

## 伝統的食品保蔵手段の栄養学的評価

西川陽子\*・上杉 望\*\*・森三千歌\*\*

(2018年8月31日受理)

## Nutritional Assessment on Traditional Food Processing for Preservation

Yoko NISHIKAWA\*, Nozomi UESUGI\*\* and Michika MORI\*\*

(Accepted August 31, 2018)

### はじめに

安定した食料供給ということについて我々の祖先は常に悩まされてきた。米や小麦など保存性のよい高エネルギー食材の栽培法を獲得してからはある程度の安定的なエネルギー供給が可能になり、食を追い求めて移動する生活から解放され定住できるようになった。しかし、生きていくのに必要な栄養はエネルギーだけではなく、他の一過性に得られる野菜や動物性食材などに含まれる様々な栄養素も必要不可欠であり、それら食材に何らかの保蔵手段を施し、年間を通じて必要な栄養が摂取できるよう工夫が必要であった。食材の保蔵手段として古くから取り入れられてきた伝統的手法に乾燥、漬物（塩漬け、酢漬け、発酵漬け）、糖蔵、燻製などがあり、これに対して戦後急速に発達した近代的手法として冷凍・冷蔵、放射線処理、不活性ガス添加、食品添加物の利用などがある。

冷凍冷蔵庫が普及していなかった1960年代以前までは、一時期に大量に収穫される野菜や果実など特に夏場に採れるものでは、その保存は難しく食べきれないものはこのような塩蔵や乾燥などの伝統的保蔵手段に頼っていた。現在では、野菜や果実をはじめ劣化の早い生鮮食品の家庭での保存は、イモなどのような低温障害が無い限り冷凍冷蔵庫での低温保存が一般的に行われる。例えば、キュウリでは冷蔵保存（4℃）した場合、ビタミンC（アスコルビン酸（AsA））の含有量は保蔵1週間以内であれば大きな変化はなく（図1）、外傷がない限り新鮮な状態で栄養価をほぼ100%損なうことなくおいしく生食できる。そのため、従来からある塩蔵や糠漬けなどの加工は、保蔵の目的は薄れ味を求めた調理法として扱われることが多くなり、発酵調味液や薫液など手軽にこれらの味を付けるための加工添加材が開発され、味を求めたこれら加工品が市販されるようになっている。

\*茨城大学教育学部家政教育教室食物研究室（〒310-8512 水戸市文京2-1-1；Laboratory of Food Science in course of home economics education, College of Education, Ibaraki University, Mito, 310-8512 Japan）.

\*\*茨城大学教育学部（〒310-8512 水戸市文京2-1-1；College of Education, Ibaraki University, Mito, 310-8512 Japan）.

そのような中、東日本大震災以降は電力不足となったことからなるべく電気エネルギーを使用しないエコな食生活が注目され、これら伝統的食品保蔵加工方法が改めて食品保蔵手段として見直されるようになった。特に漬物（塩漬け、酢漬け、発酵漬け）は、現在の食生活においても取り入れやすく、震災を機に自身で作るようになったという人も多い。また、塩漬けや糠漬けなどでは健康上塩分摂取はデメリットだがその一方でメリットもあり、手軽に野菜を摂取でき食物繊維摂取量アップになる、ある程度長期に漬けたものであれば乳酸発酵が進み乳酸菌による整腸作用が期待できる、糠漬けでは糠に含まれるビタミンB1、E、Aなどの栄養素の付与が期待できるなど多くの利点があり、これらも魅力の一つとなっている（佐竹 1999）。

