

【論文】

真空調理における調味料の浸透性に関する研究

速水佐知子 柳沢幸江

Permeation characteristics of Seasoning by Vacuum Cooking

Sachiko HAYAMIZU and Yukie YANAGISAWA

緒言

真空調理は食材と調味料を真空包装し、そのフィルム内で加熱処理をすることにより、フィルム内で料理が完成される1970年代に始まった新しい調理法である。

真空調理による料理の特徴は調味料が均一にしみ込み、少量で調味ができ¹⁾、0～3℃で約1週間の保存がきく²⁾、マリネは短時間で調味料が食材の内部まで浸透する³⁾、調理法のマニュアル化が可能⁴⁾、等の利点があるとされている。

真空調理の報告は、当初調理条件の違いが物性に及ぼす影響の検討がされ始め、それらは主に動物性食品を対象としたものであり、その中でも鶏肉を取り上げるケースが多く報告されている^{5~12)}。また細菌学的観点の研究もされ、一次加熱時の加熱温度や保存期間の検討、そして提供時における再加熱の重要性が報告されている¹³⁾。植物性食品は対象が多岐にわたり、それらの最適調理条件の検討や成分変化の面から品質を評価した研究が報告され^{14~22)}、また真空調理を用いると通常の調理に比べて煮崩れを起こしにくいことや、調味料をしみ込ませる料理に向いていることも報告されている^{23~25)}。しかし、味の浸透性に関する研究は官能検査を用いての比較にとどまっており、定量的に真空調理の特性を示した報告はされていない。

そこで本研究では日本の家庭料理として使用頻度が高く、加熱料理での用途が広い大根と調味料は食塩を用いて真空調理時と常圧調理時における大根内部の食塩濃度の比較から調味料の浸透性を比較することを目的とした。また試料を予め加熱しておくことで、調味料の浸透性が高くなることから、本研究では予備加熱済み試料と生試料の双方を用いて、真空調理の特性を検討した。さらに、異なる濃度の食塩水を用いて調理した場合、食塩水濃度の高低差があっても食塩浸透の傾向に共通点が認められるか検討した。

実験材料および方法

1. 試料

実験当日の朝、千葉縣市川市内で北海道産の青首大根を購入して用いた。

2. 試料調整

試料は生試料を用いて調理する方法とあらかじめ予備加熱をして用いる場合の2方法を行った。生試料は大根上部の青い部分と下部10cmを除いた残りの部分を輪切りにし、その輪切りの維管束内を内径2.0cmのコルクボーラーでくり抜き、高さ2.0cmに調整した。

予備加熱済み試料は大根の葉を切り落とし、皮つきのまま蒸籠内で60分間加熱をした。加熱が不十分

の場合は、竹串がささるまで延長した。蒸籠から取り出した大根はラップ及びビニール袋で包み、氷水で常温になるまで冷却した。冷却後は生試料と同様に調整した。

3. 調味液の調整

食塩濃度の設定においては、調味料の均一な浸透性を定量的に明らかにするために塩分濃度を高くした。真空調理は醤油をだし汁等で希釈することが少ないため、比較的高濃度の食塩濃度を用いて調理を行う場合が多い。そこで今回は、醤油の塩分濃度に相当する15%濃度を用い、加えて5%濃度と合わせて2種類の内容で実験を行った。また食塩は日本薬局方 塩化ナトリウム特級使用。

4. 加熱調理方法

①真空調理は、試料大根5個とその1.5倍重量の食塩水を入れて、真空包装機TOSPACK V-307G II（東静電気製）で60秒間真空包装（真空度98%以上）した。フィルムは真空調理用フィルム（ダイアミロン製 LOT NO.F215XJ0 250×350mm使用）を用いた。次に常温で5分間放置した後に95℃の恒温槽（TT-350 東静電気製使用）内で5、10、15、30および60分間加熱調理をした。なお、加熱なし（0分）も行った。加熱後に取り出した試料は、重量を測定し調理後の重量変化を求めた。さらに試料大根5個のうち3個は物性測定に用い、2個はそれぞれ上下部0.25cmずつ切り、中心部分を内径1.45cmのコルクボーラーでくり抜き、外側試料と内側試料とに分け食塩濃度測定に用いた。

