

いも・野菜類の物性に及ぼす塩味調味料の影響

埜 久美子^{1,2} 多山 賢二³ 岡本 洋子^{*,3}

(平成29年1月31日受理)

Effects of salt seasonings on physical properties of tubers, roots and vegetables

Kumiko TAO^{1,2}, Kenji TAYAMA³ and Yoko OKAMOTO^{*,3}

Summary

Heating and fracture experiments were conducted to investigate the effects of “heating duration” and “salt seasonings” on physical properties, particularly firmness, of tubers, roots and vegetables. Rupture stress was measured as an index of “firmness”. The six materials measured were sweet potato (*Ipomoea batatas*), taro (*Colocasia esculenta*), potato (*Solanum tuberosum*), kabocha squash (*Cucurbita moschata*), Japanese radish (*Raphanus sativus*), and carrot (*Daucus carota*). The salt seasonings used were sodium chloride and *koikuchi* soy-sauce. Decreases in rupture stress were observed in the six types of samples as the heating duration increased, resulting in softening of the samples except during the initial period of heating. Compared to when heated in water only, the samples became slightly softer when heated in water containing sodium chloride. When heated in water containing *koikuchi* soy-sauce, the result was not definitive in terms of firmness. Further studies are necessary to examine which components of soy-sauce affect physical properties of tubers, roots and vegetables.

Key words : roots and vegetables, heating, sodium chloride, soy-sauce, rupture stress

要 旨 : いも・野菜類 6 食品を実験材料として、物性、とくに「硬さ」に及ぼす「加熱時間」、「塩味調味料添加」の影響を検討することを目的として、加熱実験ならびに破断実験を行った。「硬さ」の指標として破断応力を測定した。6 食品は、サツマイモ、サトイモ、ジャガイモ、カボチャ、ダイコン、ニンジンである。今回は、塩味を付与する調味料として塩化ナトリウムならびに濃口しょうゆを選んだ。6 食品については、加熱時間の経過とともに、初期加熱の一部を除き、破断応力の減少が認められ、軟化していることが示された。6 食品について、「水加熱」に比べ、「塩化ナトリウム添加加熱」ではやや軟らかく、「濃口しょうゆ添加加熱」では、軟化傾向、硬化傾向、いずれともいえないことがわかった。今後は、とくに、しょうゆに含まれるいずれの成分が、いも・野菜類の物性に影響を及ぼすのか調べる必要がある。

キーワード : 根菜類 加熱、塩化ナトリウム、しょうゆ、破断応力

* 連絡責任者・別冊請求先 (Corresponding author, E-mail : okayou@suzugamine.ac.jp)

鈴峯女子短期大学 (733-8623 広島県広島市西区井口4丁目6-18)

Suzugamine Women's College, 6-18, Inokuchi, 4-chome, Nishi-ku, Hiroshima 733-8623, Japan

¹ 光市立大和総合病院 ² 元鈴峯女子短期大学専攻科 ³ 鈴峯女子短期大学食物栄養学科

はじめに

われわれ日本人が摂取している食品は約 1,000 品目とされており、文部科学省「日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）」^{1) 2)} に収載されている食品総数は 1,878 品目である。この分類^{1) 2)} では、植物性食品としては、穀類、いも及びでん粉類、豆類、種実類、野菜類、果実類、きのこ類、藻類などとなっている。本研究では、このなかで、日常的に食される身近な食品として、「いも類」に分類されるサツマイモ、サトイモ、ジャガイモ、「野菜果菜類」に分類されるカボチャ、「野菜根菜類」に分類されるダイコン、ニンジンを取り上げた。

一般に食べ物をおいしいと認識する因子として、味、香りとともに、咀嚼しやすさ下の感覚に関係する食品物性も大きな因子である。今回は、いも・野菜類の物性を機器による客観的評価を行って調べることとした。いも・野菜類は、水加熱される場合のほか、食塩、砂糖、しょうゆ、みりん、酒、食酢等の調味料を添加して加熱されることも多い。食品を加熱する際、塩味を付与する調味料²⁾ としては、食塩、醤油、味噌、ソース類（ウスターソース類・トマトケチャップ類）があげられる。本研究では、塩味を付ける調味料として塩化ナトリウム、塩化カリウム、濃口しょうゆ、薄口しょ