塩漬けの原理は野菜をはじめとする食材の内部まで塩や調味液を浸透させることであり、概して「塩の浸透圧による細胞への作用→食材中の酵素による成分分解→微生物による消化（発酵）」の過程をたどる。食材の細胞壁（膜）の内側には半透性の原形質膜があり、細胞が生きていればこれにより塩や調味液は細胞内に浸透できないが、塩を加え細胞が死滅すると原形質膜は細胞壁から剥がれ細胞からの脱水が起こり塩や調味液が細胞内外に行来できるようになり、「漬かる」といった状態になる（前田 2002）。塩の主な役割は、塩味の添加、食材から脱水を生じさせ細胞を死滅させ塩や調味液の浸透を促す、脱水により食材の水分活性が低下し菌の繁殖を抑制する、食材に含まれる酵素を不活化し変味や変色等を抑制する、高い浸透圧により選択的に菌へ作用し有用菌の増殖を助けるなどが挙げられ、保存性を高める上でとても重要な役割を果たしている。細胞は死滅すると細胞内の酵素反応が盛んになり（自己消化）、自身の成分を分解し香りや旨味等を生成する。また、食材に付着していた乳酸菌の作用や、塩以外に米糠・酒粕・米糞などが添加されるとこれらに含まれる微生物や酵素の働きによってさらに多くの成分が生成され、塩味だけではなく、甘味・旨味・酸味などが加わり漬け込み日数と共に味や風味が変化する。

一般に食品の保蔵中の劣化に関係する微生物は細菌、酵母、カビだが、細菌はpH7、酵母・カビはpH5近辺が最も生育しやすく、いずれもpH4.5以下になると生育が抑制され食品の保存性が高まる。有機酸の微生物生育抑制効果は酢酸>コハク酸>乳酸>リンゴ酸>酒石酸>クエン酸の順に高く、酢漬けはこのpHの作用を主に利用したものであり（小川・的場 2003）、水分活性の低下を利用した塩漬けや糖蔵などとは保蔵の機構が異なる。

調理加工においては少なからず食品の栄養価が損なわれ、特に水溶性成分や抗酸化成分の損失は大きくなる。これら伝統的食品保蔵加工手段がいくら環境に優しくても栄養の多くが失われてしまうのであれば、保蔵手段として望ましくない。発酵調味液や薫液を利用し、伝統的味だけを受け継ぎ、食の楽しみはある程度残しつつ加工過程を省略するこれまでの流れでよいのではということになる。本研究では伝統的食品保存手段として、塩漬け、酢漬け、糠漬け、三五八漬けについて、保

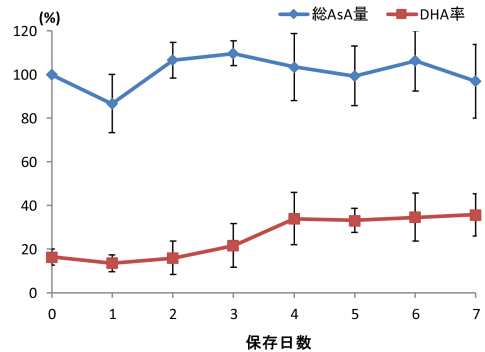


図1 キュウリの冷蔵保存（4℃）におけるAsAの変化

（キュウリは丸ごとジップロックに入れて冷蔵庫にて保存、保存する前（0日）の総AsA量を基準100%とした場合の比率と、含有する総AsA量におけるDHAの割合の動態）

蔵中の酸化障害の影響が分解損失量の形で現れやすいAsAの量的変動を指標としてその栄養的評価を試みようというものである。

## 研究方法

### (1) 塩漬け

家庭での塩漬け加工に多く用いられるキュウリ（品種：白イボキュウリ）とカブ（品種：金町小カブ）を試料とした。キュウリはアスコルビン酸オキシダーゼ（AAO）を含む代表的な野菜であり、一方、カブにはAAOは含まれずAAOを含む野菜とそうでない野菜での塩漬け加工における保蔵中のAsAの動態の違いにおいて知見が得られると考え、この2種を用いることとした。いずれの試料も茨城県産のものを水戸市内のスーパーにて購入し使用した。

キュウリの塩漬け試料については表1に示した3手法により調製した。

表1 キュウリの塩漬け試料の調製法

試料名	調製方法
皮付き試料 (丸皮有)	キュウリ1本を水洗いし、キュウリ重量の3%の塩をまぶした後、密閉容器に入れ冷蔵保存(4℃)。
皮剥き試料 (丸皮無)	キュウリ1本をピーラーで皮をむき、皮をむいた後のキュウリ重量の3%の塩をまぶした後、密閉容器に入れ冷蔵保存(4℃)。
スライス試料 (スライス)	キュウリ1本を水洗いし、皮付きのまま5mm幅の小口切りにし、試料重量の3%の塩をまぶした後、冷蔵保存(4℃)。