②常圧調理は通常の鍋調理を行うと水分の蒸発があるため、今回は市販のポリ袋（低密度ポリエチレン厚さ0.02mm、外形180×250mm）を用いた。真空調理と同様に試料と食塩水をポリ袋内に入れたら袋の空気をぬき、口を結んだ。以下、真空調理と同様に調理した。予備加熱済み試料を用いた実験では加熱時間を30分間までとした。

5. 内部温度測定方法

真空調理法は試料大根5個とその1.5倍重量の蒸留水を真空調理用フィルムに入れ、真空包装機で60秒間真空包装（真空度98%以上）した。95℃の恒温槽内で加熱開始後30分間までは1分ごとに温度を記録、それ以降は5分ごとに加熱後60分まで記録した。大根の中心温度は試料の高さおよび幅とも中心に位置するように熱伝対温度計（YOKOGAWA製 TM21使用）の温度プローブを挿して測定した。真空調理は真空状態を保つため、真空包装用フィルムの上に真空保持テープ（東静電気製）を貼り、そのテープの上から温度プローブの先端を挿した。常圧調理は市販のポリ袋を用い、真空調理と同様に試料と蒸留水を入れたら袋の上部に空気がなくなる様にして口を結び、熱伝対温度計の温度プローブを大根の中心に挿して温度を記録した。この場合も袋内の状態維持のため、真空保持テープを使用した。

6. 食塩濃度測定方法

測定は試料重量の4倍量の蒸留水と共に15,000rpmで1分間ホモジナイズ（広沢鉄工所製 HIGH POWER HOMOGENIZER使用）し、その後遠心分離機（久保田製作所製 KS-5000P使用）で4000rpm 5分間遠心分離した。上澄液2mlを蒸留水で15倍希釈し、イオンメーター（堀場製作所製 F-53 Cl⁻電極使用）でCl⁻イオン濃度の測定をした。同時に調理前の大根中のCl⁻イオン濃度も測定し、この値（0.175±0.111%）を差し引くことで調理による食塩の浸透量を求めた。

7. 物性測定方法

測定にはテクスチャーアナライザー（Stable Micro Systems製）を用いた。測定条件は直径5.0mmの円柱プランジャーを使用し、圧縮スピード：10mm/sec、圧縮率：80%とし、破断応力を求めた。

結果および考察

1. 中心温度履歴

60分加熱時の試料の中心温度履歴を図1に示した。真空調理および常圧調理の中心温度履歴が加熱後8分で90℃に達し、14分で安定した。真空調理と常圧調理は同じ温度履歴であることから、今回の常圧調理程度の残存空気では温度上昇に影響していないことがわかった。

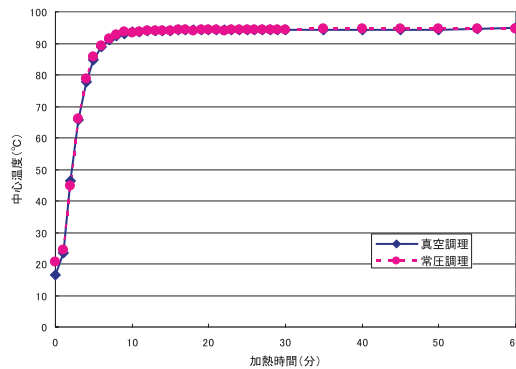


図1 真空調理と常圧調理の試料中心温度履歴

2. 重量変化

15%食塩水で生試料を調理した時の重量変化の測定結果を図2に示した。0分において真空調理の重量減少はほとんどなく、その後の加熱調理時間が長くなるにつれて真空調理の重量減少は大きくなった。0分時の真空調理と常圧調理の差は加熱時間15分までは維持され、全体の傾向として真空調理の方が減少しにくいと示されたことから、目減りを防げると言える。

