

真空調理における加熱操作が
植物性食品の栄養成分および物性に及ぼす影響

平成 27 年 (2015 年)

熊本県立大学大学院 環境共生学研究科

博士後期課程

中嶋 名菜

目次

序論.....	1
第1章 真空調理における加熱操作が植物性食品の栄養成分に及ぼす影響	
第1節 序論.....	6
第2節 材料および方法.....	10
第3節 結果および考察.....	21
第1項 加熱時間が真空調理におけるジャガイモ (<i>Solanum tuberosum</i> L.) (‘男爵’) のビタミンC量に及ぼす影響	
1. 加熱調理後の形状比較	
2. ビタミンC	
第2項 品種の相違が真空調理におけるジャガイモ (<i>Solanum tuberosum</i> L.) の ビタミンC量, 色差に及ぼす影響	
1. 加熱調理後の形状比較	
2. 加熱調理後の固形重量の比較	
3. ビタミンC	
4. 色差	
第3項 調味液が真空調理におけるジャガイモ (<i>Solanum tuberosum</i> L.) (‘メーカー’) のビタミンC量に及ぼす影響	
1. 加熱調理後の形状比較	
2. 加熱調理後の固形重量の比較	
3. ビタミンC	
第4項 真空調理におけるブロッコリー (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>) の 部位別ビタミンC量	
1. 固形重量の変化	
2. ビタミンC	
1) 未加熱処理ブロッコリーの部位別ビタミンC量	
2) 加熱後の部位別ビタミンC量の変化	
3) ゆで水中に含まれるビタミンC量ならびに表面殺菌による影響	
第4節 摘要.....	59

第2章 真空調理における加熱操作がジャガイモ (<i>Solanum tuberosum</i> L.) の物性 (硬さ, 付着性, 凝集性) に及ぼす影響	
第1節 序論.....	64
第2節 材料および方法.....	66
第3節 結果および考察.....	67
第1項 加熱時間が真空調理におけるジャガイモ (<i>Solanum tuberosum</i> L.) (‘男爵’) の物性 (硬さ, 付着性, 凝集性) に及ぼす影響	
第2項 品種の相違が真空調理におけるジャガイモ (<i>Solanum tuberosum</i> L.) の物性 (硬さ, 付着性, 凝集性) に及ぼす影響	
第3項 調味液が真空調理におけるジャガイモ (<i>Solanum tuberosum</i> L.) (‘メーカーイン’) の物性 (硬さ, 付着性, 凝集性) に及ぼす影響	
第4節 摘要.....	81
総括.....	83
引用文献.....	89
謝辞.....	101

序論

我が国は高齢化がますます進行することから、介護施設、病院だけでなく在宅療養における適切な栄養管理を持続できる体制づくりが求められている（厚生労働省医薬食品局，2009）。

一般に、高齢者は筋力の低下や唾液分泌量の低下など身体的変化に伴って、食べにくい食物が増加し（神山，2009）、エネルギー摂取量の減少、野菜、果物の摂取量減少による食物繊維やビタミンCの摂取量減少が報告されている（戸田ら，2008）。高齢者にとって、食生活を充実させることは身体機能の低下を予防し、健康寿命を延ばし、高齢者の自立した生活につながると報告されている（戸田ら，2008）が、高齢者に適した物性を検討するには硬さだけでは不十分であり、付着性や凝集性も含めた評価が望ましく（神山，2009）、厚生労働省から硬さ、付着性、凝集性を指標とする「えん下困難者用食品」の許可基準が示された（2009年4月1日）。このように高齢者は嚥下機能が低下するため、今後は嚥下に配慮した食事を提供する機会が増えると考えられる。しかし、とろみの加減、調理方法は給食従事者の経験に頼ることが多いのが現状である（日本摂食・嚥下リハビリテーション学会嚥下調整食特別委員会，2013）。

真空調理は、食材を調味液とともに真空包装後、加熱調理を行いチルド保存することから、栄養損失が少なく、衛生的で保存性もよく計画生産に適した調理法とされている（脇，1989；生野ら，1991）。真空調理の利点は次のとおりである。

- 1) 通常の加熱調理にくらべ、調味液の量を減らすことができ、減塩効果が期待される。
- 2) 使用する鍋や釜などの調理器具並びに人件費が削減できる。
- 3) 作業のマニュアル化が可能であるため調理者の熟練度に関係なく安定したおいしい食事を提供できる。
- 4) 小分けに真空包装し調理することができるため、小規模の病院、介護老人福祉施設に適している。
- 5) 調理時間や加熱温度の管理が容易であり、高齢者や嚥下困難者に適した料理を容易に提供することができ、単身世帯高齢者や咀嚼能力低下者の低栄養問題（北野ら，2009；北野ら，2010）を予防する一助になる。

しかし、杉山ら（2005）が2004年に実施した調査では、真空調理の導入率は中国地方5県・近畿地方3県の介護老人福祉施設で3.0%とときわめて低く、我々が2010年に実施した熊本市の給食業務従事者171名（男性24名，女性147名）を対象とした真空調理利用状況調査においても、真空調理の導入率が低いことが明らかになった（6.4%）（Table 1）。

真空調理は肉の歩留まりを改善するために1970年代半ばにフランスで開発された調理法であり（谷，2006），真空調理に関する先行研究は、国内外において動物性食品における機能性成分，物性の検討が多い。肉類の調理（西念ら，2003；内藤ら，1996），米の調理（貝沼，2008），豆類（生野ら，1991）の調理などについて報告されている。植物性食品の抗酸化機能成分の変化についての報告（丹羽ら，2007）

やニンジンについての検討（Ankitら，2010）もある．ブロッコリーについては Mikael ら（1993）がビタミンの保持と官能評価について示している．いずれも，機能性成分，色において真空調理が通常調理（Boil）に比べ，より保持が高いという結果である．しかしながら，日本において報告例が少なく（清水ら，2014），物性については，2009年に厚生労働省から硬さ，付着性，凝集性を指標とする「えん下困難者用食品」の許可基準が示されて間もないことから，硬さは検討されているものの，付着性，凝集性を含めて検討している研究は少ない（清水ら，2014）．

そこで本研究では，嚥下に配慮した栄養素等の効率的摂取への真空調理の有用性について評価することを目的に，真空調理における加熱操作が植物性食品の栄養成分および物性（硬さ・付着性・凝集性）に及ぼす影響について検討した．

第1章では，真空調理における加熱操作が植物性食品の栄養成分に及ぼす影響を検討した．

第2章では，真空調理における加熱操作がジャガイモ（*Solanum tuberosum* L.）の物性（硬さ，付着性，凝集性）に及ぼす影響について検討した．

Table 1 調理システムおよび調理機器の導入率

	導入施設数	導入率(%)
調理システム		
クックチル	6	3.5
電化厨房	20	11.7
調理機器		
スチームコンベクションオーブン	118	69.0
ブラストチラー	16	9.4
真空包装機	11	6.4
真空包装済み食品	43	25.1

2010年に調理システムおよび調理機器の利用状況調査を実施した。対象は、熊本市の給食施設に勤務する20 - 60歳代の給食業務従事者171名（男性24名，女性147名）である。

第 1 章

真空調理における加熱操作が植物性食品の 栄養成分に及ぼす影響

第 1 節

序論

真空調理に着目し，加熱操作が植物性食品の栄養成分に及ぼす影響を検討した．対象は，ジャガイモ (*Solanum tuberosum* L.) ならびにブロッコリー (*Brassica oleracea* var. *italica*) とした．

ジャガイモを対象とした理由は，主食となるイモ類では世界中でもっとも生産量が多い食材で，1年を通して食されているからである．また，ビタミン C が多く含まれ，一度に食する量も多いことから，ビタミン C の給源として有用である（岸田ら，2003；大羽，1988；吉村ら，1993）．ジャガイモは栄養繁殖性のため，品種・栽培場所・時期を特定すると栄養成分などの品質は安定している．さらにジャガイモは，1) 食材とする料理として「肉じゃが」「粉吹き芋」「ポテトサラダ」「じゃがバター」「いももち」など，2) 料理の具材として「カレー」「シチュー」「グラタン」「おでん」「味噌汁」など，その利用は多岐にわたる．

先の報告では，真空調理は通常調理と比較して，調理直後の調理品のビタミン C などの抗酸化機能成分の残存率が高いこと（平田ら，2007），低温スチーミングでビタミン C の損失率が少なく，60分加熱でもゆで加熱 30分と同等かそれ以上であること（山崎ら，2008）が確認されている．また，丹波ら（2007）は，サツマイモでは食感と色で真空調理品が通常調理品よりも有意に好まれたと報告している．しかしながら，ジャガイモの加熱調理における品種間差を明らかにした

研究は少なく（佐藤ら，2005；古館ら，1997；古館ら，2000），また，真空調理においても，その品種間差を明らかにした研究は見あたらない．

以上のことから，本章第 1 項では，‘男爵’を用い真空調理におけるジャガイモのビタミン C の変化を検討し，さらに第 2 項では，ジャガイモの品種の相違（‘男爵’，‘メイクイン’，‘とうや’）がビタミン C および色差に及ぼす影響について検討し，真空調理での利用特性について考察した．

また，角田（1960）は 4% の食塩を添加して 7 分間煮沸した場合，真空調理は水煮の 2～3 倍のアスコルビン酸が残存していることを明らかにしている．さらに調味料の種類や濃度の違いによってデンプン溶出率が異なること（田村ら，2003），通常調理の場合は表面から中心部へ調味液が浸透するのに対し，真空調理では強制的に食品内部へ調味液を浸透させることができ，通常調理と真空調理では拡散方向が逆方向になること（田村ら，2006）が報告されている．一方，遠藤ら（2012）は根菜類の食塩拡散過程の予測と適度な食塩濃度について検討しており，調味液の食塩濃度が 0.8～1.5% の範囲内であれば，試料内部の食塩濃度分布状態によらず適度な状態に制御可能であることを示している．そこで，第 3 項では 1% の調味液を用いて通常調理（水煮）と真空調理のビタミン C の変化を検討した．

一般に，葉茎菜類は調理による栄養成分損失がいも類より大きく，いも類の水煮でのビタミン C 残存率が 65% であるのに対し，葉茎菜類は 45% である（渡邊，2011）．ブロッコリーは，アブラナ科アブラナ

属の緑黄色野菜で、葉茎菜類に分類され、ビタミン、ミネラルが豊富である。なかでもビタミン C 含量は 120mg/100g と多く、レモン (100mg/100g) よりも多い (香川, 2009)。他にもカロテン、カルシウム、鉄分の含有量が高く、栄養価に優れた食材の一つである。

ブロッコリーの茎は、花蕾と同様に美味しく、健康的で栄養素も豊富に含まれている。 β -カロテンの多くは花蕾に含まれているが、茎にもカルシウム、鉄、チアミン、リボフラビン、ナイアシン、ビタミン C などが豊富に含まれている。花蕾の独特の香りは茎にはないためスープやパスタにいれても美味しく食べられる。また、廃棄率も減るため経済的である (Gina ら, 1994)。しかし、ブロッコリーについてのほとんどの報告が花蕾に関する研究で、茎については少ない (Balraj ら, 2011)。

ブロッコリーは生、ゆで、蒸し、電子レンジ加熱など、様々な調理法で食される食材である。また、野菜を調理する際には、洗浄、切断、ゆで、水さらし、加熱などの調理操作段階で栄養成分が変動 (損失) する (黒須ら, 2006; 大羽, 1990; 川上ら, 2006; 大羽, 2002; Harold, 2008)。この栄養成分の調理過程での損失量は煮る、焼くなどの調理方法によって異なり (神田ら, 2012)、調理方法が栄養価と健康促進物質の含有量に影響を与えることも報告されている (Gao-fang ら, 2009)。加熱調理の場合、水溶性のミネラルやビタミンは、ゆで水中への移行 (溶出) による成分損失が大きいと考えられている。神田ら (2012) はブロッコリー、ニンジン、ジャガイモ、大豆についてビタミン B₆ の調理による変化を調べ、ゆで調理による調理後の固形試料

と、ゆで調理後のゆで水を合わせて分析したところ、残存率はおよそ100%であり、加熱分解ではほとんど損失しないことを明らかにした。なかでも水溶性ビタミンであるビタミンCは加熱調理による変動が大きい(Harold, 2008)。ブロッコリーの花蕾部位においては、ビタミンC、カロテン、ポリフェノール、グルコシノレートについてゆで、蒸し、電子レンジ加熱における変化について報告があり、ゆで加熱、電子レンジ加熱はビタミンCが有意に減少したと報告されている

(Gao-fengら, 2009)。真空調理については、Mikaelら(1993)がブロッコリーの花蕾部位において、機能性成分、色を検討し、真空調理が通常調理(Boil)に比べ、より保持したと報告している。しかし、部位別の結果は示されていない。

そこで第4項では、ビタミンCを多く含み、調理による栄養成分損失が大きいブロッコリーに着目した。廃棄資源の有効利用の観点から、栄養成分(ビタミンC)の調理過程における変化について、真空調理と通常調理(Boil)との検討を部位別に行い、真空調理の利用特性について考察した。

第 2 節

材料と方法

第 1 項. 加熱時間が真空調理におけるジャガイモ (*Solanum tuberosum* L.) ('男爵') のビタミン C 量に及ぼす影響

1. 材料

ジャガイモは 2011 年北海道産の '男爵' (1 個 150g 程度) を熊本市内の市場より入手し用いた. ジャガイモの物性は比重によって異なる (佐藤ら, 2005; 古館ら, 2000) ことから「塩水によるジャガイモ選別法」に従って低比重 (1.075-1.084) のものを選別 (中村ら, 2009) した後, 皮層部を除去し高さ 1.5cm, 直径 4cm の円柱状 (1 個 20g 程度) に切りそろえ, 実験試料とした. なお, ビタミン C 測定用の試料では個体差をなくすためにジャガイモを 3-5 個使用し, さらに部位差をなくすため上・中・下の 3 箇所各部位から均等に採取した.

2. 調理方法

通常調理 (Boil) は, 円柱状に切りそろえたジャガイモ 9 個 (180g) をステンレス製鍋 (内径 18cm, 深さ 7cm) に並べ入れ, ジャガイモ重量の 2 倍の水 (360g) を加え, 電磁調理器 (IC-D10B(W), 三洋株式会社製) で加熱した. 加熱は, 沸騰するまで中火 (710W), その後弱火 (200W) で 15, 20, 30, 40 分間行った.

真空調理は, 切りそろえたジャガイモを表面殺菌のため沸騰水中で

30 秒間加熱した後，ジャガイモ 9 個（180g）と，ジャガイモ重量の 1/3 に相当する水（60g）をフィルム（マジックカットストレート NP，200×300mm，旭化成パックス株式会社）に入れ真空包装した．真空包装は，卓上型真空包装機（ME100B1，株式会社中部コーポレーション製）を用い，真空度 99.6%（3mmHg）で行った．その後，ステンレス製鍋（内径 18cm，深さ 7cm）にフィルムごと入れ，ジャガイモ重量の 2 倍の水（360g）を加え，通常調理と同様の条件で加熱した．

各調理後のジャガイモは直ちに鍋から取り出した後，表面の水分を濾紙（No.2）で除去（大羽ら，2011）し，固形重量およびゆで水量を測定した．

ビタミン C の分析に供するゆで水および固形試料は，5g ずつポリプロピレン遠沈管に入れ -80℃ で冷凍保存した．本研究の流れを Fig. 1 に示した．

3. 測定

ビタミン C の抽出および定量

非加熱（生），調理直後の試料 5g を 4%メタリン酸 5mL，2%メタリン酸 10mL と共に氷冷しながらブレンダー（IKA LABORTECHNIK T25 basic）で 20,500rpm，30 秒間ホモジナイズした．その後，磨砕液を 4℃，10,000rpm で 15 分間遠心分離し，その上清液を分析に用いた．

ビタミン C の定量は安居，林らの方法を若干変更した大羽らの方法（大羽ら，2011）に準じ，HPLC ポストカラム誘導体法（Column：Shim-pack SCR-102H 8mm×300mm，温度：40℃，溶離液：2.0mM

過塩素酸溶液；流速 1.0mL/min, 反応液：50mM 水素化ホウ素ナトリウムを含む 100mM 水酸化ナトリウム溶液；流速 0.5mL/min, 検出波長：300nm) より行った。

L-アスコルビン酸（以下 AsA）（和光純薬，試薬特級）およびデヒドロアスコルビン酸（以下 DHA）（和光純薬）を標準品として用い，本研究では，AsA 量および DHA 量を新鮮重量 100g 当たりの重量に換算し，それらを合計してビタミン C 量とした。

4. 統計処理

ビタミン C の測定結果は，はずれ値検定（探索的分析）によりはずれ値を除外した。加熱時間による比較は一元配置分散分析を行った後，Tukey 法による多重比較を行い，調理法の比較は二標本 t 検定を行った。解析には IBM SPSS 18.0 ver. for Windows（SPSS 社）を使用し，有意水準は 5%未満（両側検定）とした。

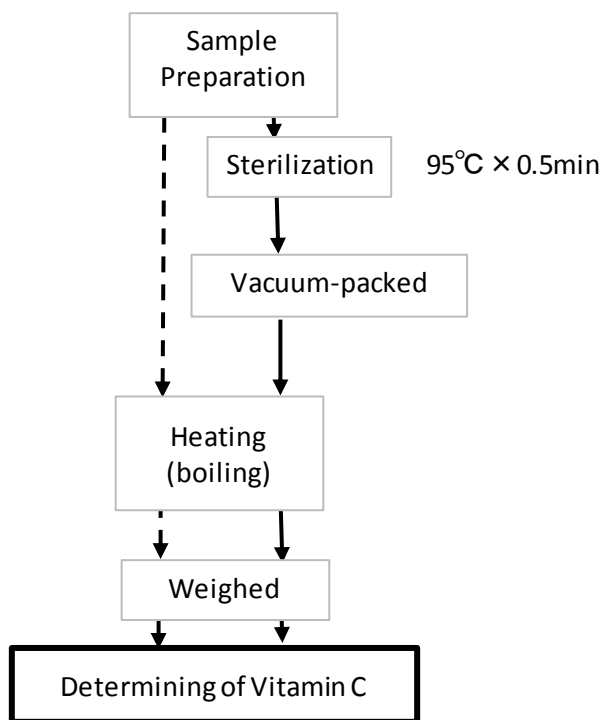


Fig.1 Thermal processing (Boiling and Vacuum cooking)

- > : Boiling
- : Vacuum cooking

第 2 項. 品種の相違が真空調理におけるジャガイモ (*Solanum tuberosum* L.) のビタミン C 量, 色差に及ぼす影響

1. 材料

ジャガイモは 2013 年北海道産の‘男爵’, ‘メイクイン’, ‘とうや’ (1 個 165 g 程度) を用いた. なお, 各品種の英語表記は‘男爵’ (Irish Cobbler), ‘メイクイン’ (May Queen), ‘とうや’ (Toya) とする. ジャガイモの選別ならびに採取方法は第 2 節第 1 項と同じである.

2. 調理方法

通常調理, 真空調理の調理方法は第 2 節第 1 項と同じであるが, 加熱時間は, 15 分間を除く 20, 30, 40 分間で行った.

スチームコンベクションオーブン (以下, スチコン) 調理は, 円柱状に切りそろえたジャガイモ 9 個 (180 g) を穴あきホテルパンに並べ入れ, スチームモード, 温度 95°C, 湿度 100% で 20, 30, 40 分間加熱した.

3. 測定

1) ビタミン C の抽出および定量

通常調理, 真空調理, スチコン調理後の試料のビタミン C の抽出および定量方法は第 2 節第 1 項と同じである.