カブの塩漬けについては、カブの白い根茎の部分のみを用い、皮を剥いた後5mm厚さの半月切りにし、カブ重量の3%の塩をまぶして密閉容器に入れ、冷蔵保存(4℃)した。

### (2) 甘酢漬け

試料にはカブ（品種：金町小カブ，茨城県産）を用い、皮を剥いた後5mm厚さの半月切りにし、密閉容器にカブとカブが完全にかぶる程度の甘酢液（酢:砂糖 = 5:3, 塩分濃度 1% (w/v)）を加え、冷蔵保存(4℃)した。

### (3) 糠漬け

糠床には一定の発酵環境が保たれるよう市販の発酵調整済みのもの（原材料：米ぬか，米糀，食塩，販売：丸紅食品株式会社）を用いた。試料となる野菜にはカブ（品種：金町小カブ，茨城県産）を用い、白い根茎部分のみを使用し皮を剥いて6等分にしたものをジップロックに糠床と共にカブ全体が糠床に覆われるように入れ、冷蔵保存(4℃)した。

### (4) 三五八漬け（マルカワみそ 2017）

試料野菜にはカブ（品種：金町小カブ，茨城県産または千葉県産）を用いた。漬け床，米（新潟県産）600gを定法に従い炊飯し，60℃まで冷まし米糀（（有）糀屋本店）600gを加え，恒温器にて60℃に保ち1h毎に攪拌しながら7h発酵させ，その後150gの食塩（鳴門の塩，乾燥塩，鳴門塩業株式会社）を加え混ぜ，冷蔵庫（4℃）にて10日間熟成させ漬け床とした。

カブは根茎部分のみを使用し，皮を剥き半分に切ったカブを密閉容器に入れた三五八漬けの漬け床の中に完全にかぶるように入れ，冷蔵保存（4℃）した。

### (5) AsAの測定

(1) ~ (4) の試料におけるAsA量及び酸化型AsA（デヒドロアスコルビン酸（DHA））量を高速液体クロマトグラフィー（HPLC）を用いて文献記載の方法（Nishikawa and Kurata 2000）により測定した。DHA量は、還元型AsA量とジチオトレイトール（DTT）によって還元した還元試料から測定される総AsA量を用いて、「総AsA量 - 還元型AsA量」により算出した。AsA測定においては試薬は全て和光純薬工業のものを使用し、以下のHPLC分析条件にて分析した。

#### <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°C  
 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)

### 結果および考察

食品はその調理加工および保蔵中に酸化を受けやすく、それにより軟化、変色、栄養損失などの反応が進む。食品に含まれるAsAは抗酸化物質であり、これら酸化を抑制するために働き自身は酸化分解され失われやすい（石神 2011）。ゆえに、AsAの量的変化を追うことにより、その食品の酸化障害の度合い、保蔵においては保蔵状態の良否を間接的に推察可能であり、更に栄養的評価が可能であると考えられる。本研究では、伝統的保蔵手段である塩漬け、酢漬け、糠付け、三五八漬けについて、その加工保蔵中の食品中AsA量の変化を分析し、これら保蔵手段の有用性について検討した。

野菜果実などにはAAOの含まれるものとそうでないものがあり（表2）（大羽 1996）、AAOの有無により保蔵中や調理加工の過程で含まれるAsAの動態が異なる可能性があるため、AAOを含む食材としてキュウリ、含まない食材としてカブを用いて塩漬けを行いそれぞれの加工保蔵期間中のAsA量の変化を分析した。キュウリは皮近傍にAAOが多く存在していること、また、皮の有無や細胞の破碎により水溶性栄養成分の流出や酸化反応が促進されることが考えられるため、キュウ

表2 各種野菜におけるAsA含有量とAAO活性値

野菜名	総AsA量 (mg/100g)	AAO活性値 (unit/g) 注1)
キュウリ	14	50
西洋カボチャ	43	27.7
パセリ	120	1.24
シソ	26	1.09
キャベツ	41	0.59
レタス	5	0.04
タマネギ	8	0
セロリ	7	0.44
カイワレダイコン	47	2.13
ニンジン	4	2.56
カブ	18	0
ダイコン	11	0
サツマイモ	29	0
ジャガイモ	35	0
ショウガ	2	3.14