5%食塩水で生試料を調理した場合、15%食塩水に比べて真空調理と常圧調理の差が小さく、0分時のみ真空調理が減少しにくいと示されたが、以降はほぼ同じであった。

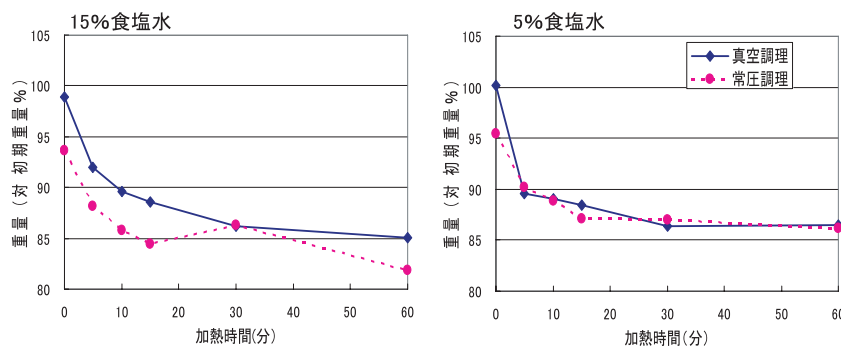


図2 生試料における調理後の重量変化 平均値 (n=2)

3. 食塩の浸透性

生試料を15%・5%食塩水で真空調理・常圧調理を行った時の食塩濃度の結果を図3に示した。15%食塩液で調理した場合、0分・5分は真空調理と常圧調理の試料間の食塩濃度に差がなかったが、その後真空調理の食塩濃度が急速に増加し、15分・30分では真空調理の方が常圧調理より有意に高くなり、その後加熱60分で再び両者の差がなくなった。一方、5%食塩液で調理した場合は加熱開始から30分まではゆるやかに食塩濃度が高くなっていったが、それ以降は変化がほとんどなかった。また真空調理・常圧調理間に差は認められなかった。

予め加熱した試料を用いた場合、15%食塩液の真空調理・常圧調理の食塩濃度は経過時間とともに少しずつ高くなっていったが、いずれの時間においても両者間に食塩濃度の差は認められなかった。一方、5%食塩液で調理した場合は0分時の常圧調理で食塩が有意に多く浸透していたが、以後加熱を続けても差は認められなかった。

内部温度および破断応力の変化が加熱30分でほぼ完了し、また煮物としてちょうど良い軟らかさであったことから、加熱30分時の食塩浸透性の測定結果を図4に示した。15%食塩水で生試料を調理した時の食塩濃度は、真空調理の方が有意に高かった。予備加熱済み試料は真空調理・常圧調理間に差が認められなかった。また、この時に浸透した食塩量は生試料を真空調理した時と、予備加熱済み試料を真空調理および常圧調理した時の3点がほぼ等しかった。つまり15%食塩水使用時の真空調理は生試料を用いても予備加熱済み試料と同じくらい食塩浸透性が高く、常圧調理の場合は予め試料を加熱することで真空調理をした場合と同じレベルまで食塩が浸透するようになることが示された。真空包装によりフィルム内および試料の細胞内の空気を98%以上抜くことができ、同時に細胞の半透性も弱まったと思われる。15%の高濃度食塩水および加熱の影響により、細胞の半透性は完全に失われ、食塩水が試料内を自由に移動しやすくなり、結果として真空調理を行うことで試料の食塩濃度が高くなったのではないだろうか。5%食塩水で生試料を真空調理・常圧調理すると、15%食塩水使用時のような有意な差はなくなり、5%食塩水では調理法や試料の違いが食塩の浸透性に有意差は生じないと示された。