2) 色差測定

非加熱 (生), 通常調理, 真空調理, スチコン調理後の試料の中心部と周辺部の L*値, a*値, b*値の測定を行った. 試料は A4 の白色紙の上に置き, 測定した. 得られた値から色差を求め, NBS 単位 (島田ら,

1993) で評価した。測定は色彩色差計 CR-200 (MINOLTA 製) を用いた。色差は、L*値、a*値、b*値を測定し、平均値を求めて $[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ を用いて(酒向ら, 1996) 色差を表した。NBS 単位による色差の評価基準は、0-0.5 : Trace (かすかに感じられる), 0.5-1.5 : Slight (わずかに感じられる), 1.5-3.0 : Noticeable (かなり感じられる), 3.0-6.0 : Appreceable (めだって感じられる), 6.0-12.0 : Much (大きい), 12.0 以上 : Very Much (非常に大きい) である(島田ら, 1993)。

4. 統計処理

ビタミン C, 色差の測定結果は、はずれ値検定(探索的分析)によりはずれ値を除外した。調理方法, 加熱時間による比較は一元配置分散分析を行った後, Tukey 法と Games-Howell 法による多重比較を行った。物性間の関連は Pearson の相関係数を用いた。

解析には IBM SPSS Statistics 21.0 ver. for windows (日本アイ・ビー・エム株式会社) を使用し, 有意水準は 5%未満(両側検定)とした。

第 3 項．調味液が真空調理におけるジャガイモ

(*Solanum tuberosum* L.) (‘メークイン’)

のビタミン C 量に及ぼす影響

1. 試料および試料調製

ジャガイモは 2012 年熊本県産の‘メークイン’ (1 個 180g 程度) を熊本市内の市場より入手し用いた。ジャガイモの選別方法，調製方法は第 2 節第 1 項と同じである。

2. 調理方法

通常調理，真空調理の調理方法は第 2 節第 1 項と同じであるが，通常調理のビタミン C 定量用の調味液量はジャガイモ重量の 10 倍量に設定した。

調味液は，食塩 (財団法人塩事業センター)，上白糖 (三井製糖株式会社) をそれぞれ蒸留水に対して 1% 添加後，リン酸緩衝液 (pH7.0) で pH6.0 に調製した (Kishida ら，2004)。

各調理後のジャガイモは直ちに鍋から取り出した後，表面の水分を濾紙 (No.2) で除去 (大羽ら，2011) し，固形重量およびゆで水量を測定した。

3. 測定

ビタミン C の抽出および定量

通常調理，真空調理，スチコン調理後の試料のビタミン C の抽出および定量方法は第 2 節第 1 項と同じである。

4. 統計処理

調味液間の比較は一元配置分散分析を行った後、Tukey法による多重比較を行い、調理法の比較は二標本 t 検定を行った。解析には IBM SPSS 18.0 ver. for Windows (SPSS 社) を使用し、有意水準は 5% 未満 (両側検定) とした。

第 4 項. 真空調理におけるブロッコリー (*Brassica oleracea* var. *italica*) の部位別ビタミン C 量

1. 試料の調製

1) 材料

ブロッコリーは 2012 年 10 月と 12 月に熊本市内で購入した熊本県産のブロッコリーを使用した。購入した試料は、花蕾、花茎、茎の内側、茎の外側の 4 部位に切り分けた。花蕾は 10g~13g 程度の子房に分けて調理した。花茎は 10g~13g のものを調理に使用した。茎はコルクローラーでくりぬいたものを茎の内側とし、5g ずつの短冊状にカットした。残りを茎の外側とした (Fig.2)。ブロッコリーは個体差をなくすために 4~8 株を使用した。未加熱処理の場合は、採取した部位をそのまま使用した。

2) 試料調製

試料の調製は、非加熱試料については、4℃の部屋で調整し、当日素早くビタミン C の定量を行った。

調製した試料を 50mL 容のポリプロピレン遠沈管にいれ、-80℃の冷凍庫で保存した。測定前日に冷凍庫から出し 2%メタリン酸 10mL、4%メタリン酸 5mL を加え、4℃の冷蔵庫に移し解凍した。

2. 調理方法

部屋は 10℃以下に設定し調理を行った。通常調理、真空調理の調理方法は第 2 節第 1 項と同じであるが、通常調理のビタミン C 定量用のゆで水はブロッコリー重量の 10 倍量に設定し、強火で沸騰させた。

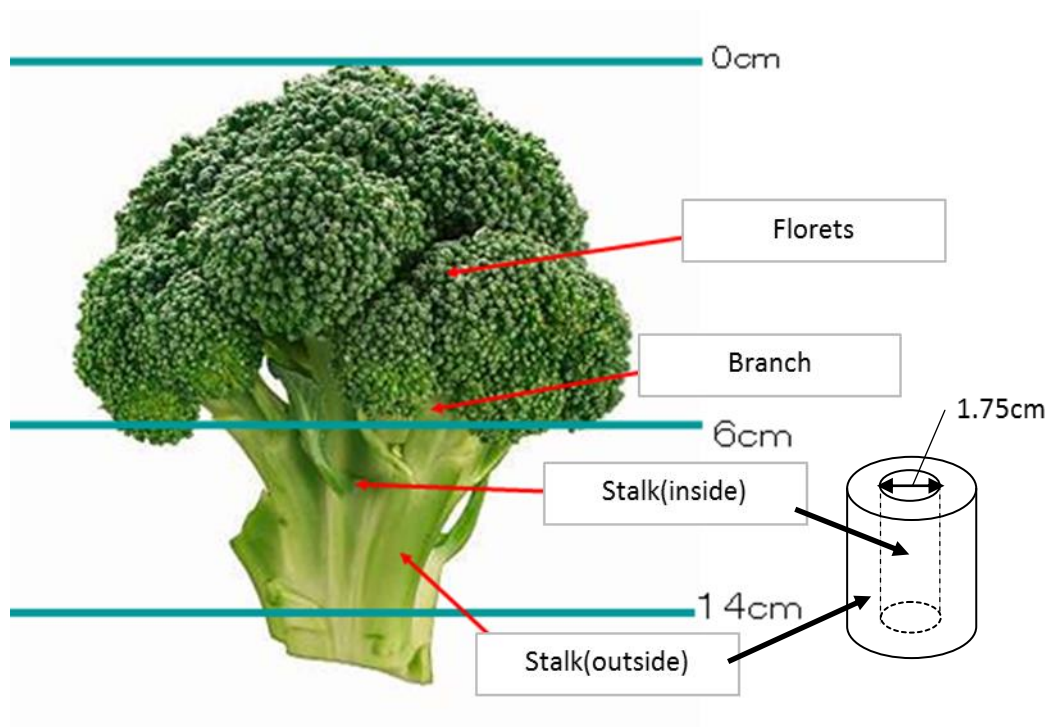


Fig.2 Schematic representation of procedure used for sampling

その後ブロッコリーを投入し、中火（約 95℃）で 3 または 6 分間加熱した。

3. 測定方法

ビタミン C の抽出および定量

ビタミン C の抽出および定量は第 2 節第 1 項と同様に行った。

4. 統計処理

調理方法，加熱時間による比較は一元配置分散分析後，Tukey 法による多重比較を行った。解析には IBM SPSS 18.0 ver. for Windows（SPSS 社）を使用し，有意水準は 5%未満（両側検定）とした。

第 3 節

結果および考察

第 1 項. 加熱時間が真空調理におけるジャガイモ (*Solanum tuberosum* L.) ('男爵') のビタミン C 量に及ぼす影響

1. 加熱調理後の形状比較

真空調理および通常調理における試料の形状変化を Fig.3 に示した。経時変化は 15, 20, 30, 40 分間加熱したときの結果である。通常調理では加熱 15 分で既に煮崩れが生じており, 20 分, 30 分, 40 分と加熱時間が長くなると煮崩れの度合いも大きくなった。一方真空調理では, 試料のひび割れはあるものの, 煮崩れなどの変化は認められなかった。田村 (2008) も通常調理と真空調理の形状比較において同様の報告をしていることから, 真空調理は加熱時間が長くなっても煮崩れすることなく, 形状を保持できるといえる。

2. ビタミン C

1) 通常調理および真空調理に伴うビタミン C 量の変化

ビタミン C 量の経時変化を Fig.4 に示した。ビタミン C 量は通常調理に比べ真空調理の方が多く, 20 分においては多い傾向 ($p=0.09$) が認められ, 40 分においては真空調理の方が有意 ($p=0.001$) に多かった。真空調理において加熱に伴うビタミン C 量の有意な変化がなかったのに対し, 通常調理においては加熱に伴ってビタミン C 量が大きく減少し, 非加熱 (生) と 20 分加熱および加熱前と 40 分加熱に









	Control (Boiling)	Vacuum cooking
(min.) 15		
20		
30		
40		

Fig.3 Image of heated potato

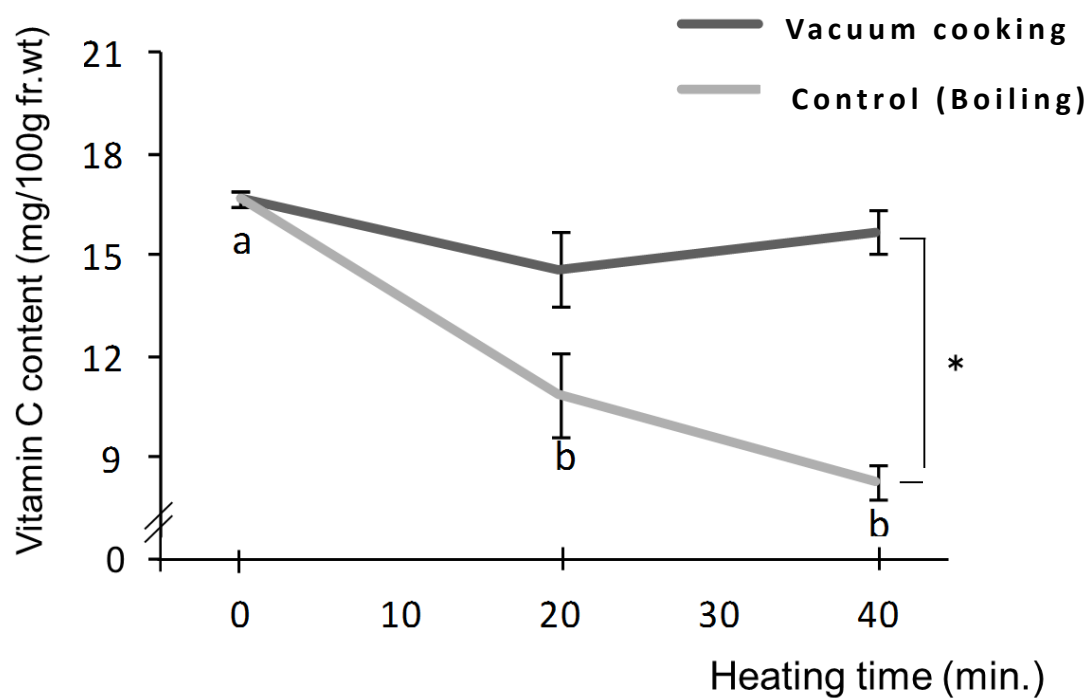


Fig.4 Vitamin C content of heated potato

Values represent means \pm SDs ($n \geq 3$).

*values are significantly different by the Student's *t*-test
 (* $p < 0.05$).

a, b; values with different letters are significantly different
 by Tukey's test ($p < 0.05$).

において有意 ($p=0.004$, $p=0.001$) に減少した。既報においても同様の結果を示しており (吉村ら, 1993; 丹羽ら, 2007), これは水溶性成分であるビタミン C が, 添加水量の多い通常調理ではより多くゆで水中に溶出するが, 添加水量の少ない真空調理ではゆで水中へのビタミン C の溶出が抑えられたと考えられた。

2) ビタミン C 量に占める DHA および AsA の割合

ビタミン C 量に占める DHA および AsA の割合を Fig.5 に示した。非加熱 (生) のビタミン C 量に占める AsA 量はジャガイモ 100g 新鮮重あたり平均 16.7mg であり, DHA は含まれていなかった。真空調理の方が通常調理に比べ 20 分加熱では DHA 量 ($p=0.02$) が, 40 分加熱では AsA 量 ($p=0.001$) および DHA 量 ($p=0.001$) が有意に多かった。一般に, 通常調理では加熱中, 空気中の酸素によりビタミン C が酸化され (大羽, 2002), 真空調理では真空包装することによりフィルム内が 99.6%真空状態になるため, 空気に含まれている酸素量も少なくなり酸化が抑制されると報告されている (丹羽ら, 2007)。ジャガイモのビタミン C は加熱による変化はほとんどなく, 酵素の影響が大きいため, 酸化を抑制するにはジャガイモの表層温度をできるだけ早く酵素失活温度以上に上げることが重要である (竹中, 2012)。また, AsA の酸化過程において, AsA から DHA は可逆であり, DHA から 2,3-ジケトグルン酸 (DKG) は不可逆反応である。通常調理 (ゆで調理) は酸素を豊富に含んだ条件であることから, DHA から DKG への反応が促進されるが, 真空調理は使用した水 60g およびジャガイモ自体の溶存酸素量が少ないため DHA から DKG への反応が抑制された

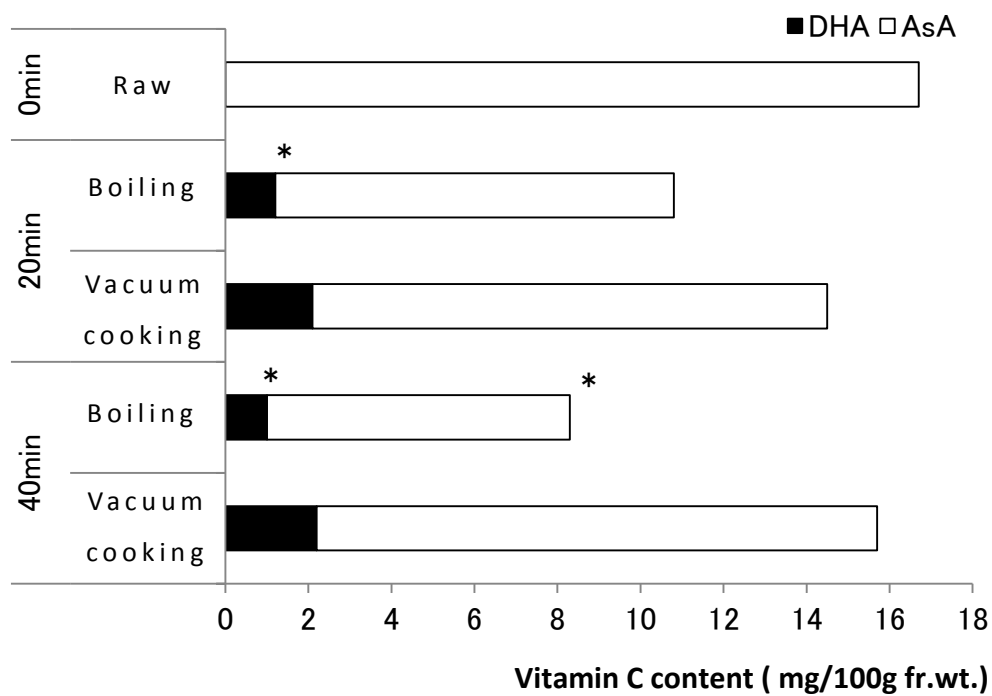


Fig.5 Change in DHA and AsA content of heated potato

Values represent means ($n \geq 3$).

DHA; Dehydroascorbic acid

AsA; Ascorbic acid

*values are significantly different by the Student's *t*-test (* $p < 0.05$ vs cooking).

と考えられた。本研究では、真空調理の前処理（沸騰水中 30 秒間の殺菌処理）による酵素失活の可能性，ならびに通常調理の場合は一旦生成した DHA が水に溶出したために少なくなったことも考えられることから，フィルム内のゆで水，通常調理のゆで水の成分分析を含め真空調理の DHA の割合が高くなった裏付けや再現性を確認する必要がある。

第 2 項. 品種の相違が真空調理におけるジャガイモ (*Solanum tuberosum* L.) のビタミン C 量, 色差に及ぼす影響

1. 加熱調理後の形状比較

通常調理, 真空調理およびスチコン調理後の試料(‘とうや’)の形状変化を Fig.6 に示した。経時変化は, 20, 30, 40 分間加熱したときの結果である。通常調理では 20, 30, 40 分加熱のいずれにおいても煮崩れが認められた。真空調理では, 40 分加熱時において若干の煮崩れが認められた。スチコン調理では, 経時変化は認められなかった。‘男爵’と‘マークイン’では, 通常調理では煮崩れが認められたが, 真空調理, スチコン調理では煮崩れは認められなかった。既報(田村, 2008; 平田ら, 2007)においても真空調理に対して同様の結果が報告されており, 通常調理は添加水量が多く, 表面から浸透拡散するため煮崩れしやすいと考えられた。スチコン調理では, 水を添加せずに, 蒸気を用いて加熱したため, 通常調理, 真空調理と比べてひび割れや煮崩れがみられなかったと考えられた。以上のことから, 真空調理とスチコン調理は加熱時間が長くなっても煮崩れすることなく, 形状を保持できるといえる。

2. 加熱調理後の固形重量の比較

通常調理, 真空調理およびスチコン調理後の固形重量を測定した。固形重量は, 以下の式(田村ら, 2006)で算出した(Fig.7)。



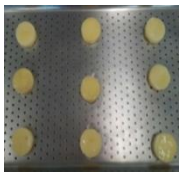



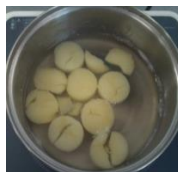


	Boiling	Vacuum cooking	Steaming
(min.)			
20			
30			
40			

Fig.6 Image of heated potato (Toya)

固形重量は 20 分，30 分，40 分間加熱したときの結果である。

固形重量増減率(%) = $100 - \{ (\text{加熱前の固形重量} / \text{加熱後の固形重量}) \times 100 \}$

‘男爵’では，40 分加熱時に真空調理と比較して通常調理とスチコン調理が有意($p < 0.05$)に低い値を示した。また，スチコン調理と比較して通常調理と真空調理が有意($p < 0.01$)に高い値を示した。‘メイクイン’では，30 分加熱時にスチコン調理は通常調理と比較して有意($p < 0.05$)に低い値を示した。また，40 分加熱時にスチコン調理は，通常調理，真空調理と比較して有意($p < 0.05$)に低い値を示した。‘とうや’では，20 分加熱時に通常調理と比較して真空調理とスチコン調理が有意($p < 0.01$)に低い値を示した。30 分加熱時に真空調理と比較してスチコン調理が有意($p < 0.01$)に低い値を示した。40 分加熱時に通常調理と比較してスチコン調理は有意($p < 0.01$)に低い値を示した。

山田ら(2002)は，ジャガイモの場合，スチコン調理(蒸気量 100%，庫内温度 100℃)では乾燥開始時間は 12 分となり，それ以上加熱すると乾燥し始めることを明らかにしている。今回の結果でも，加熱時間が長くなるにつれ，固形重量が減少していたことから固形物中の水分が蒸発したため重量が減少したと考えられた。

また，通常調理において，‘とうや’は‘男爵’，‘メイクイン’に比し 20 分，30 分加熱時で高い値を示した。固形重量の増加は吸水

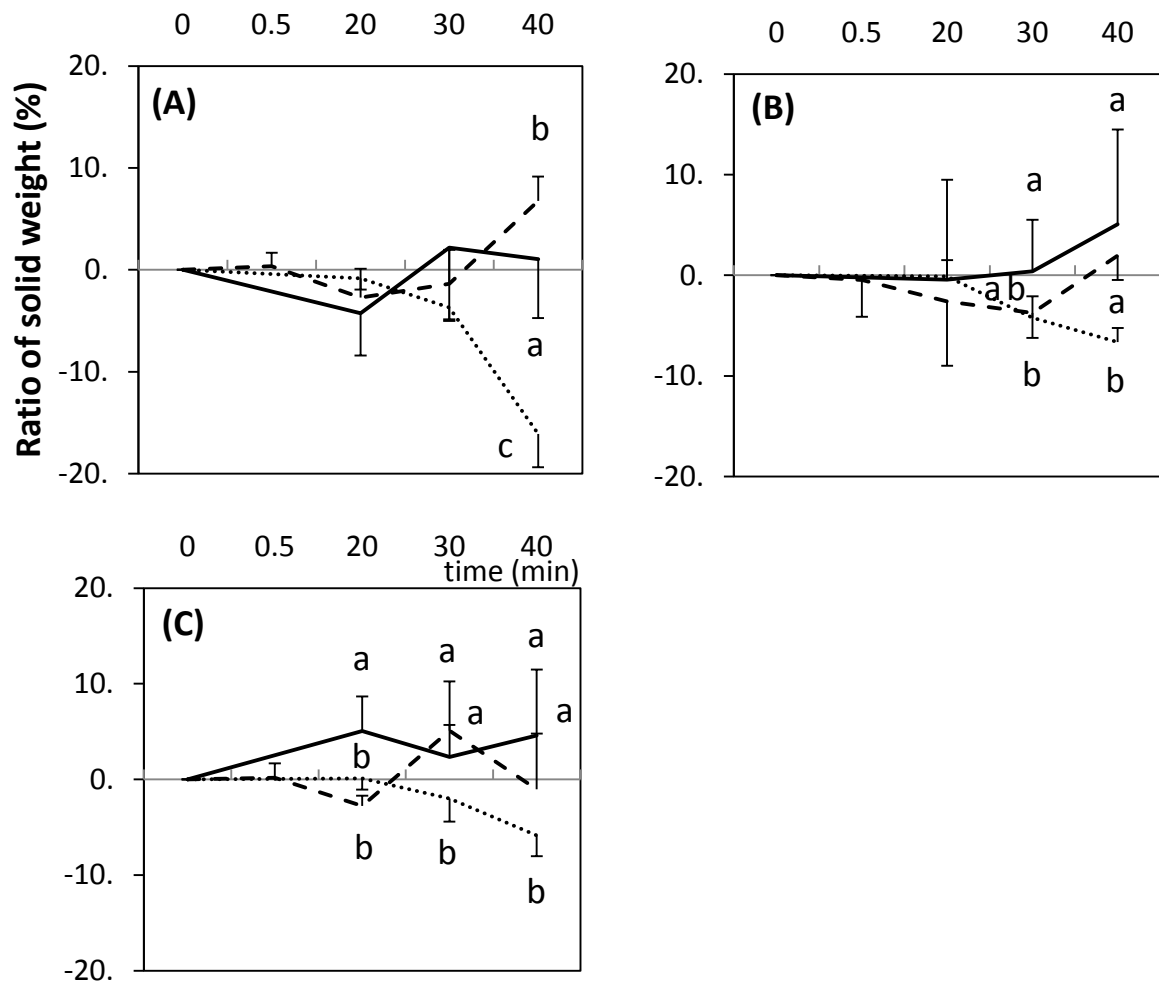


Fig.7 Ratio of solid weight (%)

———— : Boiling - - - - : Vacuum cooking
 : Steaming

(A) Irish Cobbler (B) May Queen (C) Toya

Values represent means \pm SDs ($n \geq 6$).

a, b, c; values with different letters are significantly different by Tukey's test ($p < 0.05$).

