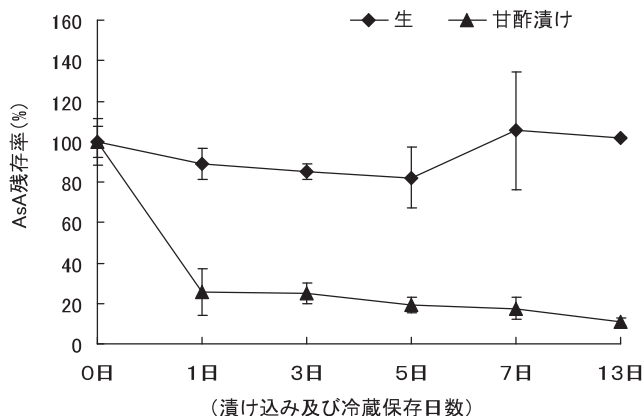


図4 カブ(根部、葉無し)を皮付きのまま冷蔵保存したもの(生)とスライスし甘酢漬けにし冷蔵保存したもののカブ中AsA量の変化 (n=4)

カブの甘酢漬けによるAsA摂取効率は約20%であることが明らかになったが、調理加工を施さずそのまま冷蔵保存するだけでも、一般に食品中のAsAは失われていく。甘酢漬けの保蔵方法について栄養学的に評価する上で、冷蔵保存中の自然酸化で失われるAsA量を考慮する必要があると考えられたため、葉部を切り落とし皮付きのまま冷蔵保存したカブにおけるAsA量の変化について分析を試みた。その結果、カブに含まれるAsAは冷蔵保存5日目までは緩やかに減少し、冷蔵保存開始時のAsA量の約20%が失われ、その後は表面の張りがなくなり収縮など外観的な変化が見られ、AsAが濃縮されることが確認された(図4)。AsA濃度はカブ中の水分の損失により高まってはいるものの、保存7日目では新鮮な状態とは明らかに異なる食感になっており、保存可能日数は1週間以内であると推察された。甘酢漬けの食べ頃の上限でもある漬け込み5日目を目安にすると、新鮮な状態のカブに対して期待されるAsA摂取量は調理加工未処理の冷蔵保存では約80%、甘酢漬けでは約20%であり、甘酢漬けの加工操作による純粋なAsA損失率は60%と推察された。

味噌汁などでは具となる食品に含まれる AsA は加熱により分解され、AsA の摂取はほとんど期待されないと考えられる。これに対して非加熱調理である甘酢漬けの栄養学的価値は高いと考えられるが、非加熱操作でありながら甘酢漬けの場合、漬け込み 1 日目からの AsA の損失は大きく、食べ頃を目安とした AsA 摂取効率は期待したほど高くはなかった。同じく保蔵も兼ねた加工方法である天日干しや糠漬けなどでは、甘酢漬けとは異なり、AsA は安定的により高い値で保持されることが確認されていることから、甘酢漬けの漬け込み初期からの AsA の損失について、甘酢液中の何による影響なのか疑問が持たれた。そこで、甘酢漬けに用いた各添加物の食品中 AsA への影響について明らかにするために、使用した各添加物による個別の漬け込み実験を行った。