うゆを選んで実験を行った。

いも・野菜類に上記の調味料を添加して加熱した場合、加熱野菜類の硬さについて報告した先行研究がいくつかある^{3) 4) 5)}。ダイコンの煮熟に及ぼす各種塩化物の影響⁴⁾ や、ダイコン根部の煮熟軟化に及ぼす食塩添加の影響⁵⁾ の報告には、塩化ナトリウムや塩化カリウムを添加して加熱した場合には、ダイコンは軟化すると記述されている。ジャガイモの煮くずれを検討した報告³⁾ では、水加熱と比較して、食塩添加のジャガイモは、軟化傾向であったことが示されている。いも・野菜類にしょうゆを添加して加熱した場合の野菜の硬さについて調べた研究³⁾ は少ない。

そこで、本実験では、いも・野菜類 6 食品を実験材料として、物性、とくに「硬さ」に及ぼす「加熱時間」、「塩味調味料添加」の影響を調べることを目的として、加熱実験ならびに破断実験を行い、食品の破断特性を測定した。

実験方法

1. 材料と調製

(1) 材料等

次に本実験で用いた材料を示した（表 1）。

表 1. 本実験の材料

	材料 【 】は食品番号 ²⁾	産地	加熱時間 (点火時を 0 分とした 加熱継続時間である)
塩化ナトリウム添加加熱	サツマイモ 【02006】	宮崎県	3, 6, 10 分
	サトイモ 【02010】	愛媛県	3, 6, 10 分
	ジャガイモ（メークイン） 【02017】	長崎県	3, 6, 10 分
	カボチャ 【06048】	宮崎県	3, 6, 10 分
	ダイコン（青首ダイコン） 【06132】	山口県	3, 6, 10, 20 分
	ニンジン（洋ニンジン） 【06212】	長崎県	3, 6, 10 分
濃口しょうゆ添加加熱	サツマイモ 【02006】	熊本県	3, 6, 10 分
	サトイモ 【02010】	愛媛県	3, 6, 10 分
	ジャガイモ（メークイン） 【02017】	北海道	3, 6, 10 分
	カボチャ 【06048】	長崎県	3, 6, 10 分
	ダイコン（青首ダイコン） 【06132】	長崎県	3, 6, 10, 20 分
	ニンジン（洋ニンジン） 【06212】	北海道	3, 6, 10 分

下記に本実験で用いた加熱液を示した（表 2）。

表 2. 本実験の加熱液

加熱の種類	材料	材料重量	加熱液重量 (加熱前)	加熱液
-------	----	------	----------------	-----

塩化ナトリウム添加加熱	水加熱	サツマイモ、サトイモ、ジャガイモ、ダイコン、ニンジン、カボチャ	50g	350g	純水 350g 純水は、材料の総重量に対して 7 倍量
	塩化ナトリウム 2% 添加加熱		50g	350g	純水 349g+塩化ナトリウム 1g 塩化ナトリウムは、材料重量の 2% 実際の調理に近い比率である
	塩化ナトリウム 4% 添加加熱		50g	350g	純水 348g+塩化ナトリウム 2g 塩化ナトリウムは、材料重量の 4%
濃口しょうゆ添加加熱	水加熱	サツマイモ、サトイモ、ジャガイモ、ダイコン、ニンジン、カボチャ	50g	350g	純水 350g 純水は、材料の総重量に対して 7 倍量
	濃口しょうゆ 10% 添加加熱		50g	350g	純水 345g+濃口しょうゆ 5g 濃口しょうゆは、材料重量の 10% 実際の調理に近い比率である
	濃口しょうゆ 20% 添加加熱		50g	350g	純水 340g+濃口しょうゆ 10g 濃口しょうゆは、材料重量の 20%

注) カボチャの材料重量は、表 2 の 1/2 量で実験を行った。カボチャの加熱液、調味料の割合等は表 2 のとおりである。

表 2 の条件で加熱した塩化ナトリウム 2% 添加加熱、塩化ナトリウム 4% 添加加熱をそれぞれ、「塩化ナトリウム 2%」、「塩化ナトリウム 4%」と表す。同様に、濃口しょうゆ 10% 添加加熱、濃口