によるものと考えられ, ‘とうや’は他の品種に比し吸水量が多かったこと, 物性がやわらかかったことから, 組織が水を含みやすい構造であると考えられた.

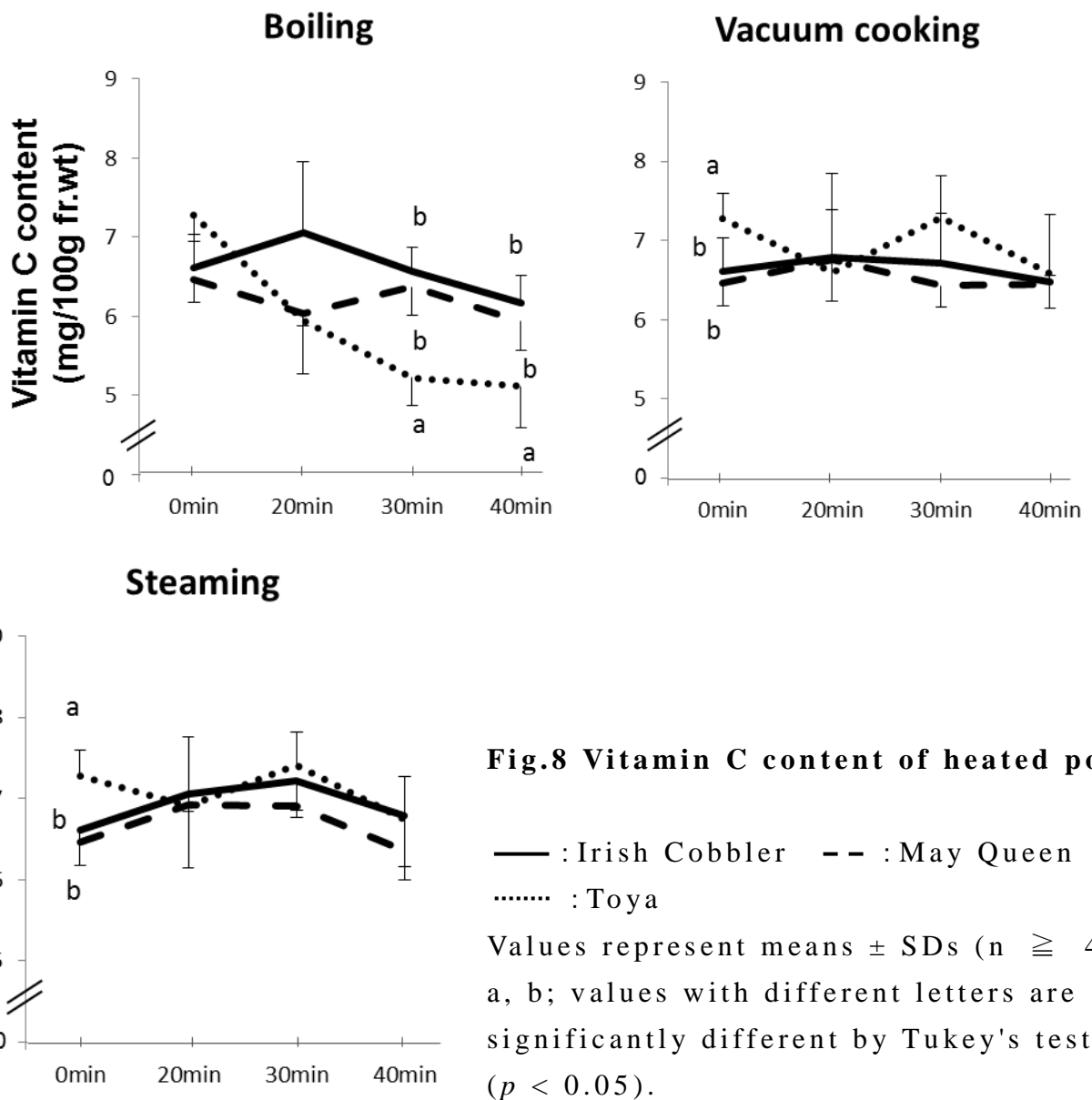
3. ビタミン C

1) 通常調理, 真空調理およびスチコン調理に伴うビタミン C 量の変化

固形物中のビタミン C 量の経時変化を Fig.8 に示した. 非加熱の状態では測定したものを 0 分とし, その後 20 分, 30 分, 40 分加熱し, 測定した結果である.

固形物中のビタミン C 量は ‘マークイン’ の加熱時間 20 分 ($p<0.01$), 30 分 ($p<0.05$) においてスチコン調理が通常調理と比較して有意に高い値を示した. また, ‘とうや’ の 30 分加熱時 ($p<0.01$), 40 分加熱時 ($p<0.05$) においてスチコン調理と真空調理が通常調理と比較して有意に高い値を示した. 経時変化で非加熱 (生) と比べたところ, ‘とうや’ において通常調理 20 分, 30 分, 40 分加熱時に有意 ($p<0.01$) に低い値を示した. 品種によるビタミン C 量の変化は, 非加熱状態において, ‘とうや’ が ‘男爵’ と ‘マークイン’ に比べて有意 ($p<0.05$) に高い値を示した. しかし, 通常調理では, 加熱時間に伴ってビタミン C 量も減少し, 30 分加熱時と 40 分加熱時では ‘男爵’ と ‘マークイン’ に比べて有意 ($p<0.05$) に低い値を示した.

大羽 (1988) は, 加熱調理後のジャガイモのビタミン C の残存率について検討し, 電子レンジ加熱 (83%) が最も高く, ついで蒸



し加熱（76%）、オープン加熱（75%）が高く、ゆで加熱（46%）が最も低いことを報告している。神田ら（2012）は、かぼちゃのビタミン C の残存率は、スチコン調理の方が真空調理よりも低かったと報告している。神田ら（2012）は、120℃、15分、コンビモードでスチコン調理を行っているのに対し、本研究では蒸し加熱をスチコンのスチームモード（温度 95℃、湿度 100%）で行った。選択したモードによって熱伝導性などが変化することや、加熱温度の違いがビタミン C の残存率に影響したと考えられた。

大羽ら（1999）は、非加熱時における新鮮塊茎のビタミン C 量は‘とうや’が‘男爵’よりも多いことを、土屋（2004）は、‘男爵’が‘メイクイン’よりも多いことを報告している。今回の実験では、非加熱時のビタミン C 量は、‘とうや’が最も多く、‘メイクイン’が最も少なかった。しかしながら、加熱処理をすることにより、ビタミン C 量は減少する傾向が認められ、特に通常調理では、‘とうや’において加熱時間の増加に伴い、ビタミン C 量は有意に減少した。ジャガイモのビタミン C は、デンプンに含まれているため、壊れにくいといわれている。また、ゆで水が沸騰したところでジャガイモを投入すると、表面部のデンプンが糊化してビタミン C の流出を防げるため損失がより少なくなる（下村ら、1993）。本研究では、‘とうや’が最も煮崩れし、やわらかく、ゆで水中のビタミン C 量も大きかった。このことから、細胞が破壊し、デンプンが溶出することで、ビタミン C の溶出が促進していると考えられた。

2) ビタミン C 量に占める DHA および AsA の割合

ビタミン C 量に占める DHA および AsA の割合を Fig.9 に示した。非加熱の状態で測定したものを 0 分とし、その後 20 分、30 分、40 分加熱し、測定した結果である。非加熱のビタミン C 量に占める DHA 量は 100 g 新鮮重量あたり平均 0.9 g で、AsA は 100 g 新鮮重量あたり平均 5.7g であった。加熱時間にかかわらず、すべての品種において通常調理でのゆで水のビタミン C 量が最も高くなった一方で、真空調理でのゆで水のビタミン C 量は最も低い値であった。

‘男爵’の 40 分加熱時において、固形物中の DHA 量は通常調理がスチコン調理に比べて有意 ($p < 0.05$) に低い値を示した。‘メイクイン’の 20 分加熱時 ($p = 0.001$) と 30 分加熱時 ($p < 0.05$) において、固形物中の DHA 量は通常調理がスチコン調理に比べて有意に低い値を示した。‘とうや’の 30 分加熱時において、固形物中の DHA 量と AsA 量は通常調理が真空調理とスチコン調理に比べて有意 ($p < 0.01$) に低い値を示した。40 分加熱時において、固形物中の DHA 量は、通常調理がスチコン調理に比べて有意 ($p < 0.05$) に低い値を示し、AsA 量は、通常調理が真空調理とスチコン調理に比べて有意 ($p < 0.05$) に低い値を示した。また、加熱時間が長くなると、固形物中の DHA 量はスチコン調理が通常調理に比べて高い傾向が認められた。

スチコン調理の DHA 量が通常調理に比し高い理由として、スチコン調理は、水を添加せず蒸気で加熱するため、通常調理や真空調理よりも空気に触れている時間や面積が多いこと、あるいはスチコン調理では豊富な酸素の存在により AsA の酸化が最も進んだ結果、

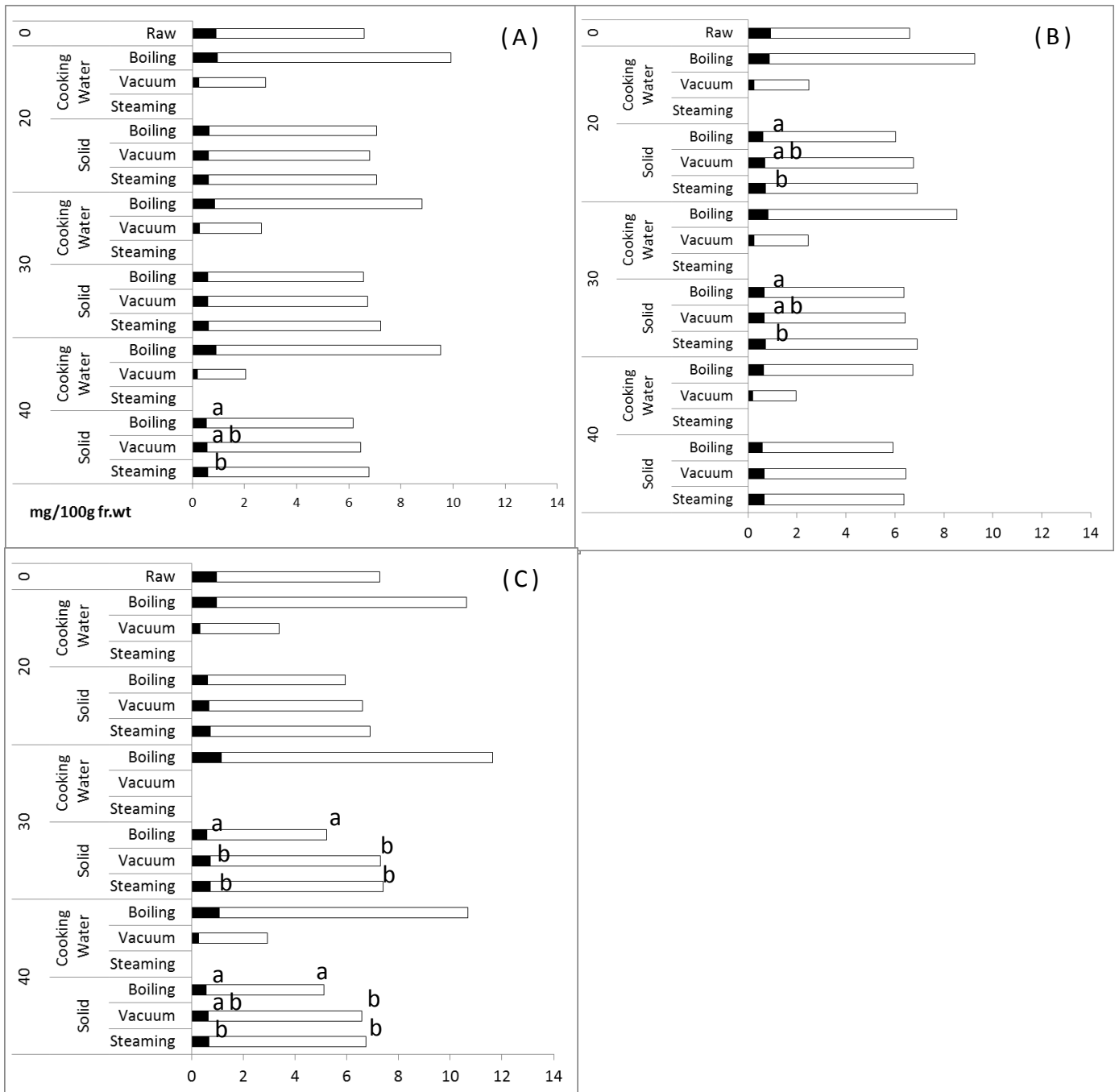


Fig.9 Change in DHA and AsA content of heated potato

(A) Irish Cobbler (B) May Queen (C) Toya

■ DHA □ AsA

Values represent means (Solid, $n \geq 4$; Cooking water, $n = 1$). a, b; values with different letters are significantly different by Tukey's test ($p < 0.05$ vs. cooking).

DHA の割合が高くなったと考えられた。また、スチコン調理は AsA の酸化が進行することで AsA 量が減少すると考えられるが、有意な減少は認められなかった。さらに、AsA の酸化と同時に、DHA から DKG の酸化反応も進行していると考えられるが、この反応は不可逆であり促進することで AsA 量、DHA 量は減少する。しかしながら、スチコン調理の AsA 量、DHA 量は通常調理より多い傾向があった。ジャガイモのビタミン C は、加熱による変化は酵素の影響が大きい（竹中，2012）。いずれの加熱操作においても熱ストレスや切断ストレスによりビタミン C の生合成が促進した可能性がある（山本ら，1999）。また、通常調理はゆで水中の AsA 量、DHA 量が多かったことから生成した DHA が水に溶出したために少なくなったことが考えられた。

4. 色差

1) 通常調理，真空調理およびスチコン調理に伴う L*値，a*値，b*値の変化

試料の L*値，a*値，b*値の経時的変化を Fig.10（中心部），Fig.11（周辺部）に示した。試料中心部と周辺部の L*値，a*値，b*値は、調理を行うことで低い値を示した。中心部の L*値では、非加熱時と比べて‘男爵’の通常調理 30 分，40 分加熱時，真空調理 20 分，30 分加熱時，スチコン調理 20 分，30 分，40 分加熱時，‘メイクイン’のスチコン調理 20 分加熱時，‘とうや’の真空調理，スチコン調理 20 分，30 分，40 分加熱時で有意 ($p<0.05$) に低い値を示した。周辺部の L*値では、非加熱時に比べて‘男爵’の通常調理 20 分，

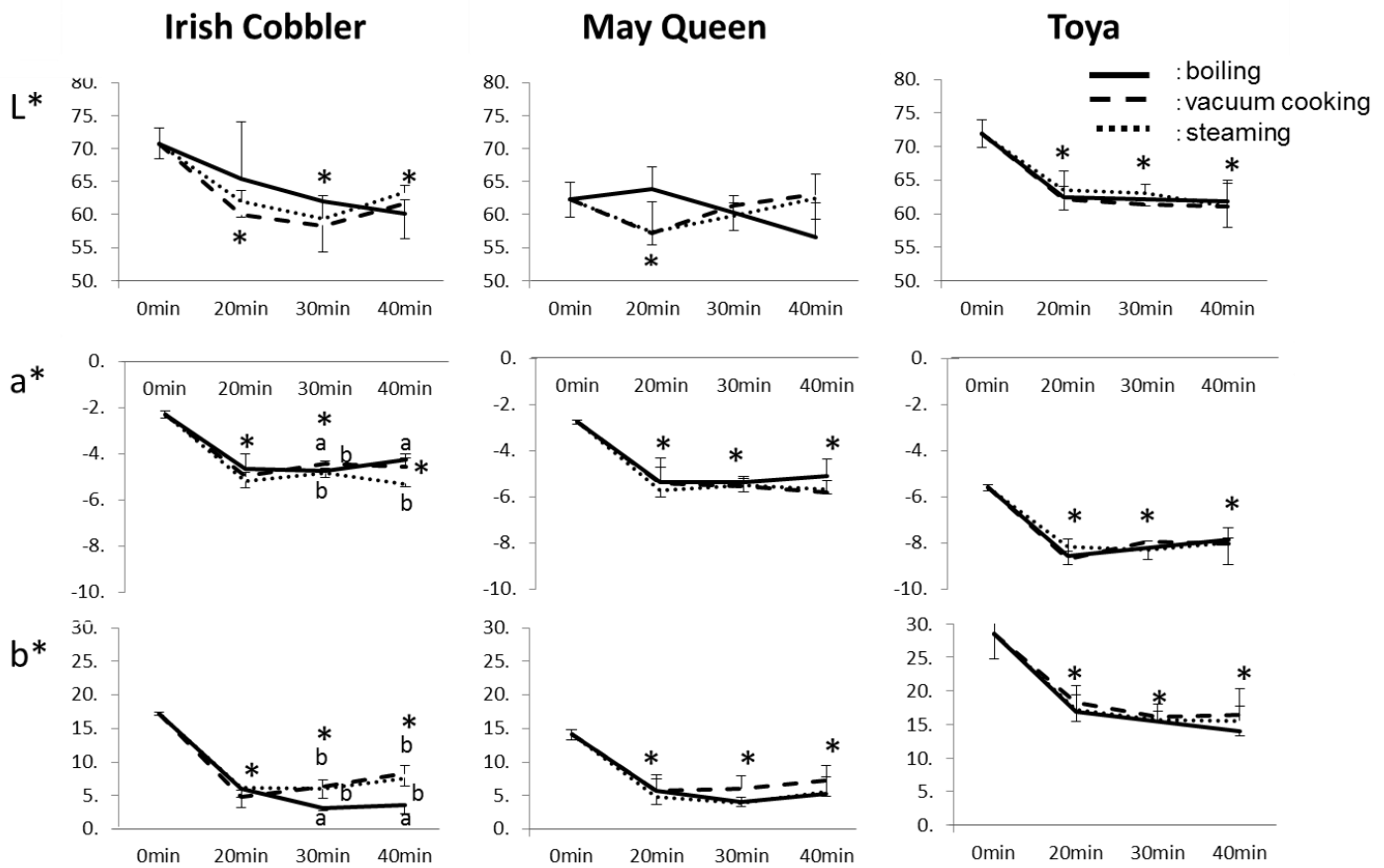


Fig.10 The mean L*, a*, and b* values of heated potato (Middle)

Values represent means \pm SDs ($n \geq 3$).