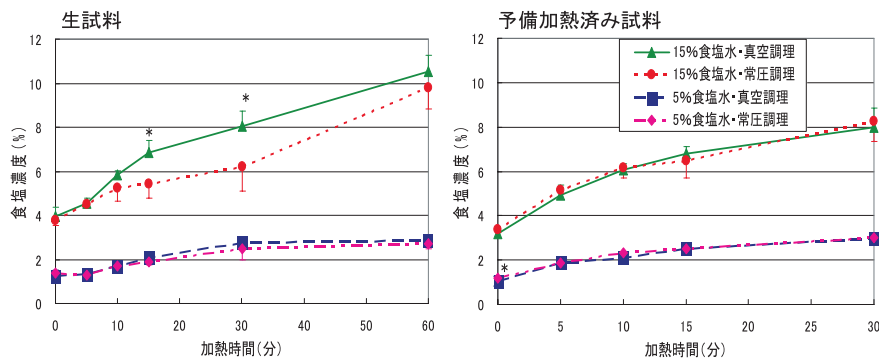


図3 真空調理と常圧調理での食塩浸透性の比較 平均値、SD (n=4) * : p<0.05

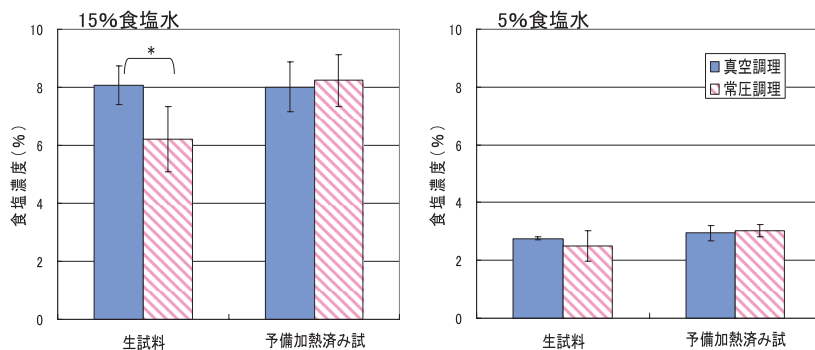


図4 加熱30分時における食塩浸透性の比較 平均値 (n=4) * : p<0.05

4. 内外部の食塩浸透 (生試料)

図4で示したように、加熱30分時の試料全体の食塩濃度は15%食塩水使用時には真空調理の方が常圧調理より有意に食塩濃度が高いものの、5%食塩水使用時は両者間に有意の差が認められなかった。そこ

でその詳細を検討するため、図5に示すように試料の内外部の浸透性を分析することにした。試料を内外部に分けると、加熱30分時の外部の食塩濃度は真空調理の方が高く、内部においても有意に真空調理の方が高かった。5%食塩水で調理した場合も、試料全体としては真空調理と常圧調理間に有意の差は認められなかったが、試料を内外部に分けて比較すると、真空調理した試料の内部には常圧調理より有意に食塩が浸透していた。また加熱時間の経過とともに試料外部と内部の食塩濃度差が小さくなっており、常圧調理と同様に真空調理も食塩の浸透拡散方向は外部から内部であることが示された。

よって、真空調理は生の食材であっても内部まで食塩が浸透しやすいため、通常の鍋で行う煮物調理のような味をしみ込ませる料理に向いていることが推測される。

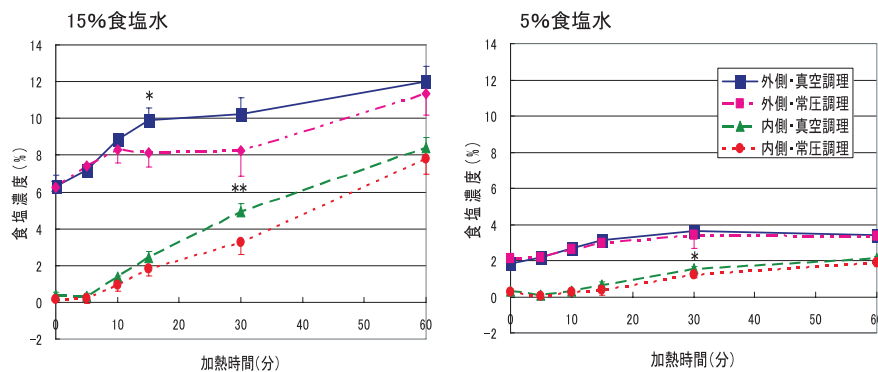


図5 生試料の内外部における食塩濃度の経時変化 平均値、SD (n=4) * : p<0.05 ** : p<0.01

5. 生試料に対する予備加熱済み試料の食塩浸透性

生試料に対する予備加熱済み試料の食塩浸透性の変化を比較した。図6に15%食塩水で真空調理・常圧調理を行った時の変化を示した。グラフ縦軸の変化率とは、生試料に対し予備加熱済み試料を用いた時の試料中の食塩濃度変化を示したものである。