しょうゆ 20% 添加加熱を、それぞれ「濃口しょうゆ 10%」、「濃口しょうゆ 20%」と表す。

表 3 に本実験で用いた塩化ナトリウムおよび濃口しょうゆの規格等を示した。

表 3. 本実験で用いた塩化ナトリウムおよび濃口しょうゆの規格等

試料	規格等
塩化ナトリウム	試薬特級 シグマアルドリッチジャパン社
濃口しょうゆ	こいくちしょうゆ：キッコーマン株式会社 食塩 16.2g/100ml 総窒素 1.60g/100ml アルコール 2.2ml/100ml pH 4.8 色度 11 比重 1.17g/100ml

(2) 調製

実験材料は、部位によって加熱にともなう軟化の程度に差があるので、皮層部（外層部）を除いた部位を用いた。組織状態がほぼ均一な中心部（内層部）とした。材料の調製は次の順序で行った。

- ① 材料の中心部を 2cm の輪切りとする。
- ② ①を直径 3cm のステンレスボーラーでくり抜く。高さ 2cm、直径 3cm、重量 17g の円柱状に調製する。一回につき 3 切れ（総重量 50g）を加熱実験に用いた。

加熱の際に添加する塩化ナトリウムは、材料重量の 2% および 4%、濃口しょうゆは材料重量の 10% および 20% を用いた。いも・根菜類を加熱調

理する場合には、塩単独では材料重量の 1.5%、しょうゆ単独では材料重量の 8% が一般的な使用基準とされている。これらを考慮し、予備実験を行って塩味調味料の添加濃度を決めた。

2. 加熱実験・破断実験

加熱実験に用いた容器は、直径 18cm、容量 2.2 リットルのホーロー鍋である。加熱器具は、IH 調理器（家庭用）品番 KZ-PH 3 松下電器産業 Panasonic である。加熱時の火力については、沸騰まで強火（約 1400W）、のち弱火（約 260W）とした。加熱時間は、予備実験を行って、煮崩れ等も考慮して設定した。また、今回は、点火時を 0 分とした加熱時間である。加熱方法は、次の順序で行った。

- ① 調製済みの実験材料と加熱液を入れ、それぞれの各加熱時間、蓋をして加熱する。
- ② 加熱時間の中間地点で1回ひっくり返す。
- ③ 加熱後は直ちに材料を取り出し、常温まで冷却し、直ちに破断特性を測定する。

3. 破断特性と統計処理

クリープメータ(RE2-3305B:株式会社山電製)を用い、破断応力値を測定した。この試料を固定し測定しやすくするために、ステンレスシャーレに試料をのせ、 $\phi 3\text{mm}$ 円柱形のポリアセタール製のプランジャー (NO.4) により測定を行った。圧縮速度 1mm/sec (人の噛む速さ)、圧縮歪率 90% で測定した。ロードセルは 20N とした。今回は、同一試料について、3 回以上測定した。ばらつきの大きい試料については、6 回以上測定した。破断応力データは平均値 $\pm$ 標準偏差で表した。統計処理には IBM SPSS Statistics 19.0 for Windows (IBM Company, Tokyo) を用い、一元配置分散分析後、Bonferroni の検定を行った。有意水準は $p < 0.05$ とした。

4. 加熱液の pH 測定

試料液の pH については、pH メーター (KS701 新電元工業) によって、加熱直前および加熱後測定した。液温は室温 ($20 \pm 2^\circ\text{C}$) であった。加熱後の測定は、室温まで放冷した。

結 果

1. 塩化ナトリウムを添加加熱した場合のいも・野菜類の破断実験

塩化ナトリウムを添加して加熱を行った場合の 6 食品の破断応力のうち、サツマイモ、サトイモ、ダイコンをそれぞれ図 1、図 2、図 3 に示した。

加熱時間 図 1、図 2、図 3 によると、「水加熱」、「塩化ナトリウム 2%」、「塩化ナトリウム 4%」、いずれの場合も、加熱時間の経過とともに、初期加熱の一部を除き、破断応力の減少が認められ、軟化していることがわかった。