注1) 15分間に1molのAsAを酸化する酵素量を1unitとする。

リについては皮を剥かず丸ごと塩漬けにしたもの（丸皮有）、皮を剥き丸ごと塩漬けにしたもの（丸皮無）、皮を剥かず5mm厚さの小口切りにし塩漬けしたもの（スライス）、の3つの漬け方の試料を用意し分析した（図2）。そうしたところ、皮の有無や漬け込み形状によるAsA量への大きな影響はないものと推察された。また、漬け込み初期には一様に総AsA量の増加が見られたが、これは塩によりキュウリ細胞内の水分が流出し細胞内成分が濃縮されたためと考えられた。このことから、AsAは水溶性だが食材からの脱水に伴う流出は抑制されることが推察可能となった。また、美味し

く食せる漬け込み期間を概ね1週間として今回は7日間の保蔵期間においてAsAの動態を分析したが、脱水して失われた重量の補正をすると、漬け込み7日目のもものでは漬け込み前の総AsA量の約65%が保持可能であることが推察された(図3(b))。

更に、AAOを含まないカブについて同様に塩漬けにおけるAsAの動態を分析した。結果について、漬け込み方法はキュウリの場合のスライス試料に相当するためキュウリのス

ライス試料の結果と比較すると、漬け込み初期の水分流出がキュウリよりも少ないことから、漬け込み初期の総AsA量の増加はキュウリに比べて少ないが、漬け込み初期に濃縮が見られその後徐々に減少に転じるキュウリと同じようなAsAの変化をたどることが明らかになった(図3(a))。また、流出した水分による重量損失分の補正を行い漬け込み前の総AsA量に対するAsA残存率を計算すると、漬け込み7日目では約65%とキュウリと同じ値であった(図3(b))。このことから、漬け込み食材のAAOの有無や漬け込む際の食材の形状にかかわらず、塩漬けではもとの食材に含まれているAsA量のおよそ65%以上のAsAが保持され摂取可能であることが推察可能となった。

酢漬けについては、塩漬けと同様にカブ(根茎)をスライスし酢漬け用調味液に漬け込み、その際のAsAの変化について分析した。塩漬けの場合は食材からの脱水が多くAsAの濃縮が起こったが、酢漬けでは塩漬けのような食材からの大きな脱水やそれに伴うAsAの濃縮は起こらず、AsAは漬け

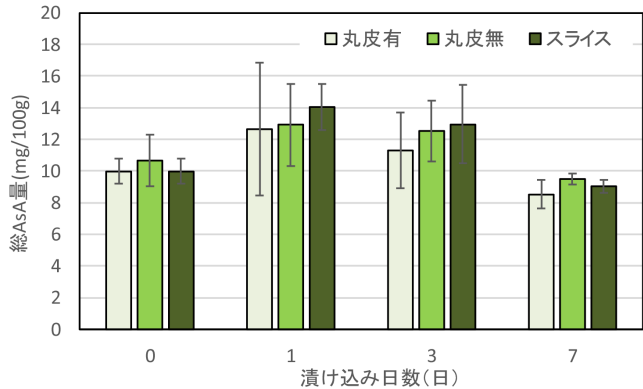


図2 キュウリの塩漬けにおけるAsA量の変化 (n=4)

