

新調理システムにおける真空調理法の 安全性についての一考察

山下由美子・溝下あさみ・村田美穂子・谷口美佐子
白砂千登勢・水井富美恵・岡田 正浩

A Study on the Safety of Vacuum Cooking Method in the New Cooking System

Yumiko YAMASHITA, Asami MIZOSHITA, Mihoko MURATA, Misako TANIGUCHI,
Chitose SHIRASAGO, Fumie MIZUI and Masahiro OKADA

Key Words : 真空調理 vacuum cooking, 新調理システム new cooking system,
細菌検査 bacterial inspection, ガスクロマトグラフィー gas chromatography,
2, 4 ビスフェノール Phenol, 2, 4-bis (1,1-dimethylethyl)

【緒 言】

新調理システムとは、より厳格な食品衛生管理とメニュー開発のもと、料理素材の発注・在庫管理から料理作りの安全性、食味、経済性を追求し、それらをシステム化した調理の集中計画生産方式である¹⁾²⁾。調理に関しては、真空調理法、クックチルシステム（クックフリーズを含む）、クックサーブ、外部加工品活用という4つの調理・保存法、食品活用を単体あるいは複数を組み合わせて運用される。中でも真空調理法は、1970年代に欧米で実験が始まり、本格的な導入としては、1974年にフランス・ロアンヌの料理人で食肉加工業を営むジョルジュ・プラリュ氏がフォアグラの調理法に用いたのが始まりであるとされる比較的新しい調理法である³⁾。

真空調理法とは、「鮮度管理された食材を生のままあるいはあらかじめ熱処理して、調味料・調味液と一緒に真空包装し、温度管理が正確に行える加熱機器を用いて、袋ごと低温加熱する調理法」と定義されており¹⁾²⁾⁴⁾、低温加熱の温度帯は中心温度で58℃～95℃、加熱には湯煎器やスチームコンベクションオーブンの利用が一般的である。また、真空調理法は調理工程や温度管理領域がクックチルシステムと同一であることからクックチル方式の1つとして考えられている。調

理上のメリットとしては、素材本来の風味、持ち味・食感を失わない、軟らかくジューシーに仕上がることなどが挙げられる。管理上のメリットは計画生産調理作業の平準化で、作業効率の向上、人件費の削減が可能である⁵⁾。しかし、食品衛生面では、低温加熱であるため一部の食中毒菌を死滅させることは極めて困難である。保存している間もボツリヌス菌に代表されるような嫌気性菌は真空状態で増殖するため、真空包装により二次汚染は防げるが、一次汚染による食中毒は発生する可能性がある⁶⁾。また、加熱調理後すぐに提供する従来のクックサーブ方式と比べ、加熱調理から提供まで5日間程度の時間の経過を前提¹⁾とする真空調理法では、食品衛生に関するより厳密な管理が求められる。しかし、真空調理後の明確な保存期限は定まっていない。また、真空包装に用いる包装材は、食品衛生法に適合しているものでなければならない⁴⁾が、加熱によって有害物質が溶出する可能性がないとは限らない。

そこで今回、これらの食品衛生面の留意点に着目し、細菌検査と官能検査による真空調理後の保存期間の検討、およびスチームコンベクションオーブンをを用いた加熱による真空包装材からの有害物質溶出調査を行った。

【方 法】

1. 細菌検査

(1) 試 料

- ・鶏むね肉
- ・かぼちゃ

(2) 実験器具

- ・DD チェッカー「生研」寒天培地 一般細菌、サルモネラ菌
- ・スチームコンベクションオープン（タニコー株式会社・TSCO-10EDN）
- ・プラストチラー＆フリーザー（オリオン機械株式会社・RBCOC）
- ・卓上型真空包装機（東静電気株式会社・TOSPACK V-380G 型）
- ・真空包装材（福助工業株式会社・ナイロンポリ L タイプ ONLY/L-LDPE）
- ・電子レンジ（ナショナル電子レンジ・NE-710G）
- ・インキュベーター
- ・一般調理器具

(3) 操作手順

鶏むね肉とかぼちゃは、広島市内のスーパーマーケットで実験前日あるいは実験当日に購入し、実験時まで冷蔵庫（5℃）で保存し実験検体とした。調味液はかつおだし 200 g、濃口しょうゆ 25 g、砂糖 30 g を合わせて作成した。鶏むね肉とかぼちゃは、それぞれ 2 切れ（50 g）ずつを調味液 15 ml と共に真空包装材に入れ卓上型真空包装機で真空包装した（真空度99%、真空時間30秒）。真空包装したものをスチームコンベクションオープンのバイオスチームモードで95℃40分間加熱した。加熱後、直ちにプラストチラーを使用し、90分以内に中心温度 3℃ になるまで急冷後、冷蔵庫（5℃）に保存した。

