

真空調理食品の風味の変化に関する研究

河内 公恵 (管理栄養学科・教授)・大中 佳子 (管理栄養学科・准教授)
山口 真由 (管理栄養学科・講師)

緒言

真空調理とは食材を調味液とともに真空包装し、そのまま、もしくは必要により加熱調理を行う調理法である。もともとフランスの高級食材であるフォアグラを低温加熱するために開発された技術であるが、現在は日本の和食料亭やフランス料理店でも素材の食味を向上させる目的で様々な調理に導入されている。

真空調理では、①調味液の浸透が速い、②調味液が少量で味が均一になる、③煮崩れを起こしにくい、④調理時間が短縮されるなど、作業上の利点が多い点^{1,2}でも注目され、近年病院等の大量調理施設での利用も増加している。佐藤ら³が2006年に行ったアンケート調査によると、管理栄養士養成施設(62施設)で真空機器の保有率は61.3%と高く、給食管理実習などを通してこれらの利点が評価されていることから、今後は病院や高齢者施設などの大量調理施設での活用が広がっていくことが期待される。

真空調理に関しては、調味料の浸透度合い、嗜好性、食感の評価について報告されているが^{2,4,5}、真空調理による香りの変化についての報告は少ない。しかし、香りはおいしさに関与する重要な要素である。

そこで本研究では、分析対象を福祉施設、病院等の給食での利用頻度が高いメニューから選択し、真空調理による香り成分の変化と試食評価結果との対応を調べ、大量調理施設において真空調理を活用し、利用者により満足度の高い給食を提供するための一助となることを目的とした。

分析対象は、福祉施設、病院等での利用頻度が高いメニューから「りんごのコンポート」「キャベツ蒸し煮」「かぼちゃの煮物」とした。真空調理に向くメニューにフルーツコンポートが挙げられ、特に「りんごのコンポート」は既存の調理法にくらべ食味の評価が高いことが報告されている^{2,3,4,5}。また、「かぼちゃの煮物」は真空調理に関して食感等についての報告がある。キャベツについては、切断や加熱などに伴う細胞破壊により特徴香が生成されることから、真空調理での香り変化を調べることにした。

これら3種類のメニューで、(1)真空調理、スチームコンベクションオープン調理、鍋調理との比較、(2)真空度の影響、(3)加熱温度の影響、について調べた。

方法

1. りんごのコンポートでの真空調理、スチームコンベクションオープン調理、鍋調理の比較

1-1 試料調製方法

大量調理施設では、煮物に使用する調理機器としてスチームコンベクションオープンが多く用いられる。そこで、真空調理と比較するためスチームコンベクションオープンと鍋

での加熱を行った。また、大量調理施設でも供される缶詰のりんご、生のりんごも比較対照とした。実験条件を表1に示す。

表1 実験条件

試料名	95℃ ふた有	95℃ ふた無	真空調理	130℃ ふた有	130℃ ふた無	鍋	缶詰	生
加熱機器	スチームコンベクションオーブン					鍋	—	—
温度・ 時間	95℃	30分間		130℃	20分間	95℃ 30分間	—	—

りんご果実は、青森県産「ふじ」（1個約260g）を鎌倉市内の量販店から購入し、冷蔵庫で保存し実験に用いた。シロップは市販のグラニュー糖（日新製糖製）と水を用いて作成した。西念ら^{6,7}の報告を参考に、シロップ濃度は30%とした。シロップ量はりんご重量に対して25%、50%、100%で予備実験を行った結果、官能評価（分析型パネル7名による7段階採点法）で50%が最も食味が良好で、さらに缶詰のりんごと果肉の糖度が最も近かったことから、50%を採用した。

りんごは洗浄後、剥皮し、6分割後に除芯したものを試料とした。真空調理品は、真空包装用袋にりんごとシロップを加え、真空包装機（株式会社エフ・エム・アイ製、コンピュータ真空パックマシン、FV-330TTE）で真空包装した（図1）。真空度は99%とした。スチームコンベクションオーブン調理はステンレス容器にりんごとシロップを加えた（図2）。これらの各試料は表1の条件で加熱を行った。スチームコンベクションオーブンはfujimak製の電気式コンビオーブンFSCCWE61を使用した。加熱後はすぐに氷水中で冷却し、測定に供するまで密封して冷蔵庫で保存した。鍋加熱は、シロップ、りんごを鍋に入れ、湯せんで加熱した（図3）。加熱時間はシロップ温度が95℃に達してから30分間保持した。りんご缶詰は、株式会社明治屋製（国内産ふじ種使用）を用いた。