L* ; Light vs. dark where a low number (0-50) indicates dark and a high number (51-100) indicates light.

a* ; Red vs. green where a positive number indicates red and a negative number indicates green.

b* ; Yellow vs. blue where a positive number indicates yellow and a negative number indicates blue.

*values are significantly different by Tukey's test.

(* $p < 0.05$ vs. before heat treatment)

a, b; values with different letters are significantly different by Tukey's test ($p < 0.05$).

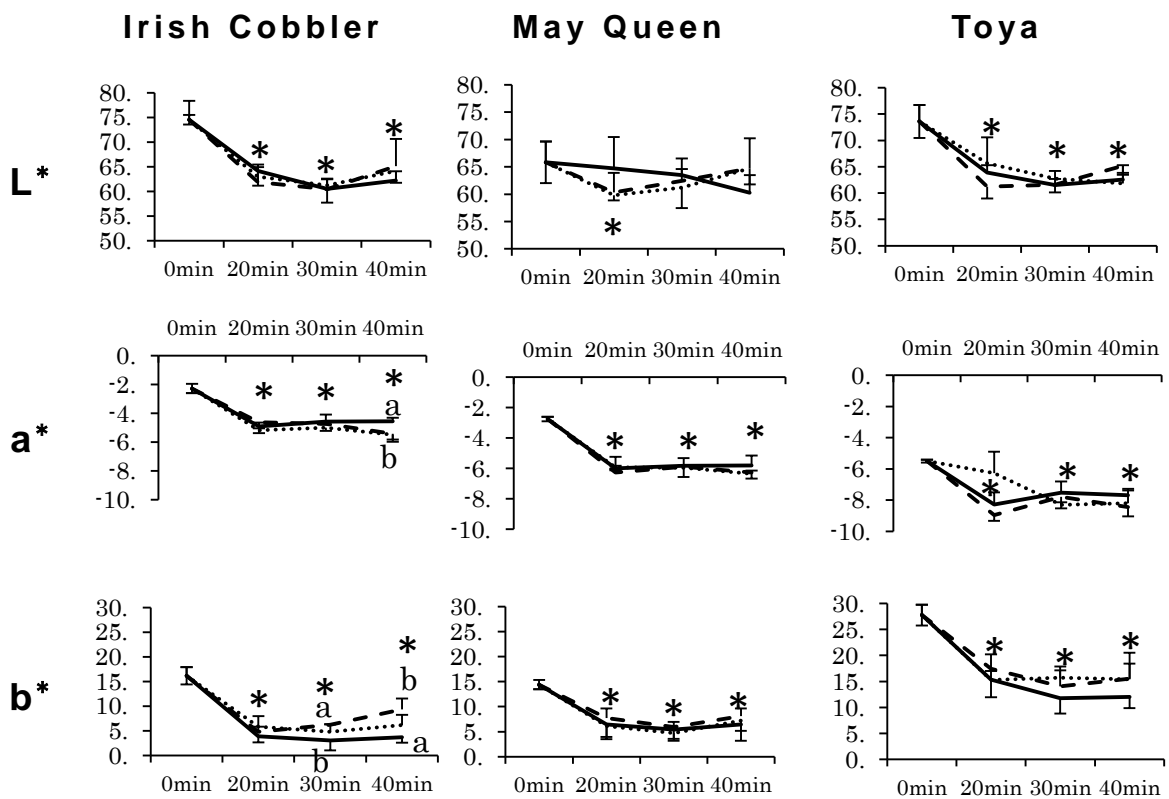


Fig.11 The mean L*, a*, and b* values of heated potato (Outside)

Values represent means \pm SDs ($n \geq 3$).

L* ; Light vs. dark where a low number (0-50) indicates dark and a high number (51-100) indicates light.

a* ; Red vs. green where a positive number indicates red and a negative number indicates green.

b* ; Yellow vs. blue where a positive number indicates yellow and a negative number indicates blue.

*values are significantly different by Tukey's test.

(* $p < 0.05$ vs. before heat treatment)

a, b; values with different letters are significantly different by Tukey's test ($p < 0.05$).

30分、40分加熱時、真空調理20分、30分加熱時、スチコン調理20分、30分、40分加熱時、‘マークイン’のスチコン調理20分加熱時、‘とうや’のすべての調理において有意($p < 0.05$)に低い値を示した。試料中心部の a^* 値と b^* 値では、煮崩れして中心部を測定できなかった‘とうや’の通常調理を除いたすべてにおいて非加熱時と比べて有意($p < 0.05$)に低い値を示した。周辺部の a^* 値では、‘とうや’のスチコン調理20分加熱時を除いたすべての調理において非加熱時と比べて有意($p < 0.05$)に低い値を示した。試料周辺部の b^* 値では、非加熱時と比べてすべての品種、調理法において有意($p < 0.05$)に低い値を示した。また、‘男爵’の a^* 値では、30分加熱時において真空調理が通常調理とスチコン調理と比べて有意($p < 0.05$)に高い値を示し、40分加熱時では、通常調理がスチコン調理よりも有意($p < 0.01$)に高い値を示した。‘男爵’の b^* 値では、30分、40分加熱時において通常調理が真空調理とスチコン調理よりも有意($p < 0.05$)に低い値を示した。

試料中心部と周辺部のいずれも、調理を行うことにより、 L^* 値、 a^* 値、 b^* 値が低下することが明らかとなったが、調理法による違いはほとんど認められなかった。田村らは、通常調理と真空包装後加熱を比較した場合、 b^* 値の違いが顕著であることを明らかにし、通常加熱と真空包装後の加熱による、調味料の浸透拡散方向の違いによる差異によって b^* 値に大きな違いが現れたのではないかと報告している(田村ら, 2006)。本研究では、調味料は添加せず、Boilでの調理法の違いを比較したが、‘男爵’の a^* 値と b^* 値のみ有意な

差がみられた。また，田村らは，真空包装後，食紅液がじゃがいもの表面よりも中心部に多く浸透しており，加熱沸騰後は，加熱によって食紅液が発色し，非加熱（生）の状態よりも鮮やかに，色も濃くなることや，加熱時間が長くなるとともに中心部に多く浸透していた食紅液はジャガイモの表面に向かって拡散すること，非加熱（生）の状態では調味液はイモの中心部には浸透しない（田村ら，2006）。これらのことから，通常調理，真空調理，スチコン調理は，それぞれ水の浸透方向があり，その浸透方向の影響や水分添加量などにより色が変わると考えられた。

2) 通常調理，真空調理およびスチコン調理の色差

試料の L*値，a*値，b*値それぞれの平均値から色差を求め，色差の数値を色差と感覚的な差の関係を表す NBS 単位で評価した。非加熱時と比較した色差を Fig.12 に示した。調理方法より色差を求め，NBS 単位で評価（島田ら，1996）したところ，通常調理と真空調理，通常調理とスチコン調理では色に違いが認められた。また非加熱時との色差を求め，NBS 単位で評価したところ，すべて 12.0 以上であり，very much（非常に大きい）となった。調理時間が長くなると，通常調理が最も色差が大きくなった。

食事のおいしさは単に味覚だけでなく，五感全てによって構成され，目隠しされて食べた場合には，おいしさの感じ方は減少するなど，視覚の与える影響は大きく，87%に及ぶと報告されており（餐廳ら，2008），おいしさに対して色の関わりは大きい（島田ら，1993）。色の嗜好度を調査した結果，嗜好度の最も高い色はオレンジ色で，

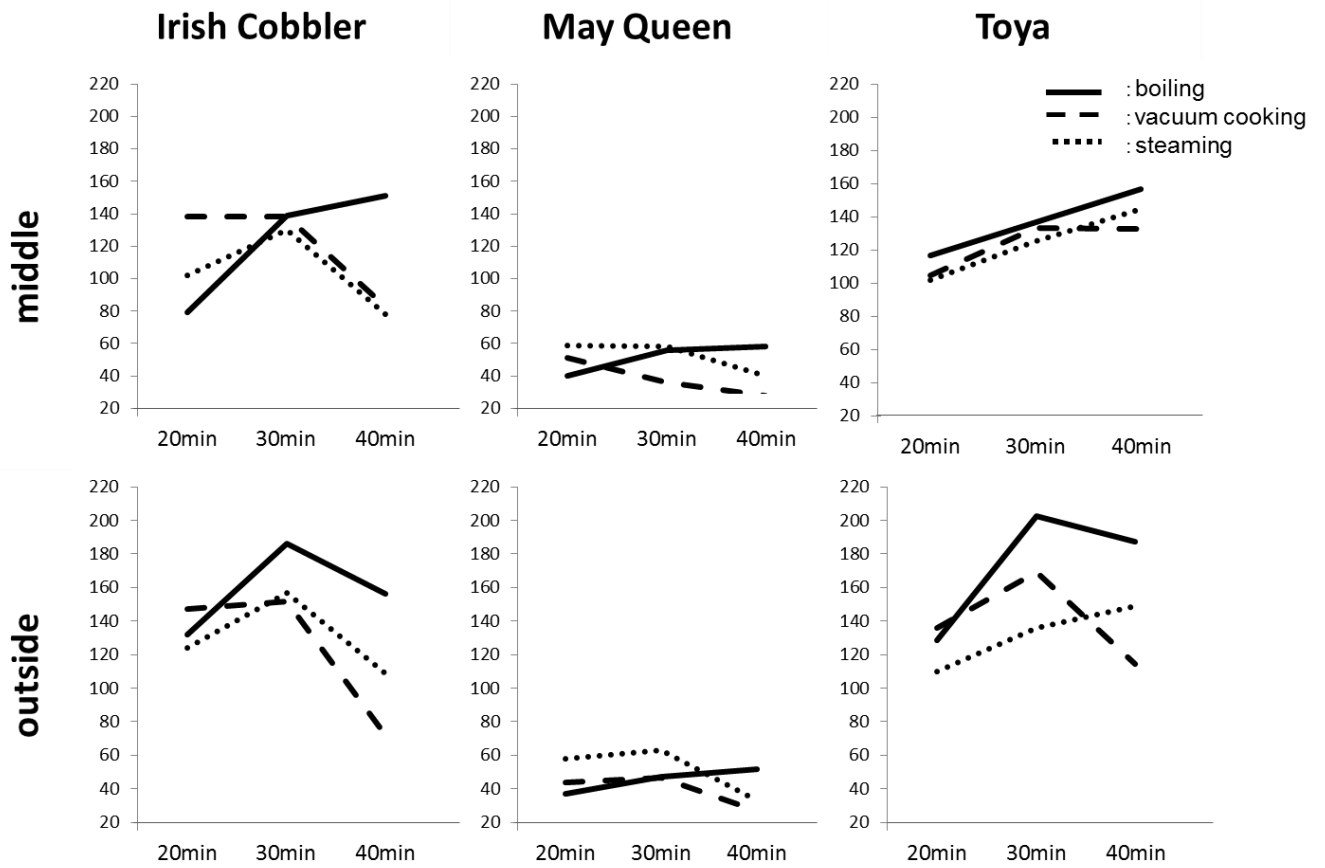


Fig.12 E* of each cooking group

茶色や青色は嗜好度が低くなっており，食欲を増進する色とされたものは，赤色，オレンジ色，黄色である（島田ら，1993）．中川ら（2010）は，官能評価の結果から，人間の思考には個人差はあるが色の持つイメージは明るい色が好まれ，暗い色は好まれない傾向が認められたと報告している．丹羽ら（2007）は，サツマイモでは，食感と色で真空調理品が有意に好まれたと報告しており，いも類は共通して真空調理されるといも独特の粘りのある良い食感が得られたために真空調理品が好まれ，通常調理では，加熱中にゆで水のほうに色が抜け，煮くずれた外側の食感があまり好まれなかったと考察している．食物の色は今までの習慣によってイメージが固定されていることが多く，イメージと異なった色の食物はおいしいと感じず，食欲が抑制される（島田ら，1993）．本研究により，加熱操作によるジャガイモの色の変化には品種間差があること，真空調理は品種間差の影響が小さく，ジャガイモの色が保持されることが数値的に明らかとなった．

第 3 項．調味液が真空調理におけるジャガイモ

(*Solanum tuberosum* L.) (‘マークイン’)

のビタミン C 量に及ぼす影響

1. 加熱調理後の形状比較

真空調理および通常加熱後の試料の形状変化を Fig.13 に示した。いずれのゆで水においても、通常調理で 20 分間、40 分間の加熱時に煮崩れが認められた。一方、真空調理ではいずれの加熱時間においても煮崩れはなかった。田村 (2008) も真空調理に対して同様の結果を報告している。本実験で使用した ‘マークイン’ はデンプン含量が少なく、繊維量が多いなどの特性があり、‘男爵’と比較し煮崩れしにくいと考えられるが (山崎, 1980; 佐藤, 2005), 真空調理を用いることで加熱時間がさらに長くなっても煮崩れせず、形状を保持できるといえる。

2. 加熱調理後の固形重量の比較

真空調理および通常調理後の固形重量の変化を Table2 に示した。固形重量はいずれの時間も調理法による有意な差はなかったが、20 分間加熱時において真空調理は食塩、砂糖添加時と比較し、水添加は有意な高値を示した ($p < 0.05$)。一方 40 分間加熱時の真空調理は 20 分加熱に比べ食塩添加では固形重量に変化がなく、砂糖添加では増加傾向を示した。

3. ビタミン C

ジャガイモ新鮮量 100g 中のビタミン C 量の変化を Fig.14 に示した。





	Boiling	Vacuum cooking
(min.)		
20		
40		

Fig. 13 Image of heated potato

Table 2 Solid weight of potato after cooking

	0min	20min		40min		
	Raw	Boiling	Vacuum	Boiling	Vacuum	
None	20.0 ± 0.0	23.1 ± 1.3	23.7 ± 2.0 ^a n.s.	22.2 ± 1.2	22.8 ± 1.1	n.s.
Salt	20.0 ± 0.0	22.6 ± 1.1	21.6 ± 1.2 ^b n.s.	22.0 ± 1.2	21.6 ± 1.2	n.s.
Sugar	20.0 ± 0.0	22.1 ± 0.6	21.3 ± 1.4 ^b n.s.	22.6 ± 0.9	22.9 ± 1.4	n.s.

Values (g) represent means ± SDs (n=5-8).

Vacuum; Vacuum cooking

n.s. ; not significant

a, b ; values with different letters are significantly different by Tukey's test ($p < 0.05$).

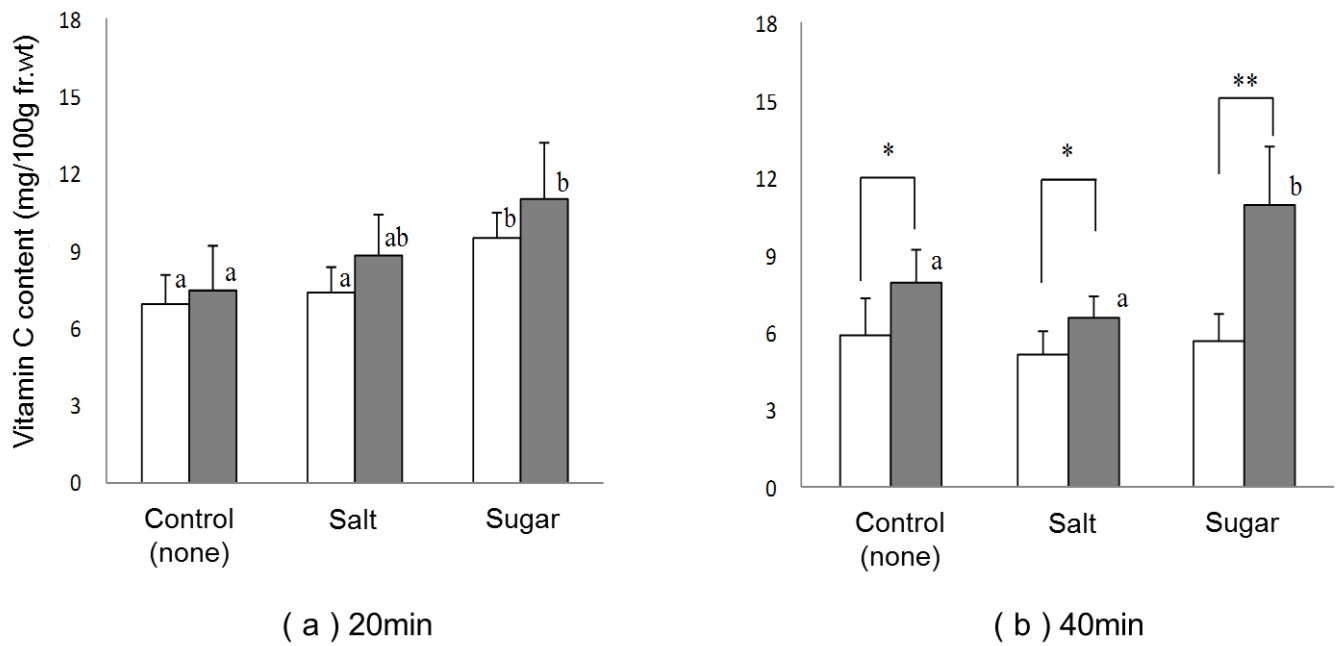


Fig.14 Vitamin C content of heated potato

□: Boiling; ■: Vacuum cooking

*values are significantly different by the Student's *t*-test

(* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$).

a, b; values with different letters are significantly different by Tukey's test ($p < 0.05$).