生食品と加熱食品 図 3 では、生ダイコンと比較して、加熱ダイコンの破断応力が高い値を示した試料がみられた。「水加熱 3 分」、「塩化ナトリウム 2% 3 分」、「塩化ナトリウム 4% 3 分」、「塩化ナトリウム 2% 6 分」において、生食品に比べ破断応力値が高くなっていた。

水加熱と塩化ナトリウム添加加熱 図 1 のサツマイモでは、加熱 6 分において「塩化ナトリウム 4%」が「水加熱」と比較すると破断応力は有意に低かった ($p < 0.05$)。加熱 10 分においては「塩化ナトリウム 2%」および「塩化ナトリウム 4%」が「水加熱」に比べ、応力は有意に低かった ($p < 0.05$)。図 2、図 3 のサトイモおよびダイコンにおいてもほぼ同様の結果が得られた。

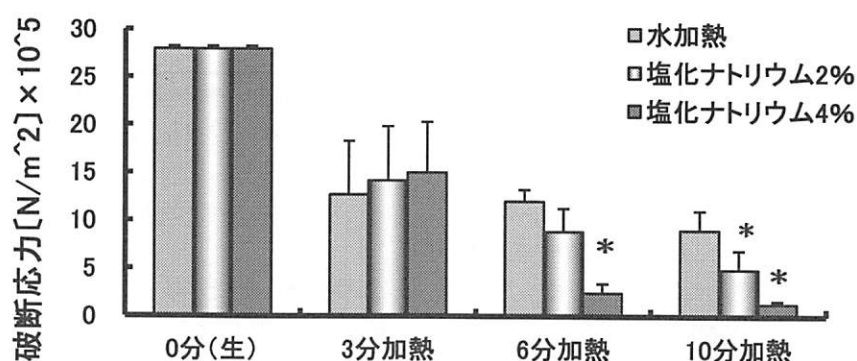


図 1. 塩化ナトリウム添加加熱したサツマイモの破断応力

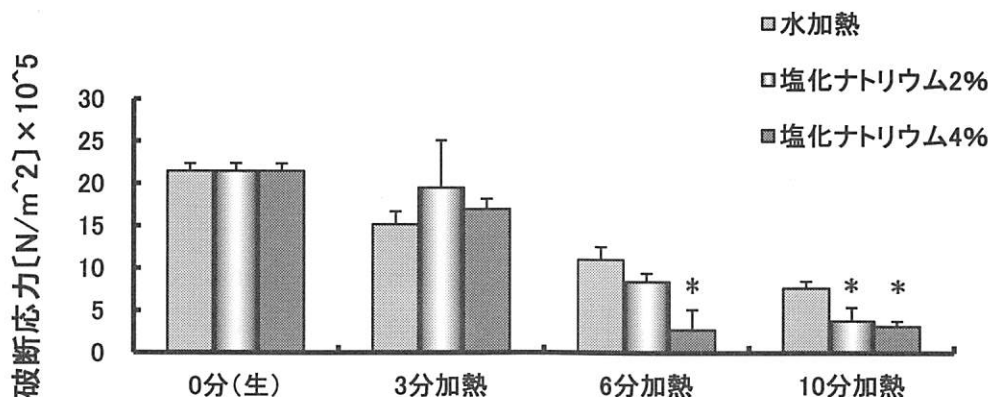


図2. 塩化ナトリウム添加加熱したサトイモの破断応力

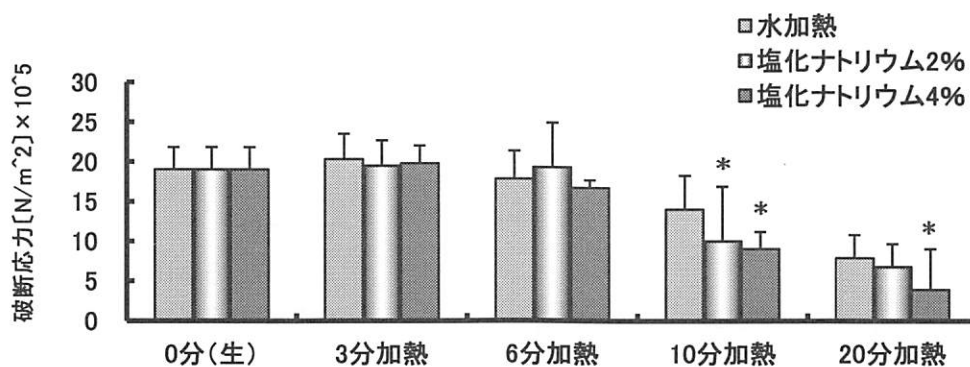


図3. 塩化ナトリウム添加加熱したダイコンの破断応力

2. 濃口しょうゆを添加加熱した場合のいも・野菜類の破断実験

濃口しょうゆを添加して加熱を行った場合の6食品の破断応力のうち、サトイモ、カボチャをそれぞれ図4、図5に示した。

加熱時間 図4、図5によると、「水加熱」、「濃口しょうゆ10%」、「濃口しょうゆ20%」、いずれの場合も、加熱時間とともに初期加熱の一部を除き、破断応力の低下がみられ、軟化傾向が示された。