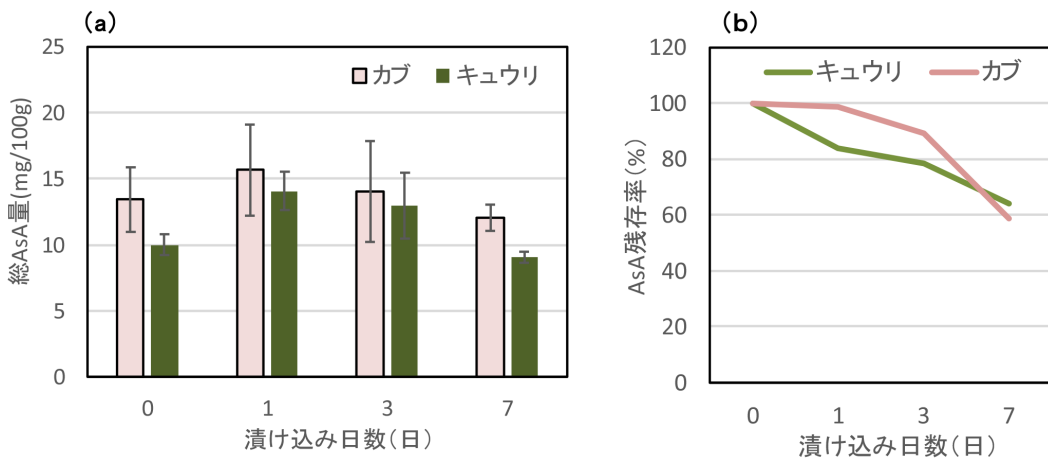


図3 カブとキュウリの塩漬けにおけるAsAの動態比較

(a) 総AsA量の変化 (n=4)

(b) 水分流出による重量変化を考慮した漬け込み前の総AsA量に対するAsAの残存率 (n=4)

込み日数に応じて一様に減少することが確認された（図4）。漬け込み7日後の塩漬けと酢漬けの総AsA量残存率を脱水による重量変化は考慮せず単純に漬け込み試料100g当たりの総AsA量比率で比較すると、それぞれ89.95%、40.15%となり、可食当たりのAsA摂取量は塩漬けのほうが酢漬けの約2倍であることが明らかになった。すなわち、両者を50g/食摂取した場合のAsA摂取量は、およそ塩漬けで12.6mg、甘酢漬けで5.6mgとなり、加工方法により同じ保存期間であってもAsA

摂取量に大きな違いが生じることが推察された。AsAは酸性よりもアルカリ性においてより不安定になり酸化分解反応が進みやすいことから（Nishikawa *et al.* 2001）、塩漬けにおけるpHは漬け込み1日目（pH6.05）、3日目（pH6.06）、7日目（pH6.09）で、1週間程度の低温における漬け込みでは乳酸発酵はせずpHがほぼ中性に保たれることや、脱水によりAsAの流出が大きいことが考えられたため、酸性の酢漬けのほうがAsA量は高く保持されると予想していたが、結果は異なるものであり酢酸によるAsA酸化分解促進作用の可能性が考えられた。

次に、発酵保蔵手法として糠漬けと三五八漬けについて検討した。両者は漬け床に食材を埋め込み発酵させ有用菌優勢のもと保存性を高めるという点で共通した保蔵加工方法になる。しかし、糠漬けは漬け床に脂溶性成分が多く含まれ抗酸化能が高く食材由来の乳酸発酵を主体とするものであるのに対して、三五八漬けの漬け床は米糶のコウジカビを主体とする発酵で水溶性成分が主となり、漬け床の環境は全く異なる真逆の発酵環境といえる。そのため発酵保蔵手法としてこの2種を試験することとした。試料は塩漬けや酢漬けなどの保蔵方法と比較するため同じカブ（根茎）を用いた。

糠漬けについては、市販の糠床を用い、皮を剥いて6等分したカブを1週間漬け込みAsAの変動を分析した（図5）。総AsA量、カブの重量共に塩漬けと非常に類似した変化が確認された。すなわち、糠漬けにおいても食材からの脱水が大きく、そのために漬け込み早期の段階でAsAの濃縮が起きることが明らかになった。脱水により損失

した重量の補正は行わず漬け込み前の総AsA量に対するAsA残存率は漬け込み7日目で57.2%となり、塩漬け（89.95%）>糠漬け（57.2%）>酢漬け（40.15%）の順であった。これまで糠漬けにおいては明らかな研究データとして示されていないがAsAの保持が良く高まるとも言われ、その要因として発酵菌によりAsAが産生されそのAsAが付与される（石井・小長谷 2002）、糠には脂溶性成分が多く水溶性であるAsAの流出が抑制さ