ビタミン C 量は 40 分間加熱で，真空調理が通常調理と比較して水，食塩，砂糖添加時すべての条件で有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。調味液を比較すると，砂糖添加において，通常調理の 20 分間加熱ならび真空調理の 40 分間加熱時に水，食塩と比較し有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。

本研究では調理に使用した調味液はすべて緩衝液により pH6.0 にて実施した。そのため，pH による影響はなかったと考えられた。すべての調味液においてすべての加熱時間で通常調理よりも真空調理のビタミン C 量が多かった理由として，添加水量の違いが影響していることが示唆された。添加水量が多い通常調理では，ゆで水中に多くビタミン C が溶出するのに対し，添加水量の少ない真空調理では，ゆで水中へのビタミン C の溶出が抑制されたためと考えられた。また通常調理では加熱中，空気中の酸素によりビタミン C が酸化される。真空調理では包装内の酸素量が減少した条件下であり，ビタミン C の酸化が抑制できたのではないかと考えられた。なお，表には示していないが，非加熱時のビタミン C 量は 9.0 ± 2.1 (mg/100gFW) であり，ビタミン C 量に占める DHA 量の割合はいずれの調理法，加熱時間においても有意な差は認められなかった。

Kishida ら (2004) は，みりんや砂糖の添加は AsA の水溶液中での熱安定性 (AsA の減少速度) にほとんど影響を与えず，食塩添加で AsA を安定させるのに対して，醤油添加では AsA を減少させる効果があると報告している。本研究においては，砂糖添加で試料中のビタミン C 残存量が高く，真空調理で顕著であった。食品によってビタミン C，

酸化酵素の含有量，安定性は異なる（辻村，1990）。また，これらの結果は通常調理のみに限るもので，真空調理を用いた個々の調味液添加の研究は少ない。したがって，本研究により，1%砂糖添加がジャガイモ（‘マークイン’）中のビタミンCの安定性を高める可能性が示唆され，その効果は通常調理に比し真空調理で顕著であることが明らかとなった点は意義深い。

第 4 項. 真空調理におけるブロッコリー (*Brassica oleracea var. italica*) の部位別ビタミン C 量

1. 固形重量の変化

固形重量の経時変化は、非加熱（生）の状態を調理前とし、加熱後
を調理後として示した (Fig.15)。真空調理および通常調理いずれにお
いても加熱による固形重量の経時的な減少が認められた。花蕾では、
全ての条件で重量の増加があった。花茎、茎の内側、茎の外側では、
重量は減少または変化しなかった。

いずれの部位でも表面殺菌による減少率が最も小さく、表面殺菌な
し真空調理で最も大きくなった。通常調理と真空調理で比較すると、
茎の外側以外の部位で真空調理のほうが大きかった。茎の外側では通
常調理が大きくなった。

部位ごとの減少率は、花蕾では通常調理、真空調理どちらにおい
ても重量の増加があった。一方、その他の部位（花茎、茎の内側、茎の
外側）では重量は減少した。花蕾において重量が増加した原因として、
水の吸着が考えられた。花は他の部位とは異なり、小さな蕾が集まっ
ているために、多くの小さな隙間があり、その隙間に水が浸透して重
量の増加がおこったと考えられた。花蕾はゆで水の減少量も一番多い
ことから花蕾にゆで水の付着や吸水があったと考えられた。花茎、
茎において重量が減少したのは食品からの脱水が一因と考えられた。
植物性素材を加熱調理（煮熟）すると軟化する。この原因の一つは、

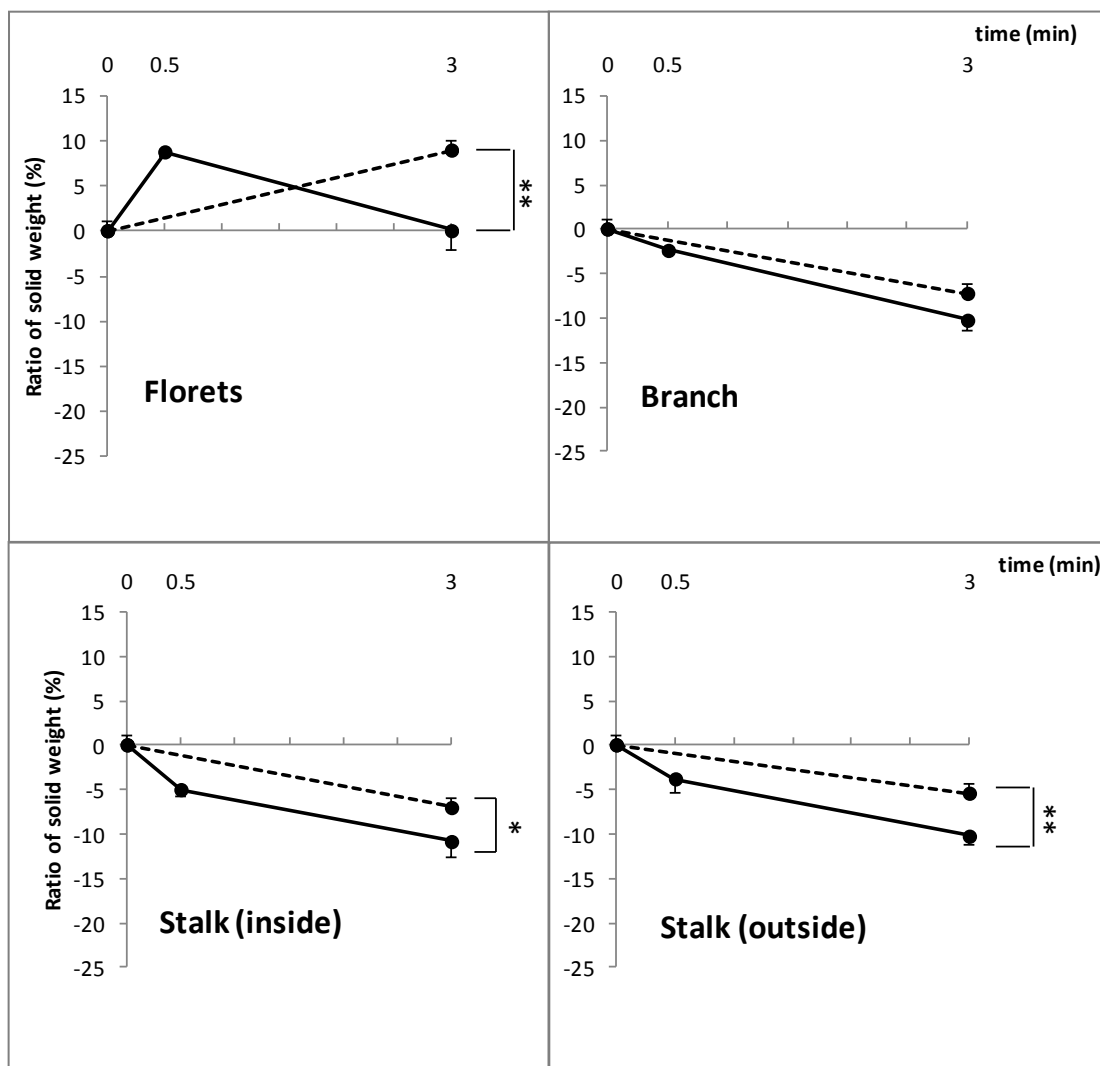


Fig. 15 Ratio of solid weight (%)

Values represent means \pm SDs ($n \geq 7$). Ratio of solid weight (%) = $100 - \{(\text{weight of sample before heating} / \text{weight of sample after heating}) \times 100\}$.

---○--- : Boiling ; —●— : Vacuum cooking

*values are significantly different based on the Student's *t*-test (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$).

細胞壁を接合している中葉および1次細胞壁を構成しているペクチン質が、加熱により煮汁中に溶出し、細胞間の結合力が失われるためである(的場, 1997)。非加熱(生)の食品は細胞壁のなかに水がある。加熱することで、細胞壁が壊れ脱水が起こった可能性が考えられた。

2. ビタミン C

1) 未加熱処理ブロッコリーの部位別ビタミン C 量

未加熱処理ブロッコリーのビタミン C 量を Fig.16 に示した。未加熱ブロッコリーの部位別ビタミン C 量は花茎(ビタミン C 120.1 mg/100g fr.wt, DHA 11.1 mg/100g fr.wt, AsA 109.0 mg/100g fr.wt), 茎の内側(ビタミン C 98.2 mg/100g fr.wt, DHA 8.6 mg/100g fr.wt, AsA 89.6 mg/100g fr.wt), 花蕾(ビタミン C 82.2 mg/100g fr.wt, DHA 23.3 mg/100g fr.wt, AsA 59.0 mg/100g fr.wt), 茎の外側(ビタミン C 80.2 mg/100g fr.wt, DHA 7.5 mg/100g fr.wt, AsA 72.7 mg/100g fr.wt) の順でビタミン C 量が高かった。黒須ら(2006)もブロッコリーの部位別ビタミン C 量について枝が一番高いと報告しており、今回の結果と一致した。

本研究において、花蕾と花茎部分の平均ビタミン C 量は 101.2 mg/100g fr.wt であった。黒須らの報告(2006)では 111 ± 9.3 mg/100g であった。ブロッコリーにおけるビタミン C の変動について、季節間差より品種間差が大きく影響する(池田ら, 2008)ことからビタミン C 量の違いは品種間差によると考えられた。ブロッコリーは実験の前日に購入し、購入後はすぐに冷蔵庫(4℃)で保管したがその間にビタ

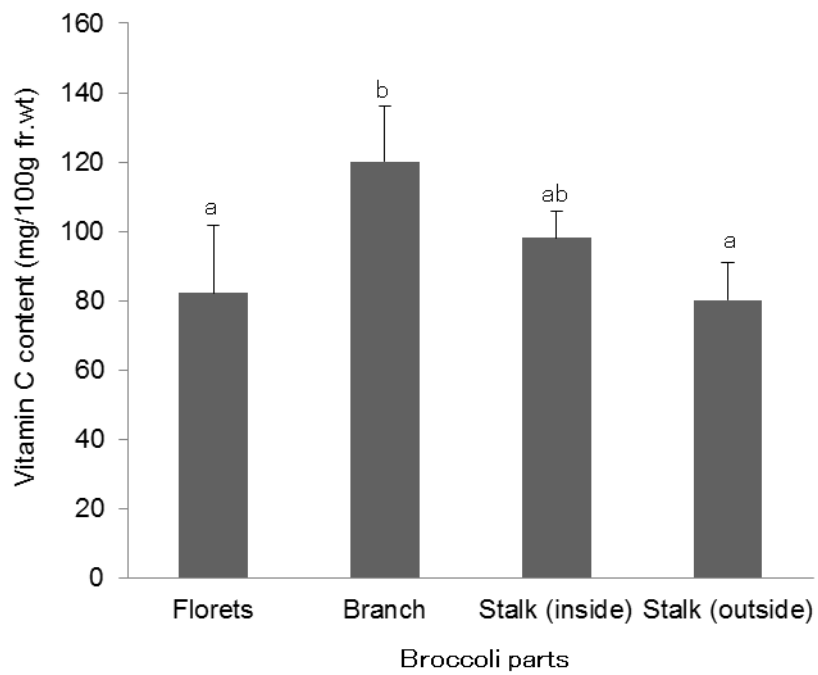


Fig. 16 Vitamin C content of divided parts of raw broccoli

Values represent means \pm SDs (n = 8).

a, b; values with different letters are significantly different by Tukey's test ($p < 0.01$).

ミン C の分解が起こった可能性もある。しかし、中道（1989）によれば、3℃で貯蔵した場合、鮮度はあまり変化しなかったことから、貯蔵時間の影響はほとんどないものと考えられた。

2) 加熱後の部位別ビタミン C 量の変化

加熱後のビタミン C 量の変化について部位別に Fig.17 に示した。調理後の各試料のビタミン C 量は花蕾（通常 46.1 mg/100g fr.wt, 真空 79.2 mg/100g fr.wt）、花茎（通常 87.0 mg/100g fr.wt, 真空 114.9 mg/100g fr.wt）、茎の内側（通常 58.0 mg/100g fr.wt, 真空 76.2 mg/100g）、茎の外側（通常 39.9 mg/100g, 真空 55.4 mg/100g）であった。花蕾と花茎においては、通常調理では有意にビタミン C が減少したが真空調理したものでは変化は認められなかった。茎の内側と茎の外側は、通常調理、真空調理ともに調理による有意な減少が認められた。通常調理と真空調理を比較すると真空調理で残存率が有意に高かった。

これらのことから、全ての部位において真空調理したものの方が通常調理に比べビタミン C の残存率が有意に高いことが明らかとなった。さらに、ビタミン C は加熱によって分解するよりもゆで水中への溶出が大きいことが示された。調理加工における機能性成分の減少を調査した報告でも、熱分解による減少はごく一部で、ゆで水への移行や酵素的変化が影響するとされている（竹中，2012）。本研究の結果はこれと一致しており、調理水の少ない真空調理におけるビタミン C 溶失抑制の有用性が示唆された。

茎の内側・外側では真空調理においても有意な減少が認められたのは、切断面積による影響が考えられた。花蕾・花茎の切断面は花茎と

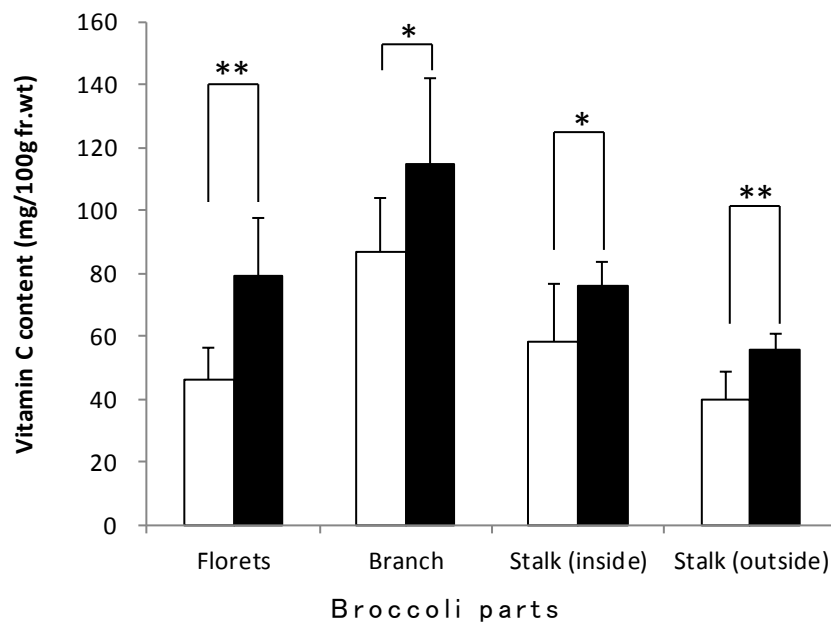


Fig. 17 Vitamin C content of divided parts of broccoli after heating

Values represent means \pm SDs ($n \geq 7$).

□ : Boiling ; ■ : Vacuum cooking

*values are significantly different by the Student's *t*-test (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$).

花蕾を切り離しただけの大きさであった。それに対し、茎の内側・外側は円柱上にくりぬいて部位わけしたため、切断面は円柱の側面積になり、花群と比較すると差ができた。野菜の切断は組織に損害を与え、ビタミン、ミネラルのような栄養成分は野菜をゆでると、即座に、ゆで水に溶出する可能性がある。さらに組織の損傷により、構成要素と酵素との接触が生じ、化学変化につながると考えられる（丹羽ら，2007）。一方で、切断や放置に伴いビタミン C が増大するとの報告がある。このなかで大羽ら（1997）はジャガイモやキャベツで切断、放置するとビタミン C が増大すると報告している。このビタミン C の増大は生合成経路の最終段階を触媒する L-ガラクトノラクソンデヒドロゲナーゼ（以下 GLDHase）活性の増大に引き続いて起こる（Obaら，1994）。ビタミン C 量および GLDHase 活性の増加は温度依存型で、25℃では増加するが 4℃に移すと増加が止まる（大羽，2002）。今後は、酵素レベルでビタミン C の分解について検討していく必要がある。

3) ゆで水中に含まれるビタミン C 量ならびに表面殺菌による影響

ゆで水中のビタミン C 量を Fig.18 に示した。すべての部位で、真空調理によるゆで水中のビタミン C 量は、通常調理より顕著に少なく（ $p < 0.01$ ）、真空調理が通常調理より固形物中にビタミン C を保持したといえる。さらに調理されたブロッコリーのビタミン C がゆで水中に溶出し、加熱によって分解されなかったことを示した。

真空包装前の表面殺菌の影響は、Fig.19 に示した。花蕾のビタミン C 量は表面殺菌処理（-）が表面殺菌処理（+）に比し、残存率が有

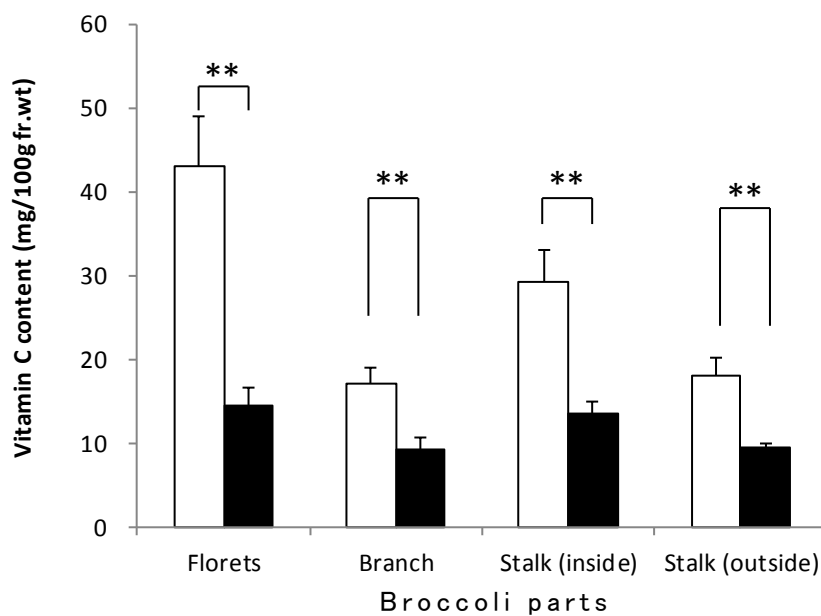


Fig. 18 Vitamin C content of cooking water

Values represent means \pm SDs (n = 4).

□ : Boiling; ■ : Vacuum cooking

*values are significantly different by the Student's *t*-test (** $p < 0.01$).

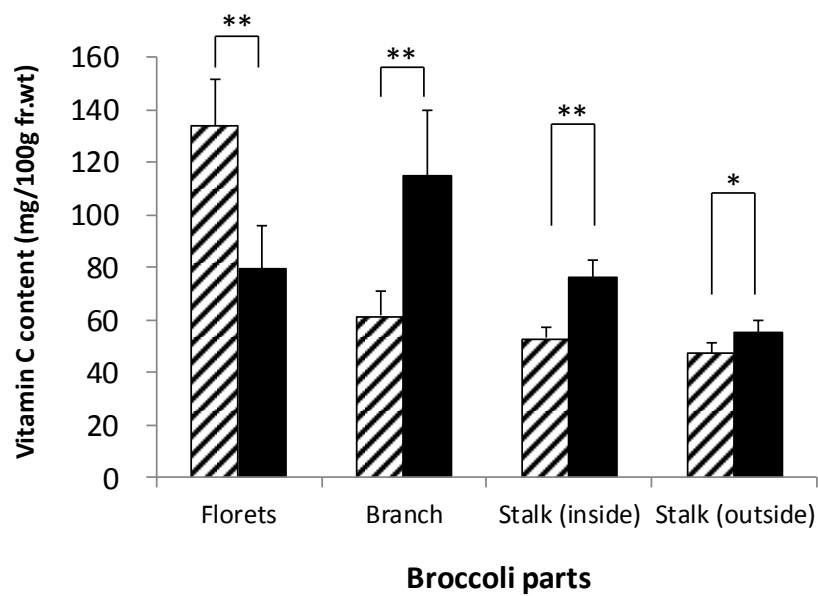


Fig. 19 Vitamin C content of divided parts of broccoli after vacuum cooking

Each value is the means \pm SD (n=8).

▨ : Non-sterilization ; ■ : Sterilization

*values are significantly different by the Student's *t*-test (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$).