生食品と加熱食品 図5のカボチャにおいて、生食品と比較して、加熱食品の破断応力が高い食品がみられた。「濃口しょうゆ20%3分」は、生食品に比べ破断応力値が高値であった。

水加熱と濃口しょうゆ添加加熱 図4のサトイモにおいては、「水加熱」と「濃口しょうゆ添加加熱」の間に、いずれも有意差は認められなかった。図5のカボチャにおいては、「濃口しょうゆ20%6分」が「水加熱」に比べ、応力は有意に高かった ($p < 0.05$)。

3. 水加熱と塩味調味料加熱の破断応力

「水加熱」と「塩味調味料添加加熱」の試料について、破断応力に差があるがどうか、Bonferroniの検定を行って調べた結果を表4に示した。「水加熱」と「塩化ナトリウム添加加熱」において、26グループ間の有意差検定を行ったところ、有意水準5%未満で18のグループ間で有意差がみられた。「水加熱」と「濃口しょうゆ添加加熱」では、カボチャにおける1グループ間で有意差がみられた。

考 察

加熱による軟化現象 本研究では、日常的に使われているいも・野菜類のなかから、6食品、サツマイモ、サトイモ、ジャガイモ、カボチャ、ダイコン、ニンジンを選定し、加熱・破断実験を行って「硬さ」に及ぼすか加熱継続時間の影響を調べた。これら6食品については、加熱時間の経過とともに、初期加熱の一部を除き、破断応力の減少が認められ軟化していることが明らかにされ

た。これらのいも・野菜類を加熱すると、加熱時間とともに軟化傾向を示す理由は次のとおりであった。いも類や根菜類の軟化には、ペクチンが重要な働きをしており、ペクチンは食品の細胞と細