基本の前処理（塩もみ）をしてから甘酢液に漬け込んだ場合の最終的な甘酢液における塩分濃度が 1% であったことから、1% の食塩水に甘酢漬けと同様に皮を剥き 5mm 厚さの半月切りにしたカブを漬け込み冷蔵保存し、その間のカブの AsA 量の変化を測定した（図 5、表 1）。その結果、AsA は漬け込み前のカブの含有量に対して漬け込み 5 日目までは約 80% が、2 週間の保存でも約 60% が保持され、塩はカブからの AsA 流出を抑制し、カブ細胞内の AsA の安定化に寄与するものと推察された。次に、砂糖については、甘酢漬けの酢を精製水に換え、同じ糖濃度の砂糖水に漬け込み冷蔵保存し、カブ中の AsA の変化を測定した（図 5、表 1）。その結果、漬け込み 3 日目をピークに漬け込み前のカブの AsA 含量に対して AsA 濃度は 160% まで高まり、漬け込み 2 週間後も約 125% という高い値の AsA が保持され、いわゆる AsA の濃縮が起きることが確認された。砂糖水に漬け込んだ場合、塩水や酢とは異なり、カブ細胞内からの顕著な水分流出による収縮が認められ、その際 AsA の漬け込み液（砂糖水）への流出は抑制され、AsA の濃縮という結果になったものと推察された。これまでも糖による AsA の安定化作用については報告してきたが<sup>8,9)</sup>、今回の結果も糖による AsA の安定化作用が関係しているものと推察された。すなわち、カブ組織の収縮により AsA の酸化分解が促進されやすくなるどころ、糖により抑制され AsA が安定的に高濃度に保持されたものと推察された。次に、酢の影響を検討するために、塩や砂糖は加えず、酢のみに甘酢漬けと同様にカットしたカブを漬け込み冷蔵保存し、カブ中の AsA 量の変化を測定した（図 5、表 1）。漬け込み 1 日目から急激な AsA の損失が認められ、AsA 量は漬け込み前のカブの約 80% が失われ、その後 2 週間の保存で大きな変化はなく約 15% の AsA が保持されることが確認された。また、漬け込み 1 日目から、カブに含まれる AsA は全て酸化型であり（表 1）、非常に不安定な状態であることが推察され、酢は食品中の AsA の酸化分解を促進し、甘酢漬けにおける食品中 AsA の損失に最も大きく影響したものと考えられた。一般に AsA は pH が高くなると DHA からジケトグルン酸への分解反応が進みやすく酸化分解が促進されるが<sup>10)</sup>、今回は pH が低い状態でより酸化促進されたことを示唆するものであり、*in vitro* での AsA の動態から予想されるものとは異なる結果であった。これは、酢の添加により食材の酸化機構が刺激され、その結果 AsA の酸化が促されたものと予想されるが、詳細は他の食材による更なる同様の実験データの集積等が必要と考えられた。

古くから野菜の保存手段および摂取方法として行われてきた甘酢漬け加工であるが、AsA の摂取源として考えた場合、新鮮なカブの約 20% の AsA 摂取が期待でき、加熱調理に比べて栄養学的に有効な調理加工方法であることが確認できた。しかし、環境負荷の少ない保蔵手段としての教材化は難しいと考えられた。今回の実験では、実験条件設定のための予備実験結果から保存中の腐敗の可能性が考えられたため、室温保存ではなく冷蔵保存を選択した。近年の温暖化及び現在の多く

表1 各漬込み液に漬け冷蔵保存したカブ中の総AsA量（n=4）

漬込み日数	甘酢漬け(塩もみ有り)	塩水	砂糖水	酢
0日	15.16±1.77 (10.49%)	15.16±1.77 (10.49%)	15.16±1.77 (10.49%)	15.16±1.77 (10.49%)
1日	3.9±1.77 (40.77%)	11.86±1.23 (6.24%)	22.64±3.87 (7.02%)	3.16±0.32 (100%)
3日	3.74±0.78 (71.12%)	12.54±1.14 (23.68%)	23.57±2.26 (2.84%)	2.31±0.33 (100%)
5日	2.93±0.56 (73.38%)	11.95±2.24 (17.49%)	20.92±2.51 (12.48%)	2.26±0.3 (100%)
7日	2.63±0.82 (71.10%)	8.87±1.31 (8.57%)	18.82±1.89 (1.22%)	2.36±0.14 (100%)
13日	1.61±0.3 (70.19%)	9.17±0.89 (20.17%)	14.42±3.4 (12.28%)	ND