意に高く，花茎，茎の内側，外側は表面殺菌処理（＋）の残存率が有意に高かった．このことから真空調理によるビタミン C 量の変化に影響している要因として，ゆで水へのビタミン C 溶出抑制ならびに表面殺菌によるビタミン C 分解酵素の非活性化が考えられた．先の報告では，機能性成分の量を減少させる要因として加熱による分解，ゆで水への溶出，酵素作用による分解があげられている（Takenaka ら，2006；Takenaka ら，2009）．今回の実験により加熱による分解がその他の 2 つの要因と比較して影響が少ない可能性が示唆された．さらに，ビタミン C 溶出を抑制する点において真空調理の有用性が示された．

第 4 節

摘要

第 1 章第 1 節では，ジャガイモのビタミン C 量について，真空調理と通常調理（Boil）との検討を行った．実験試料は比重をそろえたジャガイモ（‘男爵’）を用い，通常調理は試料重量の 2 倍の水で 15, 20, 30, 40 分間加熱した．真空調理は試料重量の 1/3 に相当する水をフィルムに入れ真空包装した後，通常調理と同様に加熱した．ビタミン C の定量は大羽らの方法に従って，HPLC ポストカラム誘導体法を用いて 100g 当たりのビタミン C 量を求めた．ビタミン C 量（100g 当たり）は L-アスコルビン酸とデヒドロアスコルビン酸の合計から求めた．

通常調理では 15 分加熱時から煮崩れが認められたが，真空調理では煮崩れは認められなかった．固形 100 g 中のビタミン C 量はすべての加熱時間において真空調理が通常調理よりも有意に多かった．

さらに，第 2 節では，ジャガイモの品種間差について，真空調理，通常調理（Boil），スチームコンベクション（以下，スチコン）調理で検討を行った．通常調理では 20 分加熱時から煮崩れが認められ，加熱時間の増加に伴いその度合いも強くなったが，真空調理とスチコン調理ではひび割れは認められたものの煮崩れはほとんど認められなかった．固形 100 g 中のビタミン C 量は‘メイクイン’の 20 分 ($p < 0.01$), 30 分 ($p < 0.05$) 加熱時にスチコン調理が通常調理と比較して有意に高い値を示した．また，‘とうや’の 30 分 ($p < 0.01$), 40 分 ($p < 0.05$) 加熱

時においてスチコン調理と真空調理が通常調理と比較して有意に高い値を示した。経時変化で非加熱時と比べたところ、‘とうや’において通常調理 20 分, 30 分, 40 分加熱時に有意 ($p < 0.01$) に低い値を示した。ゆで水中のビタミン C 量は ‘男爵’, ‘マークイン’, ‘とうや’ の 3 種のすべての加熱時間において通常調理が真空調理よりも高い値を示した。

調理法の違いによる色差は、通常調理と真空調理、通常調理とスチコン調理で色に違いがみられた。また非加熱時との色差は、すべての調理法で 12.0 以上であり **very much** (非常に大きい) と評価された。調理時間が長くなると、通常調理の色差が最も大きくなった。

これらのことから、真空調理、スチコン調理は、ビタミン C を食品中に保持したまま、煮崩れすることなく仕上げるのが可能であるといえる。そのため、真空調理、スチコン調理は、機能性成分を保持した食材に仕上げるのが期待される。今後は、色素成分の分析や官能評価の実施等も検討する。

第 3 節では、調味液添加時の真空調理の特性をとらえるために、1% の調味液をゆで水に添加したときのビタミン C 量について、ジャガイモの ‘マークイン’ を用いて検討した。調理法は通常調理 (Boil) または真空調理で行い、調味液は水, 1% 食塩水, 1% 砂糖水で比較した。その結果、ビタミン C 量は 40 分間加熱時で水, 食塩, 砂糖添加のすべての条件において真空調理が通常調理よりも有意に高かった ($p < 0.05$)。砂糖添加において、通常調理の 20 分間加熱ならび真空調理の 40 分間加熱時に水, 食塩と比較し有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。

これらのことから、真空調理は通常調理に比べ 1% 調味液添加（食塩、砂糖）の有無に関わらずビタミン C を食品中に保持することが明らかになった。真空調理は、調味液添加時においても、機能性成分を保持した食材に仕上げるのが期待される。

第 4 節では、ブロッコリーに着目した。ブロッコリーはビタミン C、E、 β -カロテンを多く含むほか、カルシウム、カリウムなどのミネラル、食物繊維も豊富で栄養的に優秀な食材である。本研究ではブロッコリーの可食部（花蕾、花茎、茎の内側、茎の外側）のビタミン C 含有量、ならびに調理操作によるビタミン C 残存量を調査した。

通常調理法は試料重量の 10 倍の沸騰水中（ゆで水）で約 95°C で 3 分間加熱した（Boil）。真空調理法は表面殺菌のために沸騰水中で 30 秒間約 95°C で加熱した後、試料と試料重量の 1/3 に相当する水をフィルムに入れ真空包装し、通常調理法と同様に約 95°C で 3 分間加熱した。ビタミン C の定量は HPLC ポストカラム誘導体法を用いた。ビタミン C 量（100g 当たり）は L-アスコルビン酸とデヒドロアスコルビン酸の合計から求めた。

未調理のブロッコリーの各試料のビタミン C 量は、花茎、茎の内側、花蕾、茎の外側の順で高かった。調理後のビタミン C 量は真空調理法が通常調理法（Boil）に比べすべての部位で有意に高い値を示した（ $p < 0.05$ ）。ビタミン C のゆで水への溶出量は真空調理法では通常調理法（Boil）に比べてすべての部位で有意に少なかった（ $p < 0.01$ ）。真空調理の表面殺菌の有無によるビタミン C 量は、花蕾以外のすべての部位で表面殺菌有りのほうが有意に高い値を示した（ $p < 0.05$ ）。以上のこ

とから，真空調理による各試料のビタミン C 量は通常調理（Boil）に比べて高く，優位性が示された．

今後は，真空調理による栄養成分（残存量など）の変化を酵素学的側面からも詳細に調査し，真空調理の野菜への利用について科学的に評価する必要がある．

第 2 章

真空調理における加熱操作がジャガイモ (*Solanum tuberosum* L.) の物性 (硬さ, 付着性, 凝集性) に及ぼす影響

第 1 節

序論

第 1 章では，ジャガイモの通常調理（Boil）と真空調理を検討し，真空調理の煮崩れ抑制効果ならびにビタミン C の損失抑制効果の可能性を示した．一方，吉村ら（1993）は，ジャガイモを真空包装後，スチームコンベクションオーブン（以下，スチコン）で加熱し，加熱開始から 90℃で 35 分たったものが，食べるのに適した軟らかさの破断応力 $3.0\sim 5.0\times 10^5\text{N/m}^2$ になり，100℃で 12 分加熱したものでは，未包装試料は袋詰め加熱に比べ有意 ($p<0.01$) に軟らかかったと報告している．また，調味料の種類や濃度の違いによって煮崩れの度合いや物性（破断強度，硬さ），デンプン溶出率が異なること（田村ら，2003）が明らかにされている．

しかしながら，日本においては真空調理に関する報告例が少なく（清水ら，2014），物性については，硬さは検討されているが，付着性，凝集性については 2009 年に厚生労働省から硬さ，付着性，凝集性を指標とする「えん下困難者用食品」の許可基準が示されて間もないことから，付着性，凝集性を含めて検討している研究は少ない（清水ら，2014）．高齢者にとって，食生活を充実させることは身体機能の低下を予防し，健康寿命を延ばし，高齢者の自立した生活につながると報告されている（戸田ら，2008）が，高齢者に適した物性を検討するには硬さだけでは不十分であり，付着性や凝集性も含めた評価が望まし

い（神山，2009）。

そこで本章第1項では真空調理における加熱操作がジャガイモ（*Solanum tuberosum* L.）の物性（硬さ，付着性，凝集性）に及ぼす影響について検討した。さらに第2項では品種間差，第3項では1%の調味液を用いて物性（硬さ，付着性，凝集性）の変化を検討し，嚥下に配慮した栄養素等摂取への真空調理の有用性について評価することを目的とした。

第 2 節

材料と方法

1. 試料および試料調製

試料および試料調製方法は第 1 章と同じである。

2. 調理方法

調理方法は第 1 章と同じである。

物性の測定用試料は高さ 2cm, 直径 4cm のガラス製シャーレに入れ恒温槽中で 45℃ に保温した。なお, 煮崩れした試料は, シャーレに詰めて測定した。

3. 測定

物性測定

各調理後の試料の物性測定はレオメーター (EZ-Test/CE, 島津製作所) を用い, 「えん下困難者用食品」の許可基準 (厚生労働省医薬食品局, 2009) にしたがって行った。得られた測定データから硬さ, 付着性, 凝集性を求めた。

4. 統計処理

統計処理方法は第 1 章と同じである。

第 3 節

結果および考察

第 1 項. 加熱時間が真空調理におけるジャガイモ (*Solanum tuberosum* L.) (‘男爵’) の物性 (硬さ, 付着性, 凝集性) に及ぼす影響

硬さ, 付着性, 凝集性の経時変化を Fig.20 に示した. 硬さは 40 分加熱時で真空調理が通常調理よりも有意 ($p=0.02$) に硬いことが認められた. 両調理方法で加熱時間による有意な差は認められなかった. 大出ら (2009) は, 通常調理が真空調理に比べ中心温度の軟化温度に達する時間が早いことを報告している. 通常調理は加熱媒体である水に試料が直接接しているため熱伝導がよく軟化温度に早く達するが, 真空包装ではフィルム包装することにより残存酸素によって熱伝導が抑制されるため, 中の食品に熱が伝わりにくくなり, その結果通常調理よりも硬い傾向がみられたと考えられた.

付着性は 30 分加熱時で真空調理が通常調理に比べ有意に高い値を示した ($p=0.01$). また, 真空調理では加熱時間による有意差はみられなかったが, 通常調理は 15 分から 30 分加熱時にかけて付着性が大きく減少し, 30 分加熱時においては有意 ($p=0.021$) な減少が認められた.

凝集性は 15 分加熱時において通常調理が真空調理に比べ有意に高い値を示した ($p=0.029$) が, 20 分以降は有意な差は認められなかつ

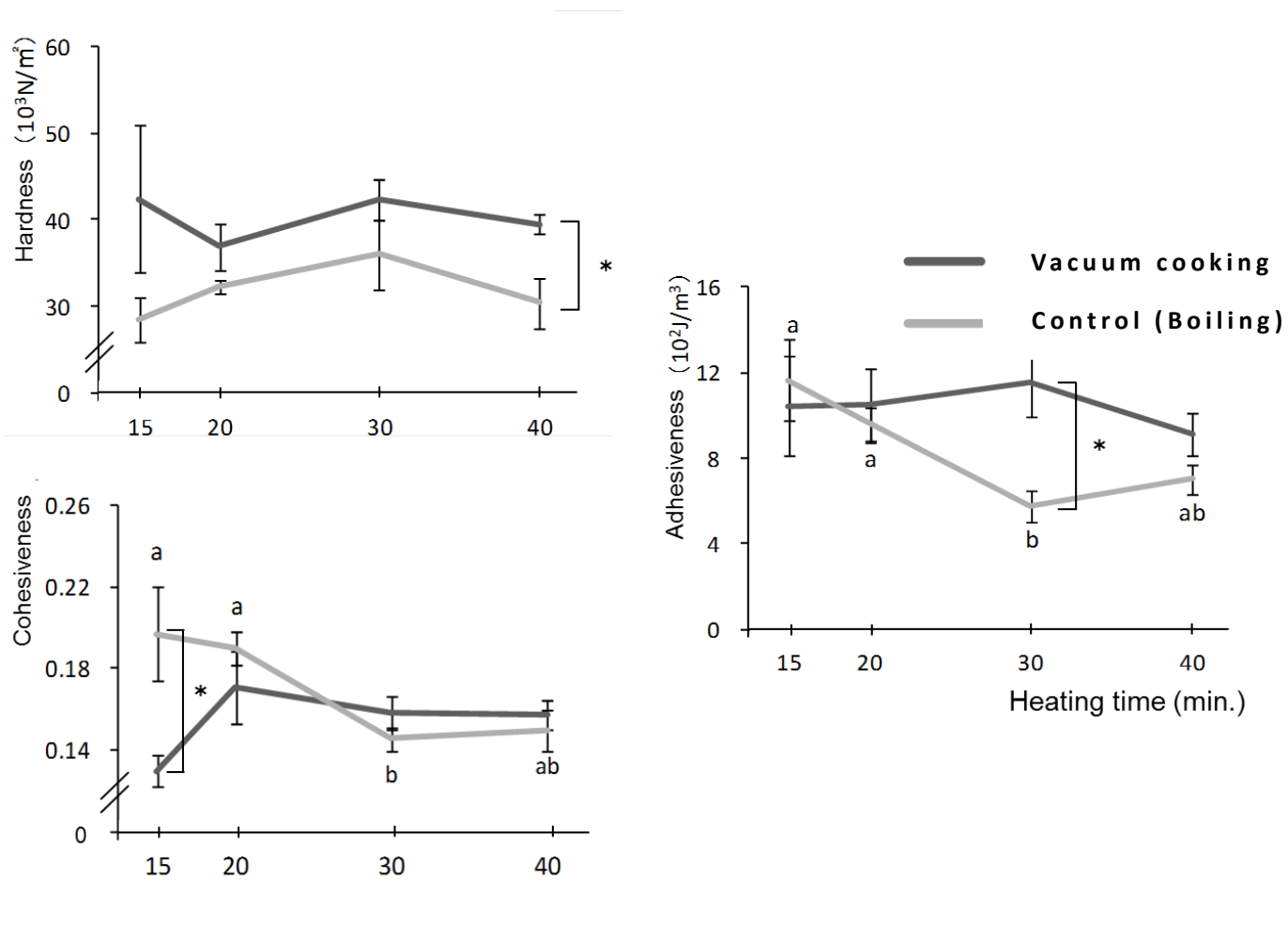


Fig.20 Texture of heated potato

Values represent means \pm SDs ($n \geq 6$).

*values are significantly different by the Student's *t*-test ($*p < 0.05$).

a, b; values with different letters are significantly different by Tukey's test ($p < 0.05$).

た。また、真空調理は加熱時間による有意な差は認められなかった。通常調理は、30分加熱時に有意 ($p=0.014$) な減少が認められた。付着性、凝集性において、通常調理では加熱時間によって有意な低下が認められたのに対し、真空調理では加熱時間による硬さ、付着性、凝集性に有意な変化は認められなかった。これは、加熱により水溶化したペクチンなどの構造に関係する成分が、添加水量の多い通常調理ではゆで水中に多く溶出されるのに対し、真空調理では添加水量が少ないことから、それらの水溶性成分の溶出が抑えられ、食品中に保持されたためと考えられた。中性およびアルカリ性で加熱した際にジャガイモが軟化するのには、細胞を結着しているペクチンがトランスエリミネーション (β 脱離) によりグリコシド壊裂し、ゆで水中に溶出することによって細胞間の結合力が失われることが主な原因であり、酸性中で軟化するのにはペクチンが加水分解および脱離等により溶出するためであるとされている (山本ら, 1996)。今回の実験も水を用いて加熱しており、pH は中性域であることから、ペクチンがトランスエリミネーションによって分解され水溶化し、ゆで水中に溶出されたと考えられた。また、真空包装する際の減圧処理によって、加熱に伴うデンプンの膨張が抑えられる (AKら, 1998) という報告もあるが、今後はこれらの裏付けのためにゆで水中のペクチン溶出量や中心温度の測定、顕微鏡による組織観察なども行う必要がある。

真空調理と通常調理において、どちらも「えん下困難者用食品」の規格基準外であり (許可基準Ⅲ, 硬さ (10^3 N/m^2): 0.3–20, 付着性 (10^2 J/m^2) 15 以下, 凝集性: 基準値なし), 嚥下食ピラミッドでは“移行食”

(硬さ(10^3 N/m^2): 40 以下, 付着性 (10^2 J/m^2) 10 以下, 凝集性: 0-1.0), ユニバーサルデザインフードの区分では“歯ぐきでつぶせる”(硬さ(10^3 N/m^2): 50 以下, 粘度 ($\text{mPa} \cdot \text{s}$): 基準値なし) 区分であったが, 通常調理は煮崩れがみられ, 加熱時間が長くなるにつれて付着性, 凝集性が低下した. 一方, 真空調理は煮崩れがみられず, 加熱時間が長くなっても付着性, 凝集性の変化は認められなかった. すなわち, 真空調理は煮崩れを防止でき, 加熱時間に影響されず物性が安定していることが分かった. 調味液の添加により物性の調整が可能である (Kishida ら, 2004) と考えられることから, 真空調理は「えん下困難者用食品」の製造法として有用である可能性が示唆された.

第 2 項. 品種の相違が真空調理におけるジャガイモ (*Solanum tuberosum* L.) の物性 (硬さ, 付着性, 凝集性) に及ぼす影響

通常調理, 真空調理, スチコン調理に伴う物性 (硬さ, 付着性, 凝集性) の経時変化を Fig.21 に示した.

凝集性は, 3 品種とも 20 分加熱時において, 通常調理の方がスチコン調理よりも有意 ($p < 0.05$) に高い値を示した. 30 分加熱時において 'メイクイン' では, 通常調理はスチコン調理より有意 ($p < 0.05$) に高い値を示し, 'とうや' では通常調理は真空調理より有意 ($p < 0.01$) に高い値を示した. 40 分加熱時において '男爵' では, 通常調理は真空調理とスチコン調理よりも有意 ($p < 0.05$) に高い値を示し, 'メイクイン' では, 通常調理はスチコン調理より有意 ($p < 0.05$) に高い値を示した. このことから, 通常調理は真空調理とスチコン調理に比べて凝集性が高い傾向があることが認められた.

付着性は, 30 分加熱時において '男爵' では, 通常調理に比べてスチコン調理は付着性が有意 ($p < 0.05$) に高い値を示した. 40 分加熱時において, 'メイクイン' では, 通常調理に比べて真空調理は, 有意 ($p < 0.05$) に低い値を示した. しかし, 調理法の違いによる付着性の変化は認められなかった.

硬さは, 20 分加熱時において, '男爵' では通常調理にくらべてスチコン調理が有意 ($p < 0.01$) に高い値を示した. 'メイクイン' では通常調理に比べて真空調理とスチコン調理が有意 ($p < 0.01$) に高い値を示した. 'とうや' では, 真空調理に比べて通常調理とスチコン調

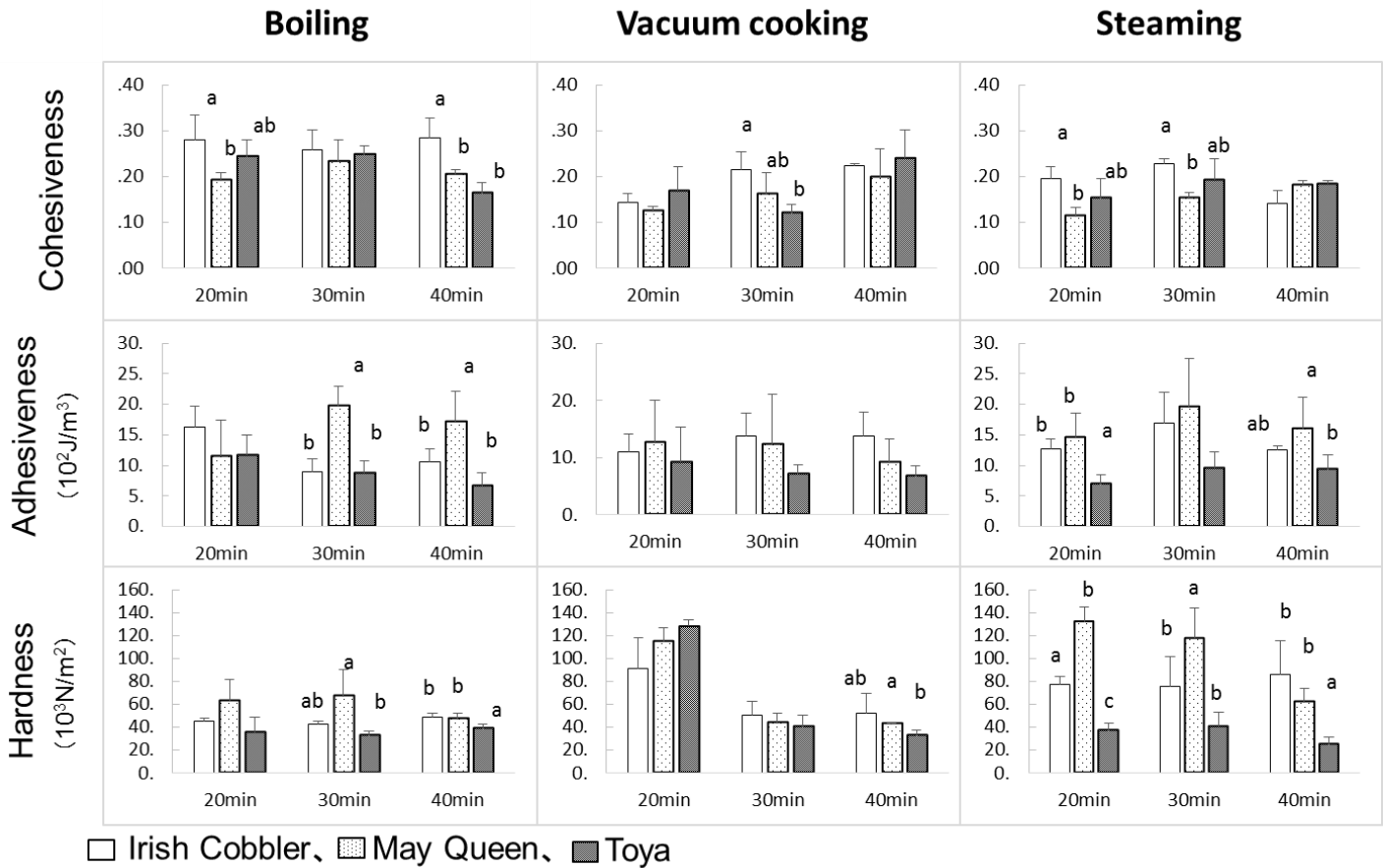


Fig.21 Texture of heated potato

Values represent means \pm SDs ($n \geq 3$).

a, b; values with different letters are significantly different by Tukey's test ($p < 0.05$).