胞を連結している。いも類や根菜類を加熱すると、ペクチンは分解し加熱液中に溶出するため、細胞間の連結力がなくなり軟化する⁶⁾。

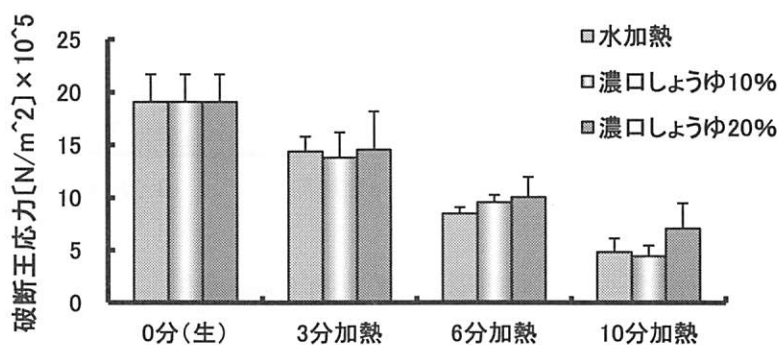


図4. 濃口しょうゆ添加加熱したサトイモの破断応力

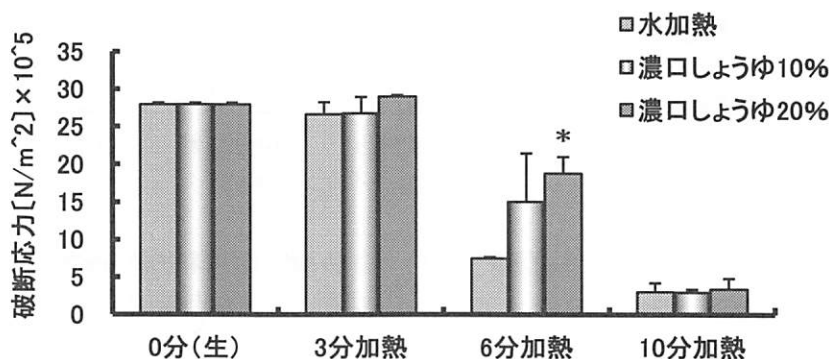


図5. 濃口しょうゆ添加加熱したカボチャの破断応力

* ; 「水加熱」と「塩化ナトリウムまたは濃口しょうゆ添加加熱」の間に有意差あり (図1-5), $p < 0.05$.

表4. 6食品における「水加熱」と「塩味調味料加熱」の破断応力の比較

塩味調味料加熱の種類	pH 測定値	水加熱と塩味調味料添加加熱の間に有意差のあったデータ数 有意水準5%	水加熱と塩味調味料添加加熱の間の有意差検定を行ったデータ数 (初期加熱を除く)
水加熱	6.9~7.0【中性】	—	—
塩化ナトリウム添加加熱	6.1~6.6【中性】	18	26
濃口しょうゆ添加加熱	4.8~5.9【弱酸性】	1	26

加熱初期における硬化現象 初期加熱(3分)では、生食品に比べて、硬化傾向を示した加熱食品がみられた。今回の実験では、ジャガイモ・カボチャ・ダイコンの3食品であった。香西ら⁷⁾は、野菜の硬さと加熱温度領域の関連について現象を数式化して、詳細に検討している。野菜の加熱時の温度領域によって、硬化と軟化が同時に起こっており、低温領域では硬化現象が強く表面に現れるとしている。これにより、本実験で示された硬化傾向を説明できる。

塩化ナトリウム添加と野菜類の硬さ 6食品の「塩化ナトリウム添加加熱」の破断応力は、「水加熱」に比べて、26グループのうち18グループ間で有意に低値を示した。つまり「塩化ナトリウム添加加熱」は、「水加熱」に比べてやや軟化傾向を示すといえる。塩化カリウムでも同様の実験を行ったが、塩化ナトリウムの結果と類似していた。いも・野菜類に塩化ナトリウムを添加した場合の「硬さ」に関する研究については、いくつかの報告がみられる^{3) 4) 5)}。これらによると、ダイコンやジャガイモを加熱するときに、塩化ナトリウムを添加すると、水加熱の場合に比べ、軟化傾向を示すことが報告されており、本実験の結果とほぼ類似傾向であった。その理由は、次のことから説明できる。いも・野菜類を加熱する際、 Na^+ 、 K^+ などを含む液では、細胞間のペクチンの溶出が促されるので、軟化を促進する⁶⁾。

濃口しょうゆ添加と野菜類の硬さ 「濃口しょうゆ添加加熱」は、「水加熱」に比べ、26グループのうち1グループ間で有意に高値であった。すなわち、「濃口しょうゆ添加加熱」は、「水加熱」に比べ、軟化傾向、硬化傾向、いずれともいえないのではないかと考える。本報告では「濃口しょうゆ添加加熱」のデータを示したが、薄口しょうゆでも同様の実験を行い、濃口しょうゆの傾向と類似した結果を得ている。ところで、真空包装がジャガイモの煮くずれに及ぼす影響を調べた研究⁵⁾では、真空包装による加熱と通常加熱を比較したもので、本実験の目的とは異なるが、通常加熱の場合、「水加熱」と「濃口しょうゆ加熱」では、「濃口しょうゆ加熱」の破断応力値が低く、「水加熱」に比べ、軟化傾向であった。このジャガイモの濃口しょうゆ添加による軟化傾向は、本実験で得られた6食品をまとめて概観した傾向(軟化・硬化いずれともいえない)とは異なった。しょうゆは、食塩、全窒素、ホルモール窒素、還元糖、

アルコールなどを成分^{8) 9)}とし、煮物等に用いられ、いくつかの報告^{10) 11)}がみられる。また、本実験の濃口しょうゆ添加の加熱試料液のpHは、pH4.8~5.9であった。しょうゆのいずれの成分がいも・野菜類の硬さに影響を与えるのであろうか。あるいは、加熱液のpHによって加熱したいも・野菜類の硬さが異なるのであろうか。今後は、しょうゆの成分と濃度、添加時期等、実験条件を細かく設定して検討する必要がある。