図1 真空包装



図2 ステンレス容器



図3 鍋加熱（湯せん）

1-2 測定項目及び方法

測定項目は色差、pH、香気成分、官能評価とした。

色差は、白色のまな板の上で、りんごの果肉に直角に色差計（ミノルタ株式会社製、DP-400）を接触させて、測定した。pHは、果肉をミキサーでペースト状にし、pHメーター（HORIBA製、F-52）を用いて測定した。

香気成分分析は、ヘッドスペースを固相マイクロ抽出法（SPME）で香気を捕集し、ガスクロマトグラフ質量分析計（GC-MS）により分析した。果肉一片の中心部分を1 cm角に切り出し、40mL容量のバイアル管に入れ、5℃で30分静置した。SPMEファイバー（Supelco社製、50/30 μmDVB/CAR/PDMS）をヘッドスペース中に5分間露出し、香気成分を捕集した後、GC-MS（島津製作所製、QP2010Plus）での分析に供した。

官能評価は、20代～50代の女性7名の分析型パネルにより、りんご缶詰を対照（評点0）とし、7段階採点法（-3～3）で評価した。評価項目は、外観の評価として「褐変の度合い」、「透明感の有無」の2項目とした。食べる前に鼻で嗅いだ香りの評価として、「香りの強さ」、「生りんごの香りの強さ」、「煮たりんご香りの強さ」、「綿菓子のような甘い香りの強さ」、「青っぽい香りの強さ」、「酸味を感じさせる香りの強さ」の6項目とした。食べたときの評価として、「甘みの強さ」、「酸味の強さ」、「食べたときに鼻から抜ける生りんごの香りの強さ」、「食べたときに鼻から抜ける煮りんごの香りの強さ」、「りんごの軟らかさ」の5項目とした。嗜好の評価として、「総合的な好み」、「香りの好み」、「味の好み」、「食感の好み」の4項目とした。本研究は、鎌倉女子大学研究倫理委員会にて承認（承認番号:鎌倫-16023）を受けた。

統計解析は、官能評価の試料間の差の検定には、Friedman検定と多重比較を行った。色差の測定値の試料間の差の検定は、Kruskal-Wallisの検定と多重比較を行った。

2. りんごのコンポート、キャベツ蒸し煮、かぼちゃの煮物での真空度の影響

2-1 試料調製方法

調理現場では食材の崩れやすさ等を考慮して真空度を設定することから、真空度の風味への影響を確認した。真空度を99、80、50%、および常圧の4水準として比較した。実験条件を表2に示す。

表2 実験条件

加熱時の容器	真空度、蓋の有無	真空度
真空調理用の袋	真空度99%	5 mbar
	真空度80%	200 mbar
	真空度50%	500 mbar
	常圧包装	—
ステンレス容器	蓋有り	—
	蓋無し	—

りんごのコンポートは前述と同様に調整した。キャベツは神奈川県産の中早生キャベツと群馬県産の高原キャベツを用い、外葉を除き、上部を6分割した。キャベツ重量に対して食塩0.55%、水10%を加えた。かぼちゃは沖縄県産の西洋かぼちゃを用い、皮付きで25

×25×20mmに切り、かぼちゃ重量に対してグラニュー糖4.2%、食塩0.7%、水20%を加えた。

表2の条件で容器にいった後、スチームコンベクションオーブンで95℃、30分間加熱した。加熱後は直ちに氷水で冷却し、測定に供するまで密封して冷蔵庫で保存した。加熱後の試料外観を図1-3に示す。

2-2 測定項目および方法

測定項目は加熱調理時の香気成分、試料中心温度、かたさとした。香気成分分析の方法は前述の通りとした。

試料中心温度の測定は、試料中心に温度測定用センサー（安立計器、SE617071、25mm）が位置するように調節をし、温度測定用ロガー（佐藤計量器製作所、SK-L400T）で加熱開始から加熱終了の間、10秒間隔で記録した。