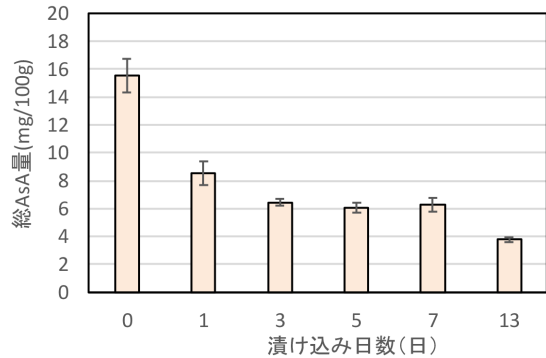


図4 カブの甘酢漬けにおけるAsA量の変化 (n=4)

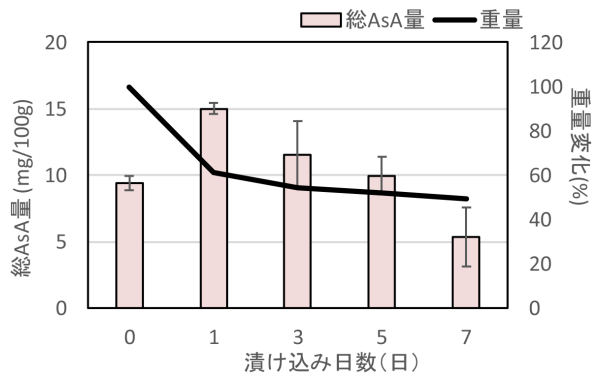


図5 カブの糠漬けにおけるAsAと重量の変化 (n=4)

れる、漬け床には糠の油やV.Eなどの抗酸化成分が含まれこれらによりAsAの酸化が抑制されるなどが考えられていた。そのため、塩漬けや酢漬けよりも糠漬けのAsAの保持は良いことを予想していたが、特段AsAの保持力は高くはなかった。これまで言われていた糠漬けによるAsAの増加等は、漬け込み初期の脱水によるAsAの濃縮の結果からの推察であった可能性が高いと考えられた。なお、今回AsAの増加等が見られなかったことから、糠床など外部からのAsAの付与は考えられなかったため、糠床の菌によるAsAの産生の有無等の検討は行わなかった。

三五八漬けについても糠漬けと同様にAsAの保持について検討した。漬け床には糠床のような抗酸化成分は含まれず、更に水系であるため糠漬けよりもAsAの流出が起こりやすいと考え保持は良くないと予想していたが、糠漬けよりもAsA保持力が高く、漬け込み8日後の総AsA濃度は漬け込み前の濃度に対して256.6%と漬け込み7日目の塩漬け(89.95%)や糠漬け(57.2%)を大きく上回る値であった(図6)。また、塩漬けや糠漬けと異なり、漬け込み日数に伴いAsAは増加しているが、脱水は糠漬けや塩漬けと同様に漬け込み早期に急速に起きているが、AsA濃度は糠漬けや塩漬けのようなその脱水による重量減少に反比例する形にはなっておらず漬け込み6日まで徐々に増加し、その後も高い値が保持されることが確認された。すなわち、三五八漬けにおける総AsA量の増加は脱水による濃縮だけではなく、漬け床の発酵菌によりAsAが産生されそのAsAが添加された、もしくはAsAの酸化による損失を防ぐ強い抗酸化作用を持つ物質が発酵菌により産生されそれが付与されAsAの酸化分解が抑制された等の要因が考えられた。

更に、三五八漬けにおけるAsA保持効果について糠漬けと比較するため、脱水によるカブの重量減少の補正を行い、漬け込み前の試料食材100g中に含まれるAsAの保持率の変化を計算した(図7)。糠漬けでは塩漬けや酢漬けと同様にAsAは減少(損失)が見られたが、三五八漬けでは可食期間とされる漬け込み実験期間の10日間で、漬け込み前のAsAがほぼ100%保持可能であることを示唆する結果が得られた。塩漬けや糠漬けの結果から、漬け込み期間中に試料食材中のAsAは酸化を受け、漬け込み7日目では少なくとももとの試料食材に含まれるAsAの約6割が失われると考えられたが、