理が有意($p<0.01$)に低い値を示した。30分加熱時において、‘メイクイン’ではスチコン調理に比べて通常調理と真空調理が有意($p<0.05$)に低い値を示した。40分加熱時において、‘とうや’では通常調理に比べてスチコン調理が有意($p<0.01$)に低い値を示した。

品種間差について、凝集性では、通常調理20分加熱時において、‘男爵’は‘メイクイン’より有意に高く、通常調理40分加熱時では‘男爵’は‘メイクイン’と‘とうや’より有意に高い値を示した。真空調理30分加熱時において、‘男爵’は‘とうや’より有意に高い値を示した。スチコン調理20分と30分加熱時では‘男爵’は‘メイクイン’より有意に高い値を示した。付着性では、通常調理30分と40分加熱時において‘メイクイン’は‘男爵’と‘とうや’より有意に高い値を示した。スチコン調理20分加熱時において、‘とうや’は‘男爵’と‘メイクイン’より有意に低く、40分加熱時において‘とうや’は‘メイクイン’より有意に低い値を示した。硬さでは、通常調理30分加熱時において‘男爵’は‘とうや’より有意に高く、40分加熱時において、‘とうや’は‘男爵’と‘メイクイン’より有意に低い値を示した。真空調理40分加熱時において、‘とうや’は‘メイクイン’より有意に低い値を示した。スチコン調理20分加熱時において、‘メイクイン’が有意に高く、‘とうや’が有意に低い値を示した。スチコン調理30分加熱時において、‘メイクイン’は‘男爵’と‘とうや’より有意に高く、40分加熱時において‘とうや’は‘メイクイン’と‘男爵’より有意に低い値を示した。

既報において、通常調理に比べ真空調理では、イモの破断応力が高くなる傾向にあると示されている(平田ら, 2007; 田村ら, 2006). 通常調理は加熱媒体である水に試料が直接接しているため熱伝導がよく、真空調理よりも軟化温度に早く達したと報告されている(生野, 1995; 大出ら, 2009). またジャガイモの硬さは、デンプンの糊化、ペクチンの可溶化、調味料の浸透拡散、調味料の拡散方向の変化、添加水量などが破断応力の違いに関係していると報告している(田村ら, 2006). デンプンの溶出は細胞壁が壊れることで生じ、それに伴って細胞間の隙間が大きくなりやわらかくなる(田村ら, 2006). ペクチンの溶出の割合は真空調理に比べて、通常調理で多くなっており、それはペクチンが水を加えて加熱することによって次第に可溶化する性質を持ち、添加水量が多い通常調理の方が真空調理よりもゆで水への成分の溶出が多くなるためと考えられている(田村ら, 2006). 添加水量の多い通常調理では、食品成分の溶出は真空調理に比べて多くなるため、加熱時間による物性の変化も大きくなると考えられた. しかし、今回の結果では、スチコン調理においても物性値の有意な変化が認められた. 理由として、既報と本研究とでは、調理に使用した試料重量、水重量、加熱時間などの条件が異なったためと考えられた. スチコン調理(蒸気量 100%, 庫内温度 100℃)では、ジャガイモの場合、乾燥開始時間は 12 分となり、それ以上加熱すると乾燥し始める(山田ら, 2002). 他にも、庫内温度が高い条件でスチームを投与しても、水分を減少させる方向に働く結果が報告されており(大石ら, 2008), 庫内温度が高い

条件下でスチームを投与しても、必ずしもソフトな食感、乾燥防止効果が得られないことが示唆されている（肥後ら，2013）。したがって、スチコン調理は、通常調理、真空調理とは異なり、水の添加を行わず蒸気で加熱したことや加熱時間により食品が乾燥してしまうことが物性に影響していると考えられた。

品種での物性の変化では、凝集性は‘男爵’が‘メイクイン’と‘とうや’より高い傾向が認められた。付着性では、‘メイクイン’が最も高く、‘とうや’が最も低い傾向が認められた。硬さでは、‘とうや’が‘男爵’と‘メイクイン’より低い傾向が認められた。古館ら（1997）は、Boil後の硬さと品種間の関係を検討するために、同一栽培条件の22品種を用いてその品種間差を調査し、ジャガイモの品種間には硬さの違いがあることを明らかにした。今回の実験で用いた3品種の硬さは、‘メイクイン’が最も硬く、‘とうや’、‘男爵’の順と示されている（古館ら，1997）。しかし、今回の結果では硬さは‘メイクイン’、‘男爵’、‘とうや’という傾向が認められた。また、本実験では、ジャガイモの比重を測定して、すべて低比重のものを用いた。先に、加熱後では、‘男爵’と‘メイクイン’の両品種とも比重が大きくなるほどやわらかく崩れやすいテクスチャーを示したと報告されている（佐藤，2005）ため、今後、比重と硬さとの関係を検討する必要がある。また、デンプン価と硬さは、高デンプン価は軟らかい傾向とされる従来のデンプン価と硬さの関係とは異なる品種があるため、硬さに対するデンプン以外の成分の関与も示唆されている（古館ら，2000）。また、第1項において、真

空調理は加熱時間による物性変化はなく安定した物性を保持できることが明らかとなった。今回の実験では、通常調理、スチコン調理で認められた品種間差が真空調理で認められなかったことから、真空調理は品種間差の影響が小さく、一定の物性を保つようコントロールしやすいと考えられた。

第 3 項. 調味液が真空調理におけるジャガイモ (*Solanum tuberosum* L.) (‘メークイン’) の物性 (硬さ, 付着性, 凝集性) に及ぼす影響

硬さについて, 水添加の 20 分間加熱では通常調理に比べ真空調理で有意に低い値を示した ($p<0.01$). また真空調理の 40 分間加熱時において砂糖添加に比べ食塩添加が有意に高い値を示した ($p<0.05$) (Fig.22).

付着性では, 食塩添加において 20 分間加熱時の真空調理における値は通常調理よりも有意に高い値を示した ($p<0.01$) (Fig.22).

凝集性は加熱時間および調理法の相違による有意な差は認められなかった (Fig.22).

ジャガイモの硬さはデンプンの糊化, ペクチンの可溶化, 調味料の浸透拡散によって異なり, さらに添加水量も関係する. デンプンの溶出は細胞壁が壊れることで生じ, それにともなって細胞間の隙間が大きくなり, 軟化する (田村ら, 2003). pH5.0 以上の中性およびアルカリ性条件下で加熱した際に軟化するのにはペクチンがトランスエリミネーション (β 脱離) により分解し, ゆで水中に溶出することで細胞間の結合力が失われることがおもな原因であり, 酸性下で軟化するのにはペクチンが加水分解および脱塩等により溶出するためであるとされている (山本ら, 1996; 香西, 2002; 金谷, 2003). 本実験では調味液は pH6.0 に調製している. したがって, ペクチンがトランスエリミネーションにより分解し, ゆで水中に溶出し軟化が生じたと考えられ

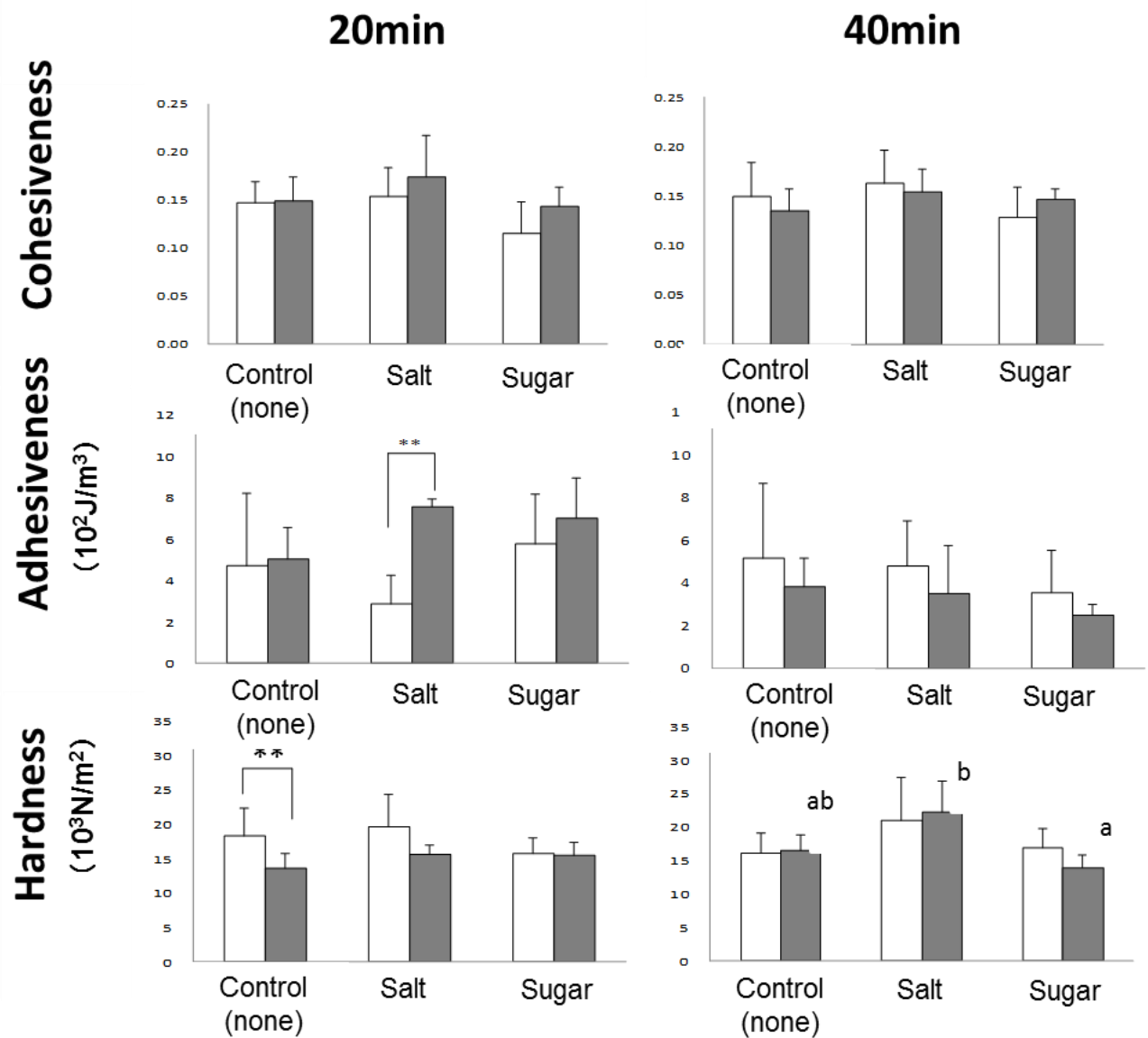


Fig.22 Texture of heated potato

Values represent means \pm SDs (n=5-8).

□: Boiling; ■ : Vacuum cooking

*values are significantly different by the Student's *t*-test (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$).

a, b; values with different letters are significantly different by Tukey's test ($p < 0.05$).

た．‘男爵’のペクチンの溶出は，食塩においては，通常調理の場合，食塩無添加と1%，2%食塩添加を比較すると添加量が多いほど有意に溶出量が多くなり，真空調理には有意な差はなかった（田村ら，2006）．2%砂糖添加においても通常調理は添加量が多いほど有意に溶出量が多くなるが，真空調理は2%砂糖添加では有意な差がないことが報告されている（田村ら，2006）．また，‘男爵’を使用した第1項において添加水量が多い通常調理の条件下では，食品成分の溶出は真空調理に比べて多くなるため，通常調理は真空調理に比べ，硬さ，付着性が有意に低い値だったと示唆された．しかしながら，‘マークイン’を使用した今回の実験では通常調理の加熱時間による変化は小さく，真空調理において加熱時間ならびに調味液添加による有意な変化がみられた．ジャガイモの物性に関する既報では‘男爵’での報告が多く，‘マークイン’の報告は少ない．‘マークイン’はデンプン含量が11%前後と低く，かつ繊維量が多いこともあり煮崩れが起こりにくく，煮物に適している（山崎，1980）．一方，‘男爵’は‘マークイン’に比べて繊維量も半分ほどであり，細胞壁も薄く，隣接細胞間の接着状態が弱いいため調味料や加熱によって煮崩れしやすい（田村ら，2003）．このような‘マークイン’と‘男爵’の組織の違い（古舘ら，2000）も，今回の実験の結果が第1項と異なった理由の一つではないかと考えられた．

今回の結果は厚生労働省の「えん下困難者用食品の許可基準Ⅲ」の硬さ $0.3 - 20$ (10^3N/m^2)，付着性 (10^2J/m^2) 15 以下程度であり，栢下らが開発した嚥下食として使用可能な嚥下食ピラミッド L3 の硬さ

15(10^3N/m^2), 付着性 (10^2J/m^2) 10 以下の基準 (江頭ら, 2007) を満たすものも含まれていた. このことより品種による違い並びに調味液濃度を考慮し適切な調理時間を設定することによって軟らかく, かつ煮崩れを抑制した嚥下食を作成することができると考えられた.

第 4 節

摘要

本章では，真空調理における加熱操作がジャガイモの物性（硬さ，付着性，凝集性）に及ぼす影響について検討した．物性測定は「えん下困難者用食品」の試験方法に基づいて行った．

第 1 項では，‘男爵’を用いた．通常調理（Boil）では加熱時間によって付着性，凝集性に有意な低下が認められたのに対し，真空調理では有意な変化は認められなかった．さらに第 2 項では，ジャガイモの品種間差について，真空調理，通常調理（Boil），スチームコンベクション（以下，スチコン）調理で検討を行った．その結果，凝集性では通常調理が真空調理とスチコン調理よりも有意に高い値を示した．付着性では，通常調理で加熱時間の増加に伴い有意に減少したが，真空調理とスチコン調理では有意な差は認められなかった．硬さでは，真空調理とスチコン調理で加熱時間の増加に伴い有意に減少した．また，品種間の差では，真空調理では物性の品種間差が認められなかったことから，品種に影響せず，より安定した物性を保つようコントロールしやすいと考えられた．

これらのことから，真空調理，スチコン調理は，安定した物性に仕上げるのが可能であるといえる．そのため，真空調理，スチコン調理は，適切な加熱条件を設定することで，嚥下困難者用の許可基準を満たした物性に仕上げるのが期待される．

第 3 項では調味液添加時の真空調理の特性をとらえるために、1%の調味液をゆで水に添加したときの物性について、ジャガイモの‘メークイン’を用いて検討した。調理法は通常調理（Boil）または真空調理で行い、調味液は水、1%食塩水、1%砂糖水で比較した。

その結果、凝集性は調理方法、加熱時間による差は認められなかった。硬さは通常調理では差が認められなかった。一方、真空調理の40分間加熱時では食塩が最も硬く、次いで水、砂糖の順であり、食塩、砂糖間で有意な差が認められた（ $p<0.05$ ）。付着性は20分間加熱時で食塩添加により、通常調理に比べ真空調理において有意に高い値を示した（ $p<0.01$ ）。

これらのことから、真空調理では長時間の加熱（40分間）において1%調味液添加（食塩、砂糖）が食品の物性に影響することが明らかになった。真空調理は、適切な加熱時間を設定することで、嚥下困難者用の許可基準を満たした物性に仕上げるのが期待されるが、調味液の影響を考慮する必要性が示唆された。

総括

一般に，高齢者は筋力の低下や唾液分泌量の低下など身体的変化に伴って食べにくい食物が増加し，エネルギー摂取量の減少，野菜，果物の摂取量減少による食物繊維やビタミン C の摂取量減少が報告されている．高齢者にとって，食生活を充実させることは身体機能の低下を予防し，健康寿命を延ばし，高齢者の自立した生活につながると報告されている．

真空調理は，食材を調味液とともに真空包装後，加熱調理を行いチルド保存することから，栄養損失が少なく，衛生的で保存性もよく計画生産に適した調理法とされている．また調理時間や加熱温度の管理が容易であり，高齢者や嚥下困難者に適した料理を容易に提供することができ，単身世帯高齢者や咀嚼能力低下者の低栄養問題を予防する一助になると考えられる．

しかし，給食施設における真空調理の導入率は極めて低い．真空調理に関する既報では，いずれも，機能性成分，色において真空調理が通常調理（Boil）に比べ，より保持が高いという結果である．しかしながら，日本における報告例は少なく，理論的な裏付けがまだなされていない．また，物性については，2009年に厚生労働省から硬さ，付着性，凝集性を指標とする「えん下困難者用食品」の許可基準が示されて間もないことから，硬さは検討されているが，付着性，凝集性を含めて検討している研究は少ない．

そこで本研究では，嚙下に配慮した栄養素等の効率的摂取への真空調理の有用性について評価することを目的に，真空調理における加熱操作が植物性食品の栄養成分および物性（硬さ・付着性・凝集性）に及ぼす影響について検討した．

まず第 1 章では，真空調理における加熱操作が植物性食品の栄養成分に及ぼす影響について検討した．対象は，ジャガイモ（*Solanum tuberosum* L.）ならびにブロッコリー（*Brassica oleracea* var. *italica*）とした．

ジャガイモを対象とした理由は，主食となるイモ類では世界中でもっとも生産量が多い食材で，1 年を通して食されているからである．また，ビタミン C が多く含まれ，一度に食する量も多いことから，ビタミン C の給源として有用である．しかしながら，ジャガイモの加熱調理における品種間差をみた研究は少なく真空調理における品種間差をみた研究はほとんどない．以上のことから，ジャガイモの品種別（‘男爵’，‘メイクイン’，‘とうや’）にビタミン C，色差を検討し，真空調理での利用特性について考察した．その結果，固形 100 g 中のビタミン C 量はすべての加熱時間において真空調理が通常調理よりも有意に多く，真空調理のビタミン C 損失抑制効果の可能性が示唆された．品種間差では，固形 100 g 中のビタミン C 量は‘メイクイン’の 20 分 ($p < 0.01$)，30 分 ($p < 0.05$) 加熱時にスチコン調理が通常調理と比較して有意に高い値を示した．また，‘とうや’の 30 分 ($p < 0.01$)，40 分 ($p < 0.05$) 加熱時間においてスチコン調理と真空調理が通常調理と比較して有意に高い値を示した．経時変化で非加熱時と比べたところ，‘とうや’にお

いて通常調理 20 分，30 分，40 分加熱時に有意 ($p<0.01$) に低い値を示した。ゆで水中のビタミン C 量は‘男爵’，‘メークイン’，‘とうや’の 3 種のすべての加熱時間において通常調理が真空調理よりも高い値を示した。これらのことから，真空調理は品種に影響せず，ビタミン C を食品中に保持することが可能であるといえる。

さらに，真空調理における調味液添加がジャガイモのビタミン C に及ぼす影響について検討した。既報では，4% の食塩を添加して 7 分間煮沸した場合，真空調理は Boil の 2~3 倍のビタミン C が残存していることを明らかにされている。さらに調味料の種類や濃度の違いによって煮崩れの度合いや物性（破断強度，硬さ），デンプン溶出率が異なることが先に明らかにされている。また，遠藤ら（2012）は根菜類の食塩拡散過程の予測と適度な食塩濃度について検討しており，調味液の食塩濃度が 0.8~1.5% の範囲内であれば，試料内部の食塩濃度分布状態によらず適度な状態に制御可能であることを示している。そこで，本研究では 1% の調味液を用いて通常調理（Boil）と真空調理のビタミン C の変化を検討した。その結果，固形 100 g 中のビタミン C 量は 40 分間加熱時で水，食塩，砂糖添加のすべての条件において真空調理が通常調理よりも有意に高かった ($p<0.05$)。砂糖添加において，通常調理の 20 分間加熱ならび真空調理の 40 分間加熱時に水，食塩と比較し有意に高い値を示した ($p<0.05$)。