試料のかたさはりんごのコンポートについて測定した。果肉一片の中心部分を17.5mmのコルクボーラーでくり抜いたものを10mm高さに切り出し、テクスチャーアナライザー（Stable Micro Systems社、TA.XT.plus）を用いて測定した。



図1 真空度99%

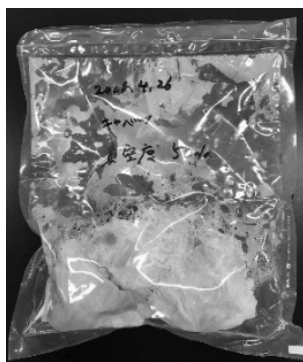


図2 真空度50%

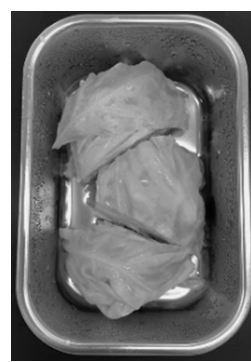


図3 ステンレス容器

3. キャベツ蒸し煮での加熱温度の影響

3-1 試料調製方法

キャベツに対して水10%と食塩0.55%を加え真空度99%で真空包装し、スチームコンベクションオーブンで40、50、70、95℃で30分間加熱した。

3-2 測定項目および方法

測定項目は加熱調理時の試料中心温度、香気成分とした。試料中心温度、香気成分分析の方法は前述の通りとした。

結果および考察

1. りんごのコンポートでの真空調理、スチームコンベクションオーブン調理、鍋調理の比較

1-1 色差、pH

色差では、**L** 値（明度）と **b** 値（青～黄）で、生りんごが最も高く、真空調理が最も低い値を示した。真空調理品の **a** 値（緑～赤）は生りんごについて低い値であった。真空調理品は他の加熱品と比較して褐変度合いが低く、脱気したことで乱反射がなくなり透明感がでたために、これらの値が低くなったと推察された。

pH は缶詰は3.69、加熱調理品は概ね4.1付近を示した。

1-2 香気成分

各試料のトータルイオンクロマトグラムを図4に示す。真空調理は、生りんごに次ぎ、全体的にピーク面積が高値を示した。特に、真空調理では保持時間が短い低分子の化合物が、他の加熱条件と比較し残存する傾向がみられた。他の加熱条件を比較すると、95℃ふた有が他よりピークが高かった。このことから、加熱温度が高いと香気成分は失われやすく、試料の密閉度が高いと香気成分の残存が多くなると考えられた。