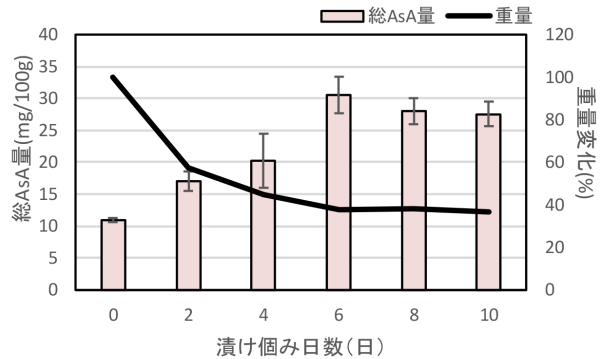


図6 カブの三五八漬けにおけるAsAと重量の変化 (n=4)

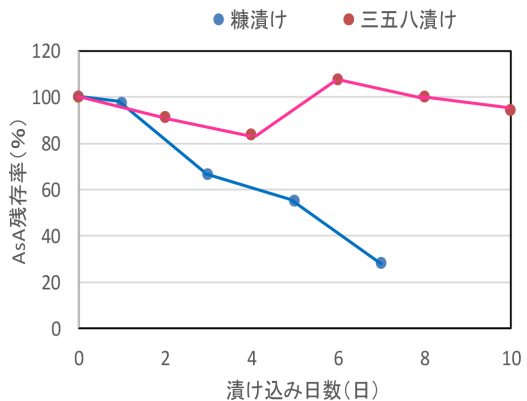


図7 脱水による重量減少補正をした発酵保蔵におけるAsA残存率の変化

三五八漬けではその損失分が補填されたと考えられる。抗酸化成分によるAsAの酸化分解抑制だけでこれだけの保持は難しく、漬け床において発酵によりAsAが産生されそれが添加された等の可能性が強いと考えられるが、要因の詳細については漬け床におけるAsAの産生の有無等、今後更なる分析と検討が必要と考えられた。

### まとめ

本研究により以下の結果が得られた。

- ・ 塩漬け実験の結果から、漬け込む食材におけるAAOの有無や食材のカットの仕方などは漬け込み後のAsAの保持率に大きな影響を及ぼさないことが推察可能となった。
- ・ 試験した食品保蔵加工においてAsAの保持率は、三五八漬け>塩漬け>糠漬け>酢漬けの順であった。
- ・ 酢漬けは酸性下の加工操作であるにも関わらずAsAの損失が大きく、酢によるAsAの酸化分解促進作用の可能性が考えられた。
- ・ これまで糠漬けにおいてはAsAの増加効果等が言われていたが、そのような効果はなく塩漬けと同等のAsA保持力であることが推察された。
- ・ 三五八漬けについては高いAsAの保持、更にはAsA添加効果が期待でき、漬け床におけるAsAの産生や抗酸化物質の産生の可能性が考えられたが、これら漬け床における栄養的効能については今後更なる検討が必要と考えられた。

### 引用文献

- 石井智美・小長谷有紀. 2002. 「馬乳酒の飲用がモンゴル遊牧民の栄養に及ぼす影響」『日本栄養食糧学会誌』 55 (5), 281-285.
- 石神昭人. 2011. 『ビタミンCの事典』(東京堂出版) 88-131.
- 前田安彦. 2002. 『漬物学-その化学と製造技術』(幸書房) 1-6, 9-27.
- マルカワみそ『三五八漬けのレシピ』 <http://marukawamiso.com/recepi/sagohachi.html> (2017年7月10日)
- Nishikawa Y., Kurata, T. 2000. Chemical characteristics of dehydro-L-ascorbic acid. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 64, 1651-1655.
- 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, 1707-1712.
- 小川正・の場輝佳. 2003. 『食品加工学』(南江堂) 19, 29-35.
- 大羽和子. 1996. 「新鮮野菜のアスコルビン酸オキシダーゼ」『日本調理科学会誌』 29(2), 120-124.
- 佐竹秀雄. 1999. 『漬物-漬け方・売り方・施設のつくり方』(農山漁村文化協会) 38-44.