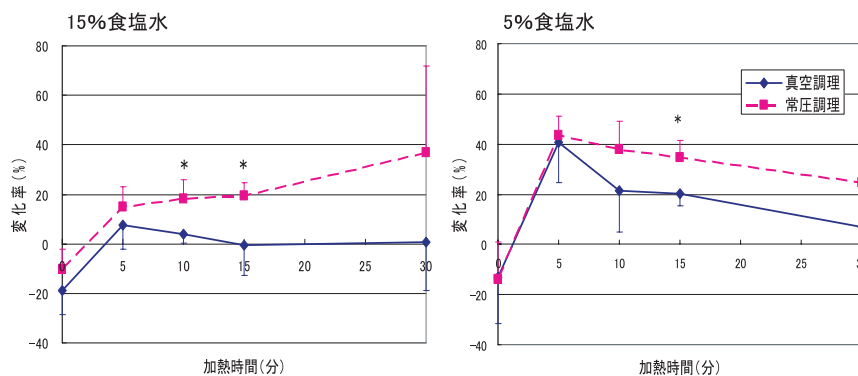


図6 生試料に対する予備加熱済み試料の食塩浸透性の比較 平均値、SD (n=4) * : p<0.05

$$\text{変化率} = (\text{予備加熱済み試料の食塩濃度} - \text{生試料の食塩濃度}) / \text{生試料の食塩濃度} \times 100$$

結果がマイナス側だと生試料が、プラス側だと予備加熱済み試料の方が高濃度である。真空調理・常圧調理とも0分時にマイナス側であったが、加熱5分からは両者ともプラスに転じ、予備加熱済み試料の方が食塩の浸透が早いことが示された。しかし、真空調理は10分で再び低くなり、その後は変化がなく一定であり、予備加熱済み試料を用いることによる浸透性の効果は示されていない。常圧調理は経過時間と

ともに高くなり、10分・15分では真空調理・常圧調理に有意の差があった。5%食塩水の場合も15%食塩水の場合と同様に、真空調理・常圧調理とも0分時にマイナス側であったが、加熱5分からは両者ともプラスに転じ、予備加熱済み試料の方が食塩の浸透が早いことが示された。しかし、両者とも10分で再び低くなり、その後も緩やかに下がった。15分では真空調理・常圧調理に有意の差があった。実験では15%食塩水の10分・15分時および5%食塩水の15分時において真空調理の方が有意に変化率が小さくなっていったことから、真空包装によりフィルム内および試料の細胞内の空気を98%以上抜くことができ、同時に細胞内の半透性も弱まったため、予備加熱した場合と同様の浸透性の効果が得られたものと考えられる。

以上の結果より、真空調理は食材を予め加熱をして食塩の浸透性を高める必要がないので、調理効率がよい調理法であることが示唆された。

6. 物性の比較

生試料を真空調理・常圧調理した時の破断応力の結果を図7、15%食塩水で30分加熱時の試料の外観を図8に示した。15%食塩水を用いた場合、真空調理・常圧調理ともに破断応力は15分までに急速に小さくなっていき、その後15分・60分間では大きな変化が見られなかった。いずれの時間にも有意な差は認められなかった。しかし真空調理時の試料の輪郭は直線的であるが、常圧調理時には輪郭が丸くなっており、外観は真空調理の方が常圧調理よりも煮崩れしにくいことが示された。5%食塩水を用いた場合、真空調理の破断応力は経過時間とともに小さくなっていき、特に5分から15分にかけての変化は大きかつ

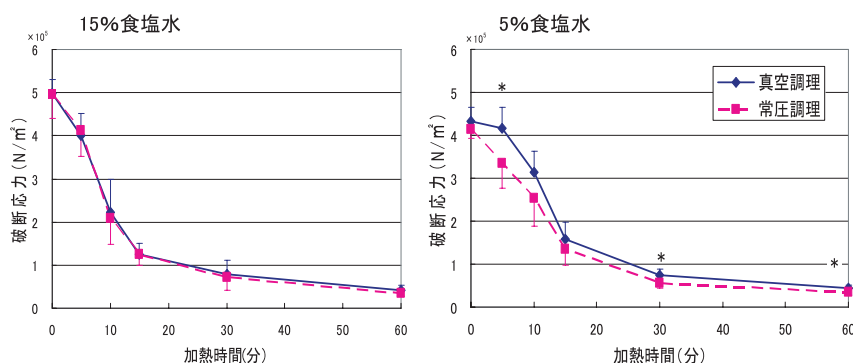


図7 生試料の加熱による破断応力の変化 平均値、SD (n=6) * : p<0.05



左：真空調理 右：常圧調理

図8 生試料の加熱30分時の外観 (15%食塩水)