これらのことから，真空調理は通常調理に比べ 1% 調味液添加（食塩，砂糖）の有無に関わらずビタミン C を食品中に保持することが明らかになった。真空調理は，調味液添加時においても，栄養成分を保

持した食材に仕上げる事が期待される。

また、真空調理におけるブロッコリーの部位別ビタミン C 量を検討した。ブロッコリーは葉茎菜類に分類される緑黄色野菜である。葉茎菜類の調理による栄養成分損失はいも類より大きく、いも類の Boil でのビタミン C 残存率が 65% に対し、葉茎菜類は 45% である。したがって、ブロッコリーは真空調理の利用価値が高いと考えた。また、ブロッコリーの茎部分は廃棄されることが多い。そこで、廃棄資源の有効利用の観点から、ブロッコリーのビタミン C 量を部位別（花蕾、花茎、茎の内側、茎の外側）に検討した。未調理ブロッコリーの部位別ビタミン C 量は、花茎（120.1 mg/100g fr.wt）、茎の内側（98.2 mg/100g fr.wt）、花蕾（82.2 mg/100g fr.wt）、茎の外側（80.2 mg/100g fr.wt）の順で高かった。調理後の各試料のビタミン C 量は花蕾（通常 46.1 mg/100g fr.wt, 真空 79.2 mg/100g fr.wt）、花茎（通常 87.0 mg/100g fr.wt, 真空 114.9 mg/100g fr.wt）、茎の内側（通常 58.0 mg/100g fr.wt, 真空 76.2 mg/100g）、茎の外側（通常 39.9 mg/100g, 真空 55.4 mg/100g）であった。また、ビタミン C のゆで水への溶出量は真空調理では通常調理に比べて少なかった。以上のことから、真空調理による各試料のビタミン C 量は通常調理（Boil）に比べて高く、優位性が示された。

第 2 章では、真空調理における加熱操作がジャガイモ（*Solanum tuberosum* L.）の物性（硬さ・付着性・凝集性）に及ぼす影響について検討した。ジャガイモの品種別（‘男爵’、‘メイクイン’、‘とうや’）に物性（硬さ・付着性・凝集性）を検討し、真空調理での利用特性について考察した。その結果、‘男爵’において、通常調理では 15 分加

熱時から煮崩れが認められたが、真空調理では認められなかった。物性変化は、通常調理では加熱時間によって付着性、凝集性に有意な低下が認められたのに対し、真空調理では有意な変化はなかった。通常調理における品種間差では、‘男爵’は‘メイクイン’、‘とうや’より凝集性が高く、‘メイクイン’は‘とうや’よりも付着性が高く、‘とうや’は‘男爵’と‘メイクイン’よりやわらかい傾向が認められた。真空調理では、物性の品種間差がほとんど認められなかったため、品種に影響せず、より安定した物性を保つようコントロールしやすいと考えられた。

さらに、真空調理における調味液添加がジャガイモの物性（硬さ・付着性・凝集性）に及ぼす影響について検討した。既報では、調味料の種類や濃度の違いによって煮崩れの度合いや物性（破断強度、硬さ）、デンプン溶出率が異なることが示されている。本研究では1%の調味液を用いて通常調理（Boil）と真空調理の物性（硬さ、付着性、凝集性）の変化を検討した。その結果、硬さは通常調理では差が認められなかった。一方、真空調理の40分間加熱時では食塩が最も硬く、次いで水、砂糖の順であり、食塩、砂糖間で有意な差が認められた（ $p<0.05$ ）。付着性は20分間加熱時で食塩添加により、通常調理に比べ真空調理において有意に高い値を示した（ $p<0.01$ ）。以上より、真空調理では長時間の加熱（40分間）において1%調味液添加（食塩、砂糖）が食品の物性に影響することが明らかになった。

一方、真空調理を導入するコストが高いことも事実である。真空調理のための設備として真空フィルム、真空包装機器などが必要となる。

現在，大量調理の現場で多く使用されているスチームコンベクションオーブン（以下スチコン）は，一台で蒸す，焼くの調理ができる．それに対し，真空調理は煮物調理が主となり焼くことはできない．調理方法が限定されるのが，真空調理の欠点である．一方，スチコンでは調理後すぐに提供しなければならないが，真空調理はある程度の保存が可能なので，この保存期間が長いことを活かし，計画的な給食管理に使用することが望まれる．

本研究においてビタミン C の調理による減少は，加熱によるものではなく，ゆで水への溶出が強く影響していることが示唆され，ジャガイモにおいては品種間差があること，さらにブロッコリーにおいては真空包装前の表面殺菌により，ビタミン C が食品中に残存することが確認された点は新規性があると考えられる．調理による栄養分の損失を抑えることができる真空調理技術は，今後，食の細くなった高齢者や適正な量が食べられなくなった傷病者への利用が期待される．また，真空包装しているため，0～3℃で1週間の保存が可能であり，計画的に給食管理をすることも容易である．また，本研究において1%と比較的低濃度の調味液添加によりジャガイモの物性が変化することが明らかになった点は意義がある．今後，高齢者や傷病者への利用において，物性の変化を検討する上で貴重な基礎資料として重要であると考えられる．今後は，真空調理による栄養成分（残存量など）の変化を酵素学的側面からも詳細に調査し，真空調理の野菜への利用について科学的に評価する必要がある．

引用文献

饗庭照美, 上田敏子, 富田圭子, 田口邦子, 濱田明美, 康薔薇, 大谷貴美子. 2008. 視覚による高齢者の食物認識と食嗜好に関する調査. 日本調理科学会誌. **41**(1), 35-41.

AK. Thybo, HJ. Martens, OB. Lyshede. 1998. Texture and Microstructure of Steam Cooked, Vacuum Packed Potatoes, Journal of Food Science, **63**, 692-695.

Ankit Patras, Nigel P. Brunton, Francis Butler. 2010. Effect of water immersion and sous-vide processing on antioxidant activity, phenolic, carotenoid content and color of carrot disks. Journal of Food Processing and Preservation. **34**, 1009-1023.

Balraj Singh, Shivani Chaturvedi, Shweta Walia, Gitanjali Kaushik, Shailja Thakur. 2011. Antioxidant potential of broccoli stalk: a preliminary investigation. Mediterr J. Nutr. Metab. **4**, 227-230.

遠藤瑤子, 渥美恵理, 香西みどり. 2012. 根菜類の食塩拡散過程の予測と適度な食塩濃度の評価. 日本調理科学会誌. **45**, 422-428.

江頭文江, 栢下淳. 2007. 嚥下食ピラミッドによる嚥下食レシピ 125.

医歯薬出版. pp.14-15.

Gao-feng Yuan, Bo Sun, Jing Yuan, Qiao-mei Wang. 2009. Effect of different cooking methods on health-promoting compounds of broccoli. *Journal of Zhejiang University Science B*. **10**(8) , 580-588.

Gina L. Day, Roy E. Shore, William J. Blot, Joseph K. McLaughlin, Donald F. Austin, Raymond S. Greenberg, Jonathan M. Liff, Susan Preston - Martin, Soumitra Sarkar, Janet B. Schoenberg and Joseph F. Fraumeni Jr.. 1994. Dietary factors and second primary cancers: a follow-up of oral and pharyngeal cancer patients. *Nutr. Cancer* **21**, 223-232.

Harold McGee. 1984. *On Food and Cooking. The Science and Lore of the Kitchen* Scribner. Rev Upd 版 (ハロルド マギー. 香西みどり (監訳) 北山薫ら (訳)) 2008. マギーキッチンサイエンス—食材から食卓まで. 共立出版. pp268-279.

瀧上倫子. 2007. 野菜の加熱とペクチン質. *日本調理科学会誌*. **40**(1), 1-9.

古館明洋, 目黒孝司. 1997. 水煮バレイショの硬さ測定法. *北海道立農誌集報*. **73**, 35-39.

古館明洋，目黒孝司．2000．バレイショの食物繊維含量と水煮後の硬さの関係．日本家政学会誌．**51**(4)，331-334．

畑明美．1998．調理操作論新栄養士課程講座．調理学．建帛社，p. 72

肥後温子，寺本あい，富永暁子，井部奈生子．2013．スチームコンベクションオーブンの加熱モード別エネルギー消費量比較の試み．日本調理科学会誌 **46**(3)，221-230．

平田なつひ，田村朝子，木下伊規子．2007．真空調理ならびに通常調理における加熱操作が植物性食品・動物性食品の物性に及ぼす影響．中京女子大学研究紀要．**41**，85-96．

池田浩暢，藤瀬朋子，宮城一菜，茨木俊行，太田英明．2008．収穫時期がブロッコリーの呼吸速度，成分含量および品質に及ぼす影響．日本食品保蔵科学会誌．**34**(1)，3-9．

貝沼やす子．2008．真空調理法による粥調製方法の検討．日本家政学会誌．**59**(10)，825-835．

神山かおる．2009．高齢化に対応した食品の咀嚼・テクスチャー研究．

農業水産技術研究ジャーナル **32(5)**,39-43.

神田知子，有馬紗耶，藤本理瑛，中西美穂，小原友香梨，小切間美保．
2012．スチームコンベクションオーブン調理と真空調理による水溶性
ビタミン B₁・B₂・B₆・C の調理損失の比較～かぼちやの煮物について
～．日本給食経営管理学会誌． **6(2)**， 65-73.

金谷昭子． 2004．調理学．医歯薬出版． p. 46

金谷節子． 2003．人は口から食べられる間は，人としての品位と尊厳
を持って生きられる．日本味と匂学会誌． **10**， 197-206.

川上明子，佐々木弘子，菅原龍幸． 2006．きざみ食調製時における野
菜類のミネラル変化に関する研究．日本食生活学会誌． **17(2)**， 141-149.

Kishida Etsu, Maeda Tomoko, Nishihama Akiko, Kojo Shosuke, and
Matsuzawa Yasuo 2004. Effects of Seasonings on the Stability of Ascorbic
Acid in a Cooking Model System 1 *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **50** (6),
431-437.

岸田恵津，新田文，田中麻衣子． 2003．調理過程におけるジャガイモ
のビタミン C の量的変動—家庭科教科書におけるジャガイモの調理特
性に関する記載内容の検討とモデル実験によるビタミン C 量の再評価

一．兵庫教育大学研究紀要． **23**， 45-51．

厚生労働省医薬食品局食品安全部長． 2009． 特別用途食品の表示許可等について． 食安発第 0212001 号． 平成 21 年 2 月 12 日．

<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anken/hokenkinou/dl/28.pdf>(2013.12.4)

北野直子， 江藤ひろみ， 北野隆雄． 2009． 農村に居住する高齢者の口腔状態と食生活ならびに日常生活習慣との関連： 8020 達成者について． プライマリ・ケア． **32**(4)， 218-223．

北野直子， 江藤ひろみ， 北野隆雄． 2010． 熊本県一農山村に居住する高齢者の健康状態と食・生活習慣との関連について． 栄養学雑誌． **68**(2)， 78-86．

小島彩子， 佐藤陽子， 橋本洋子， 中西朋子， 梅垣俊三． 2010． 日本食品成分表の改訂に伴う野菜中の V.C 収載値の変動に対する分析法の影響． 栄養学雑誌． **68**(2)， 141-145．

香西みどり． 2002． 野菜の硬化とその機構． 日本調理科学会誌． **35**(4)， 387-392．

黒須泰行， 藤澤美知恵， 小川昭二郎． 2006． ブロッコリー中の部位別

ビタミン C 含量の分析．生活工学研究． 8(1), 84-89.

内場輝佳．1997．植物性食品の調理機能論 21世紀の調理学 4 食品調理機能学．建帛社．pp175-196.

Mikael Agerlin Petersen. 1993. Influence of sous vide processing, steaming and boiling on vitamin retention and sensory quality in broccoli florets. *Z Lebensm Unters Forsch.* 197(4), 375-380.

村田晃．1996．ビタミン C．ビタミンの事典．朝倉書店．pp354-387.

内藤文子，高橋節子，佐藤之紀，野口駿，内藤博，田中直義．1996．真空調理法がスルメイカの物性および食味特性におよぼす影響．日本家政学会誌 47(2), 153-159.

中川裕子，仲尾玲子．2010．色彩があらわす食品のおいしさへの影響—天然色素を添加した食品の色調による嗜好性評価—．山梨学院短期大学研究紀要 3, 1-6.

中道謹一．1989．ブロッコリーの鮮度保持に関する研究（第2報）品種，熟度，収穫部位等と内容成分及び貯蔵性との関係．香川県農業試験場研究報告．40, 12-24.

中村優，内野昌孝，佐藤広顕，高野克己．2009．ジャガイモの煮崩れに対する内在ポリガラクチュロナーゼの影響．日本食品科学工学会誌．**56(5)**，286-290．

日本摂食・嚥下リハビリテーション学会医療検討委員会．2013．日本摂食・嚥下リハビリテーション学会嚥下調整食分類2013．日摂食嚥下リハ会誌．**17(3)**，255-267．

大出京子，佐藤玲子，今野暁子．2009．真空調理によるジャガイモの食味向上について．尚絅学院大学紀要．**57**，1-6．

大石恭子，渋川祥子．2008．過熱水蒸気が焼成品の調理特性に与える影響—スポンジケーキの焙焼—．日本調理科学会誌．**41(1)**，18-25．

大羽和子．1988．貯蔵，切断および加熱調理に伴うジャガイモのビタミンC含量の変化．日本家政学会誌 **39(10)**，13-19．

大羽和子．1990．野菜の切断・放置，生食調理に伴うV.C量およびアスコルビン酸オキシダーゼ活性の変化．日本家政学会誌．**41(8)**，715-721．

大羽和子．1997．酵素調理学 21世紀の調理学 4 食品調理機能学．建帛社．pp168-170．

大羽和子. 2002. 食品成分の変化に関する酵素学的・調理科学的研究.
日本家政学会誌. **53**(9), 869-876.

Oba Kazuko, Fukui Mikiko, Imai Yasuko, Iriyama Sakura, Nogami Kyako. 1994. L-Galactono- γ -Lactone Dehydrogenase: Partial characterization, induction of activity and role in the synthesis of ascorbic acid in wounded white potato tuber tissue. *Plant Cell Physiol.* **35**(3), 473-478.

大羽和子, 山本淳子, 舟橋由美, 小原明子, 石井現相, 梅村芳樹. 1999.
ジャガイモ塊茎の生育および冷却貯蔵に伴うビタミンC量およびその合成酵素活性の変化. 日本調理科学会誌. **32**(2), 102-108.

大羽和子, 渡邊章子, 開元裕美, 戸本綾子, 森山三千江. 2011. 新鮮野菜および調理野菜の食する時点におけるビタミンC量. 日本食品科学工学会誌. **58**(10), 499-504.

西念幸江, 柴田圭子, 安原安代. 2003. 鶏肉の真空調理に関する研究 (第1報) 真空調理と茹で加熱した鶏肉の物性及び食味, 日本家政学会誌 **54**, 591-600.

西念幸江, 柴田圭子, 安原安代. 2003. 鶏肉の真空調理に関する研究

(第2報)チルド保存期間及び再加熱と鶏肉の物性,食味との関わり,
日本家政学会誌 54,867-878

佐藤広顕. 2005. ジャガイモの加工特性に及ぼす細胞分離性に関する
研究. 日本食品保蔵科学会誌. 31, 325-332.

佐藤広顕, 山崎雅夫, 高野克己. 2005. バレイショの加工特性と品種
および比重との関係. 日本食品保存科学会誌. 31, 155-160.

島田淳子, 下村道子. 1993. 調理科学講座 1 調理とおいしさの科学.
朝倉書店.

清水陽子, 梅國智子, 坂手誠治. 2014. 我が国の真空調理に関する研
究動向. 日本給食経営管理学会誌. 8(1), 3-11.

下村道子, 橋本慶子 1993. 調理科学講座 4 植物性食品Ⅱ. 朝倉書店.
pp 1-22.

生野世方子, 山内直樹, 芥田暁栄. 1991. 豆類の真空調理について.
調理科学. 24(2), 103-107.

酒向史代, 森悦子, 勝田啓子. 1996. 市販中国野菜のビタミンCおよ
びクロロフィルの加熱調理による変化. 日本調理科学会誌. 29(1),

39-44.

杉山寿美，廣田彩，金子努，石永正隆．2005．介護老人福祉施設の給食における調理システムの役割．日本食生活学会誌．**16(2)**，149-160

角田寛子．1960．調味料の L-Ascorbic Acid の酸化に及ぼす影響．中村学園大学研究紀要．**1**，80-82．

竹中真紀子．2012．食材の機能性に着目した調理加工，‘美味しく安全な食品’を目指す高付加価値化加工技術，日本食品工学会春季講演会／フォーラム 2012，11-13．

Takenaka M., Nakayama K., Isobe S. and Murata M. 2006. Changes in caffeic acid derivatives in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) during cooking and processing, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **70(1)**, 172-177

Takenaka M., Saotome I., Nakayama K. and Isobe S. 2009. Changes in Phenolic Compounds during Heating a Potato, *Nippon Shokuhin Kagaku Kougaku Kaishi*. **56(3)**, 171-176.

田村朝子．2008．真空調理が食材の物性，食味に及ぼす影響．食生活研究，**28(5)**，16-26．

田村朝子，加藤哲子，鈴木一憲，南江美子，佐々木舞，木下伊規子．
2003．大量調理における下処理の違いによるジャガイモの煮崩れの比較．日本調理科学会誌．**36**，51-57．

田村朝子，佐々木舞，木下伊規子，鈴木一憲．2006．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(5)**，296-301．

辻村卓，福田知子，小松原晴美．1990．食用植物におけるアスコルビン酸の酸化及び組織中ビタミン C の加熱残存量．ビタミン．**64(1)**，27-35．

土屋律子．2004．加熱調理に伴うジャガイモのビタミン C 含量の変化．北海道浅井学園大学生涯学習システム学部研究紀要．**4**，35-41．

丹羽悠輝，森山三千江，大羽和子．2007．真空調理に伴う植物性食品の抗酸化機能成分の変化．日本調理科学会誌．**40(4)**，257-265．

谷孝之．2006．真空調理ってなに？．柴田書店（東京）．pp 8-33．

戸田貞子，高松美穂，香西みどり，畑江敬子．2008．高齢者の口腔内状態の分類と野菜の食べやすさ，日本家政学会誌，**59**，969-978．

脇雅世．1989．真空調理法．調理科学．**22**(3)，190-195．

渡邊智子．2011．日本食品標準成分表の策定及び活用に関する研究．
栄養学雑誌．**69**(5)，214-228．

山崎貴子，伊藤直子，岩森大，堀田康雄，村山篤子．2008．低温スチーミング調理による植物性食品の成分と食味の変化．日本食生活学会誌．**19**(3)，193-201．

山崎民子．1980．メークイン種とその諸特性について．Obihiro Ohtani Junior College，**17**，25-29．

山本淳子，大羽和子．1999．カット野菜のビタミンC量およびその合成・酸化に関する酵素の活性．日本家政学会誌．**50**(10)，1015-1020

山本誠子，前田由美子，小宮山富美江．1996．梨もどき（酢煮じゃがいも）の調製に関する検討．日本調理科学会誌．**29**(4)，275-280．

山田晶子，杉山智美，渋谷祥子．2002．スチームコンベクションオーブンの加熱特性．日本家政学会誌 **53**(4),331-337．

吉村美紀，生野世万子，山内直樹．1993．真空調理されたジャガイモの品質について．日本食品低温保蔵学会誌．**19**(4)，173-177．

謝辞

本研究の遂行及び論文作成にあたり，終始ご懇篤なるご指導を賜りました熊本県立大学大学院環境共生学研究科白土英樹教授に深く感謝申し上げます．

また，本論文をまとめるのに際し，終始有益なご指導ならびにご鞭撻を頂きました松添直隆教授，北野直子准教授に厚く御礼申し上げます．

本研究の実施に際し，ご助言，ご助力をくださいました熊本県立大学大学院環境共生学研究科，熊本県立大学環境共生学部の先生方に心より感謝申し上げます．

本研究の遂行及び本論文の作成にあたり，常に温かく協力してくれました熊本県立大学大学院環境共生学研究科，熊本県立大学環境共生学部の皆様，そして本研究に携わったすべての方々に心より謝意を表します．

2015年 3月 31日