上段：総AsA量（mg/100g），下段：DHA率（%）

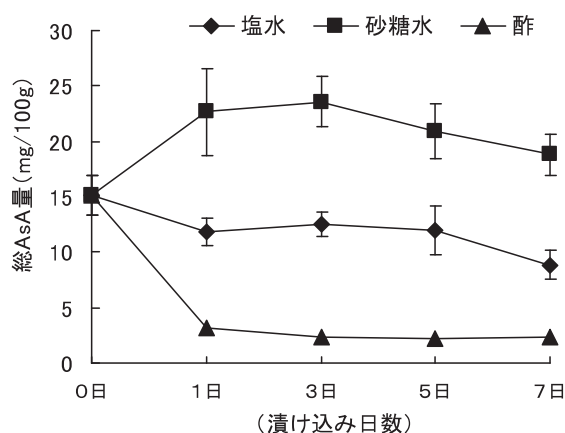


図5 甘酢漬けに用いた各添加物(砂糖, 塩, 酢)のカブ中AsA量に対する影響（n=4）

の住まいでは室内の密閉度が高いことから、一般家庭の環境を考えた場合、保存方法として甘酢漬けの室温保存を推すことは安全面の不安が大きく難しいと考えられた。そのため、本研究においても甘酢漬けに関しては、教材化に当たり栄養学的に有効な伝統的加工方法として扱うことを主眼に基礎データの集積に努めた。現在、他の日本の伝統的な食材保蔵加工方法である糠漬け、天日干しなどによる食材中のAsAを指標とした栄養学的評価を進めている。これらは冷蔵保存に頼らない環境負荷の少ない食品保蔵手段としての実践が可能であり、環境との関連性を学習する教材としては、これらの加工手段が適していると考えられる。今後は、中学校・高等学校の家庭科における食文化教育の教材開発のための基礎データとして、今回の甘酢漬けの結果及び現在進めている糠漬け、天日干し加工の結果をまとめ、適切な教材開発を行いたいと考えている。



#### 4. まとめ

伝統的食品保蔵手段である甘酢漬けについて、カブを試料として、栄養学的観点から中学校及び高等学校家庭科における食文化教育教材としての価値を評価することを試み、以下のことが明らかになった。

- ・ 伝統的食品保蔵手段である甘酢漬けにおいては、調理加工前の食材における AsA 量の約 20% が摂取可能であり、野菜や果実から摂取される栄養成分として重要な AsA の摂取の観点からは、加熱調理等に比べて有用な調理加工手段であることが明らかになった。
- ・ 甘酢漬けの加工によるカブの AsA 損失率は約 60% とかなり大きいことが確認され、AsA 損失に最も影響したのは酢であり、塩の影響は少なく、砂糖はその後の AsA の安定化に寄与していることが推察された。
- ・ 中高家庭科における食文化教育教材として、甘酢漬けは栄養学的に有効な手段として取り扱い可能であることが示唆されたが、食文化教育の重要性を説く上でもう一つの重要な観点である伝統的調理加工方法が環境負荷の少ないものであることの学習においては、他の加工方法（糠漬け、天日干し）を教材として利用することが望ましいと考えられた。

#### 引用文献

- 1) 前田安彦, 2003, 『漬物学—その化学と製造技術』(幸書房) pp.1-24.
- 2) 全日本漬物共同組合連合会 HP, 2011, 「(社) 食品需給研究センター 食品製造業の生産動向調査より漬物生産量」, <http://www.tsukemono-japan.org/statistics/documents/seisanryou-nenpou.pdf>.
- 3) 西川陽子・大内華子・鈴木美穂・大村奈実, 2008, 「家庭科調理実習における今後のあり方について」『茨城大学教育学部紀要(教育科学)』 **57**, pp.117-128.
- 4) 農文協編, 2000, 『果樹園芸大百科第2版 ダイコン・カブ』(農山漁村文化協会) pp.253-259, pp.263-268.
- 5) 食品成分研究調査会編, 2006, 『五訂増補 日本食品成分表 第2版』(医師薬出版) pp.56-57.
- 6) 松本文子, 1990, 『調理学』(光生館) pp.39-48.
- 7) Nishikawa Y, Kurata, T, 2000, Chemical characteristics of dehydro-L-ascorbic acid. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **64**, pp.1651-1655.
- 8) 西川陽子・兵藤祐美, 2006, 「果実の追熟におけるアスコルビン酸の動態」『茨城大学教育学部紀要(自然科学)』 **55**, pp.89-98.
- 9) 西川陽子, 2008, 『研究成果集 446 集 食品の安全性及び機能性に関する総合研究 -機能性-』(食品総合研究所) pp.424-427.
- 10) Nishikawa Y, Toyoshima Y, Kurata T, 2001, Identification of 3,4-dihydroxy-2-oxo-butanal (L-threosone) as an intermediate compound in oxidative degradation of dehydro-L-ascorbic acid and 2,3-diketo-L-gulonic acid in a deuterium oxide phosphate buffer. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **65**, pp.1707-1712.