た。常圧調理の破断応力は0分から15分にかけて急速に小さくなり、30分・60分間の変化は徐々に小さくなる程度であった。真空調理の破断応力は常圧調理に比べて高く、5分・30分・60分で有意差が認められた。

15%または5%の高濃度食塩水で調理しているため、それによる細胞の変化と加熱温度による影響が考えられる。植物性細胞の軟化は、ペクチンが80℃以上の加熱により急激に β 脱離反応を起こし低分子化することが軟化の原因と考えられており、加熱温度が高いほど軟化は短時間で起こる²⁶⁾。今回は加熱温度が95℃の高温加熱であるため中心温度が短時間で高温まで上昇しやすく、細胞の軟化が起こりやすかったと考えられる。よって加熱初期である最初の15分間は破断応力の変化も非常に大きかった。その後30分・60分間でほとんど変化がないことから、加熱による破断応力の低下は30分でほぼ完了すると言える。常圧調理は煮崩れも起こり、好ましい仕上がりではなかったが、真空調理は30分間の加熱で煮物としてちょうど良い軟らかさであり、且つ煮崩れの無い仕上がりであった。真空調理は試料にフィルムが密着することで試料の位置が固定され、試料同士が激しくぶつかり合わなくなり、煮崩れの防止になっていると思われる。以上のことから、テクスチャー面および仕上がりの良さからも、真空調理で煮物を作ることは有用であると言える。

要約

真空調理と常圧調理における食塩の浸透性を比較し、真空調理における特性を明らかにすることを本研究の目的とした。試料は生および加熱済み大根を用い、加熱調理後の重量変化、内外部の食塩浸透量を測定して分析した。調味液は食塩水を15%と5%に調整して用いた。また物性についても検討した。

食品を食塩で調味する際、脱水や軟化による目減りは避けられない。醤油原液と同じ15%濃度の食塩水で60分間の加熱調理をする場合は、より脱水を起こしやすい状況にあるが、真空調理は通常の調理よりも目減りを防ぐ効果があることが示された。

食塩の浸透性については、生試料を15%食塩水で30分間加熱調理した場合、真空調理の方が常圧調理よりも浸透した食塩量が多かった。そこで試料を内外部に分けて食塩濃度を分析した結果、真空調理の方が外部および内部の食塩濃度が常圧調理よりも有意に高く、真空調理による食塩の浸透性の高さが認められた。一方、5%食塩水で調理をすると、試料中の食塩濃度は真空調理と常圧調理間に差が認められなかったが、真空調理時の試料内部の浸透性の高さは、15%食塩水と同様に5%食塩水の場合でも示された。真空包装により細胞内の空気が抜けることで細胞の半透性が低下したため、生試料であっても、予め加熱したのと同じくらい食塩浸透性が高くなったと思われる。よって真空調理を用いると食材が生であっても、食塩が食材の内部まで浸透しやすいため、調理効率が良い調理方法だと言える。

破断応力の結果より、加熱完了時期と考えられる加熱30分で煮物として適当なテクスチャーになっても、真空調理は煮崩れがほとんどみられなかった。よって真空調理で煮物を作ることは有用であると言える。これは真空包装用フィルムが試料に密着していることで、試料の位置が固定され、試料同士がぶつかり合わなくなることが煮崩れ防止につながっていると推察される。