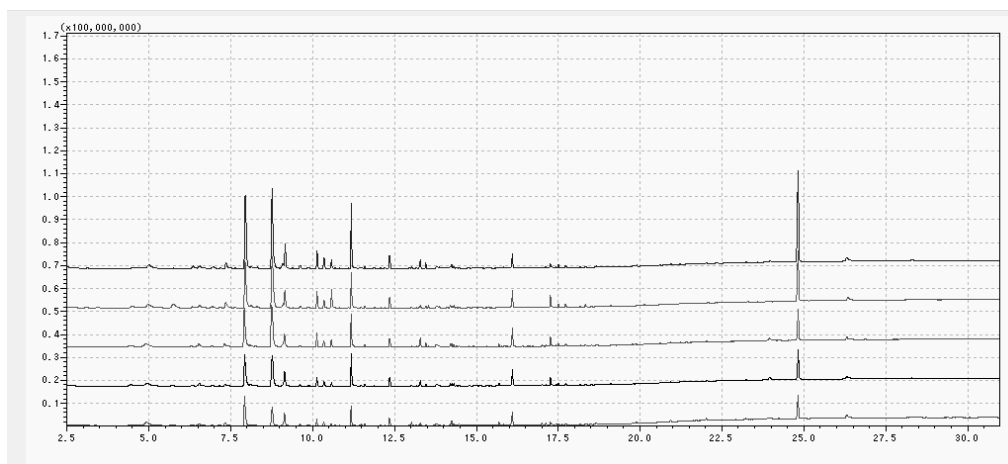


図4 香気成分分析結果（トータルイオンクロマトグラム）

上から真空調理、95℃ふた有、95℃ふた無、130℃ふた有、130℃ふた無

1-3 官能評価

香りに関する項目では、「香りの強さ」、「食べたときに鼻から抜ける生りんごの香りの強さ」において有意差がみられ、いずれも真空調理品が強いと評価された。また、「食べたときに鼻から抜ける生りんごの香りの強さ」に関して、真空調理品、95℃30分ふた有、130℃20分ふた有では有意差がなく、真空パックおよびふたにより食べたときに鼻から抜ける生りんごの香気成分要因の逃げを防いだと推測された。外観の評価では、真空調理品は褐変度合いが最も低く、透明度が最も高いと評価された。よって真空調理は褐変が抑制されることが示唆された。嗜好項目では、「香りの好み」で有意差がみられ、真空調理品で高く評価された。この評価結果から、「香りの強さ」および「食べたときに鼻から抜ける生りんごの香りの強さ」が香りにおける嗜好性に影響していると考えられた。

2. りんごのコンポート、キャベツ蒸し煮、かぼちゃの煮物での真空度の影響

2-1 加熱時の中心温度

スチームコンベクションオープン加熱では速く温度が上昇し、次いで真空度99%の温度上昇が速かった（図5）。真空度が低いものは内部の空気が膨張し温度の上昇が遅くなった。この傾向は、キャベツ、りんご、かぼちゃで共通であった。

2-2 香気成分

キャベツ蒸し煮、りんごのコンポート、かぼちゃ煮物の真空度99%のトータルイオンクロマトグラムを図6に示す。キャベツ、りんごは香気成分のピークが十分に大きく、香気成分分析で実験条件による違いが認められた。一方、かぼちゃの香気成分分析では試料間の違いがほとんどみられなかった。

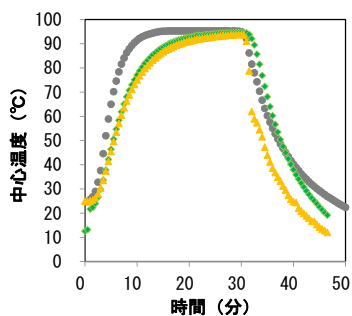


図5 かぼちゃ煮の加熱および冷却時の中心温度の変化
上からスチームコンベクションオープン（蓋有り）、真空度99%、真空度50%

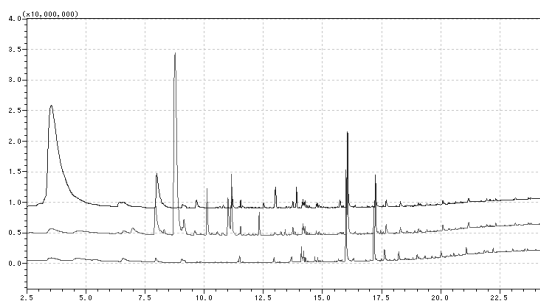


図6 真空度99%の香気成分分析結果（トータルイオンクロマトグラム）
上からキャベツ、りんご、かぼちゃ

りんごのコンポートでは、真空度99%はりんごの特徴的な香りである **Hexyl acetate**（フレッシュなグリーン感）や、**Butyl acetate**、**2-Methylbutyl acetate**（軽さと甘さのある新鮮感）が多い傾向で、保持時間前半の多くのエステル類の値が高かった。これらの成分は真空度が低いものや、スチームコンベクションオープン加熱で減少していた。

キャベツ蒸し煮では、調理臭である **Dimethyl sulfide**（硫黄臭）は真空度99%で多い傾向にあった。酵素反応により生成されるキャベツの特徴香である **Allyl Isothiocyanate**（辛味成分）、**(Z)-3-Hexen-1-ol**、**(Z)-3-Hexen-1-ol acetate**（グリーン）は真空度が低いものが高値を示した。これは真空度が低いものは温度上昇が遅いため、酵素活性が高まる温度帯により長く留まったことが理由として考えられた。