ま と め

本研究では、いも・野菜類を中心とした6食品について、「硬さ」に及ぼす「加熱時間」、「塩味調味料添加」の影響を調べることを目的として、加熱・破断実験を行い食品の破断応力値を測定した。以下の結果を得た。

(1) 6食品については、加熱時間の経過とともに、初期加熱の一部を除き、破断応力の減少が認められ軟化していることがわかった。

(2) 初期加熱(3分)では、生食品に比べて、硬化傾向を示す加熱食品が一部(ジャガイモ・カボチャ・ダイコン)みられた。

(3) 6食品の「塩化ナトリウム添加加熱」の破断応力は、「水加熱」に比べて、26グループのうち18グループ間で有意に低値を示した。

(4) 「濃口しょうゆ添加加熱」は、「水加熱」に比べ、26グループのうち1グループ間で有意に高値であった。

(5) 以上から、いも・野菜類を中心とした食品を加熱したときに、添加する塩味調味料の種類によって硬さに差が認められることがわかった。今回は、それぞれの食品を「水加熱」したときの硬さを基準として調べた。6食品について、「水加熱」に比べ、「塩化ナトリウム添加加熱」ではやや軟らかく、「濃口しょうゆ添加加熱」では、軟化傾向、硬化傾向、いずれともいえないことがわかった。しょうゆを添加した場合の加熱食品の硬さに関する報告は少なく、今後は、しょうゆを添加したときのそれぞれのいも・野菜類の硬さについて、しょうゆの成分と濃度、添加時期等、実験条件を細かく設定して検討する必要がある。

参 考 文 献

- 1) <http://www.mext.go.jp/> 文部科学省ホームページ(2016年12月15日アクセス)。
- 2) 医歯薬出版編：『日本食品成分表 2015年版(七

- 訂)本表編』, 医歯薬出版, 東京, 2-191(2016).
- 3) 田村朝子, 佐々木舞, 木下伊規子, 鈴木一憲 :
真空包装がジャガイモの煮くずれに及ぼす影響,
日本調理科学会誌, 39, 296-301 (2006).
- 4) Fuchigami, M., Sasaki, A., Sanmoto, A., Tamura, S.
and Okuda, H. : Effects of Various Chlorides on the
Softening of Cooked Japanese Radish Roots and on
the Pectic Composition after Cooking., *J. Home
Econ. Jpn.*, 44, 643-648 (1993).
- 5) 田村咲江 : 野菜の煮熟軟化の機構について (第
1 報) ダイコン根部の煮熟軟化に及ぼす食塩添加
の影響, 日本家政学会誌, 38, 375-381 (1987).
- 6) 渕上倫子 : 野菜の加熱とペクチン質, 日本調理
科学会誌, 40, 1-9 (2007).
- 7) 香西みどり : 調理加工における野菜の硬さの制
御, 高分子, 50, 715-718(2001).
- 8) 石川雄章, 蓼沼誠, 長澤道太郎, 永見憲三, 吉
沢淑 : 『醸造・発酵食品の事典』, 朝倉書店, 東
京, 402-430 (2010).
- 9) 寺本淳身 : わかりやすい表示と規格 しょうゆ
製造工場の管理用セルフチェック, 醤油の研究
と技術, 36, 183-188 (2010).
- 10) 池内ますみ, 水野千恵, 升井洋至, 奥田展子,
澤田崇子, 永谷裕子, 山下英代, 山田克子, 横溝
佐衣子, 四谷美和子, 富岡和子 : 煮ものにおける
醤油の調理特性, 日本調理科学会誌, 38, 163-169
(2005).
- 11) Jeong, Su-Ji, Shin, Mee-Jin, Jeong, Seong-Yeop,
Yang, Hee-Jong and Jeong, Do-Youn :
Characteristic Analysis and Production of
Short-Ripened Korean Traditional Soy Sauce Added
with Rice Bran., *Journal of the Korean Society of
Food Science and Nutrition*, 43, 550-556(2014).