以上のことから真空調理は通常の煮物調理よりも調理時の目減りや煮崩れを防ぐことができ、味の浸透性が良く、調味料のロスが少ない調理法であることが示された。

文献

- 1) 中島けい子. うま味、歩留まり、保存期間等の面で利点期待できる「真空低温調理」。ミートジャー

- ナル. 1997, 34 (2), p.38-45.
- 2) 窪田清. 真空調理法のすべて. 食品工業. 1992, 35 (5), p46-51.
 - 3) 谷孝之. なぜ真空調理なのか. 食品工業. 1992, 35 (7), p34-37.
 - 4) 金井恵美子. 真空調理, 食品衛生学雑誌. 1997, 38 (6), p356.
 - 5) Sato, Yukinori ; Noguchi, Shun ; Takahashi, Setsuko ; Niuto, Fumiko ; Naito, Hiroshi ; Tadayoshi, Tanaka. Temperature Dependency of the Physical Properties of Chicken White Muscle in Relation to Proton Relaxation after Vacuum Cooking. 日本家政学会誌1993, 44 (3), p191-195.
 - 6) 高橋節子, 内藤文字, 佐藤之紀, 内藤博, 田中直義, 野口駿. 真空調理法が鶏ささみ肉の物性および食味特性に及ぼす影響. 日本家政学会誌. 1994, 45 (2), p123-130.
 - 7) 後藤昌弘, 西村公雄. 真空調理中に生じるクリームシチューのソース部分の分離について. 日本家政学会誌. 1995, 46 (12), p1159-1165.
 - 8) 西村公雄, 後藤昌弘. 鶏もも肉浸出液によるホワイトソースの分離について. 日本家政学会誌. 1999, 50 (7), p713-721.
 - 9) 西念幸江, 柴田圭子, 安原安代. 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. 2003, 54 (7), p591-600.
 - 10) 西念幸江, 柴田圭子, 安原安代. 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. 2003, 54 (10), p867-878.
 - 11) 西村公雄, 宮本有香, 樋笠隆彦. 75℃で真空調理した鶏ささ身はやわらかい. 日本家政学会誌. 2004, 55 (8), p605-615.
 - 12) 西村公雄, 後藤昌弘, 中井秀了, 川瀬眞市朗, 松村康生. Preventing Sauce Separation by Proteins Released from Chicken during Heating. 2001, 52 (8), p699-708.
 - 13) 宮沢文雄, 衛藤君代, 栗林弘恵, 金井美恵子, 酒井裕子. 真空調理食品の微生物学的検討と危害度分析. 食品工業. 1992, 35 (3), 52-59.
 - 14) 生野世方子, 山内直樹, 芥田暁栄. 豆類の真空調理について. 日本調理科学会誌. 1991, 24 (2), p103-107.
 - 15) 吉村美紀, 生野世方子, 山内直樹. カボチャ果実の真空調理に伴う品質変化. 日本食品低温保蔵学会誌. 1993, 19 (2), p57-60.
 - 16) 生野世方子, 吉村美紀, 山内直樹. 大根の真空調理に伴う品質変化. 日本調理科学会誌. 1993, 26 (4), p299-303.
 - 17) 吉村美紀, 生野世方子, 山内直樹. 真空調理条件がミツバの品質におよぼす影響. 日本食品科学工学会誌. 1995, 42 (8), p588-593.
 - 18) 吉村美紀, 生野世方子, 山内直樹. さつまいもの真空調理に伴う品質変化. 姫路短期大学研究報告. 1995, 40 (1), p95-99.
 - 19) 後藤昌弘, 橋本和弘, 山田喜八. 真空調理と普通調理における野菜類のアスコルビン酸含量及び肉類のテクスチャーならびに数種料理の食味評価の比較. 日本食品科学工学会誌. 1995, 42 (1), p50-54.
 - 20) 松永直子, 高橋節子, 田中直義, 佐藤之紀, 内藤博, 野口駿. 新形質米の調理・加工適性に関する研究 (第5報) 真空調理法がピラフの物性ならびに食味特性に及ぼす影響. 共立女子大学総合文化研究所年報. 1999, 5, p67-75.

- 21) 榑原住枝, 寺田景子. 最近の冬瓜と真空調理による冬瓜の物性について. 愛知学泉大学・短期大学 紀要. 2003, 38, p19-24.
- 22) 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. 日本調理学会誌. 2006, 39 (5), p296-301.
- 23) 後藤昌弘. 真空調理法. おいしい食品開発. 1991, p486-507.
- 24) 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. 2000, 51 (6), p521-525.
- 25) 後藤昌弘, 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法による肉じゃがの最適減塩調理条件の検討. 日本食生活学会誌. 2004, 14 (4), p282-288.
- 26) 山野善正. おいしさの科学事典. 日本味と匂学会誌. 2003, 10 (2), p292-293.

速水佐知子（和洋女子大学生生活科学系助手）

柳沢 幸江（和洋女子大学生生活科学系教授）

（2009年9月18日受付 2009年10月13日受理）