2-3 かたさ

りんごのコンポートで試料のかたさを測定したところ、真空度99%が最もかたかった。真空度が低くなるにつれ軟化する傾向があり、スチームコンベクションオーブン加熱が最もやわらかかった。

3. キャベツ蒸し煮での加熱温度の影響

図7にトータルイオンクロマトグラムを示す。未加熱と40、50°Cで ethanol (①)、40、50°Cで青草臭の (Z)-3-hexen-1-ol (②)、70°Cで辛味成分の isothiocyanate 類 (③)、95°Cで加熱臭の dimethyl sulfide (④) が多かった。

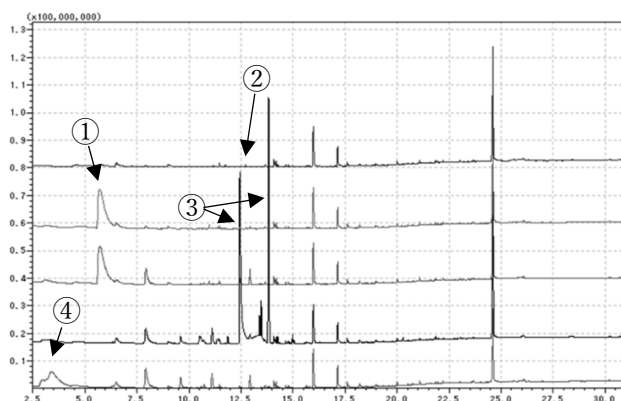


図7 香気成分分析結果（トータルイオンクロマトグラム）
上から生キャベツ、加熱温度40°C、50°C、70°C、95°C

結語

本研究では、りんごのコンポート、キャベツ蒸し煮、かぼちゃの煮物の3種類で、香気成分を中心に真空調理品の特性を調べた。りんごのコンポートの場合は、スチームコンベクションオーブン調理に比べて真空調理品はかたく、褐変が少なく、りんごの香気成分の残存量が多く、官能的にも香り、特に生リンゴの香りが強かった。

キャベツの蒸し煮では、加熱により調理臭、辛味成分などが生成されたが、真空調理では加熱温度が高いほど調理臭が強くなり、辛味成分は70°Cでの加熱で最も多く生成された。真空度の違いによる香気成分の違いが見られたが、これは真空度の違いにより温度上昇速度が異なることが原因と考えられた。

以上のことより、真空調理品は密閉状態であるためスチームコンベクションオーブンの従来法に比べて香気成分が保持され、その香りは真空度、加熱温度により影響を受けることが明らかになった。

付記

本研究の内容は、日本調理科学会平成29年度大会（2017）、日本食品科学工学会平成30年度関東支部大会（2018）、日本食品科学工学会第65回大会（2018）、日本食品科学工学会平成31年度関東支部大会（2019）において発表した。

引用文献

- 1 速水佐知子、柳沢幸江、真空調理における調味料の浸透性に関する研究、和洋女子大学紀要第50集、31-40（2010）
- 2 後藤昌弘、彼末富貴、西村公雄、中井秀了、ランダム・セントロイド最適化法を用いた真空調理によるリンゴコンポートの最適調理条件の決定、日本家政学会誌51（6）、521-525（2000）
- 3 佐藤玲子、大出京子、今野暁子、真空調理に関するアンケート調査、尚絅学院大学紀要第57集、181-188（2009）
- 4 坂本薫、森井沙衣子、澤村弘美、災害時の食事に関する検討—野菜・果物摂取およびビタミンCの確保における真空調理の有効性と献立への応用—、兵庫県立大学環境人間学部 研究報告第15号、61-71（2013）
- 5 佐藤恵、渡辺いつみ、熊井さとみ、藤本真奈美、嶋原正世、真空調理活用に向けての取り組み—官能評価による実験・検証—、光塩学園女子短期大学紀要（11）、65-72（2010）
- 6 西念幸江、小澤啓子、棚橋伸子、峯木真知子、真空調理によるりんごコンポート（未加熱）の調製、東京医療保健大学紀要第1号、17-23（2006）
- 7 西念幸江、小澤啓子、棚橋伸子、峯木真知子、真空調理によるりんごコンポート（加熱・凍結）の調製、日本家政学会要旨集（2008）