真空していないもの（コントロール）は、200 ml ビーカーに実験検体、調味液を入れ、真空調理したものと同様にスチームコンベクションオープンのバイオスチームモードで95℃ 40分間加熱後冷却し、冷蔵庫（5℃）に保存した。

保存開始から1週間後と2週間後に、DD チェッカー「生研」寒天培地一般細菌検査用を用いて、再加熱前、再加熱後の細菌検査を実施した。再加熱はスチームコンベクションオープンをバイオスチームモード95℃ に設定し、試料の中心温度が75℃ に達したことを確認後、さらに1分間加熱を行った。

上記の操作を2回実施した。さらに、真空包装直後の細菌検査も実施した。また比較のため、真空包装後加熱調理を行わなかった試料についても、冷蔵庫（5℃）に保存し、細菌検査を実施した。なお2回目については、鶏肉のみ DD チェッカー「生研」寒天培地サルモネラ菌を用いてサルモネラ菌検査も併せて行った。

スタンプ培地は34℃ で24時間培養し、菌の検出を行った。

2. 官能検査

試料、実験器具、調理方法は、細菌検査と同様とし、真空調理後3日、1週間、2週間の保存を行った試料は、官能検査前に中心温度75℃ 1分間以上の再加熱を実施した。真空調理直後の試料と保存後の試料の「見た目」「香り」「味」「テクスチャー」「総合」の4項目について、二点比較法による官能検査を行い、二点比較法検定表を用いて有意差の検定を行った⁷⁾。

3. 真空包装材の溶出試験

(1) 試 料

- ・蒸留水（コントロール）
- ・蒸留水を真空包装した溶液
- ・蒸留水を真空包装した後、スチームコンベクションオープンで加熱（95℃ 40分間）した溶液
- ・蒸留水を真空包装した後、スチームコンベクションオープンで加熱（95℃ 40分間）し、さらに電子レンジで再加熱（700w 2分間・または5分間）した溶液

(2) 実験器具

- ・卓上真空包装機（東静電気株式会社・TOSPACK V-380G 型）
- ・真空包装材（福助工業株式会社・ナイロンポリ L タイプ ONLY/L-LDPE）
- ・スチームコンベクションオープン（タニコー株式会社・TSCO-10EDN）
- ・ガスクロマトグラフィーマススペクトル（ヒューレットパッカー社・G1098A）

(3) 操作手順

真空包装材に蒸留水 200 ml を入れ卓上真空包装機にて真空包装した。試料は、蒸留水、真空包装後の溶液、その後スチームコンベクションオープンで加熱したもの、またその後さらに電子レンジで2分間、または5

分間加熱したものの5種類を試験溶液として調製した。

三角フラスコに各試験溶液を入れ、ジクロロメタン 5 ml を加え、内容物をよく攪拌した。このとき真空包装材料から溶出される物質はジクロロメタンに抽出される。ジクロロメタンのみを残して試験管に移し、真空ポンプを使ってジクロロメタンを蒸発させて 1.5 ml に濃縮し、分析用試料とした。

試料をガスクロマトグラフィー・マススペクトル（分析カラム：HP-5、分析温度：70–280℃、検出限界：1 pg）により物質の定性と同定を行った。

【結 果】

1. 細菌検査

(1) 真空包装を行わなかった調理における細菌の検出

真空包装を行わず、加熱調理した場合、鶏肉において、1回目の調理前、加熱・冷却後に一般細菌が検出されたが、それ以降は検出されなかった。2回目は調

理前のみ一般細菌およびサルモネラ菌が検出され、それ以降は1回目と同様に検出されなかった。かぼちゃでは、1回目の調理前に一般細菌が検出された。加熱冷却後、1週間後はわずかに一般細菌が検出され、それ以降は検出されなかった。2回目は調理前のみ検出され、それ以降は検出されなかった（表1）。

(2) 真空調理における細菌の検出

鶏肉において、1回目の調理前、真空直後に一般細菌が検出され、それ以降は検出されなかった。2回目は調理前、真空直後に一般細菌およびサルモネラ菌が検出され、それ以降は検出されなかった。かぼちゃでは、1回目において調理前、真空直後に一般細菌が検出され、1週間後および2週間後の加熱前ではわずかに一般細菌が検出された。2回目においては調理前、真空直後のみ一般細菌が検出され、それ以降は検出されなかった（表2）。

真空包装後加熱していない食品の保存においては、真空3週間後まで一般細菌が検出された（表3）。

表1 真空包装を行わなかった調理における一般細菌及びサルモネラ菌の検出結果

		調 理 前	加熱冷却後	1 週 間 後	再 加 熱 後	2 週 間 後	再 加 熱 後
鶏 肉	一般細菌（1回目）	+++	+	—	—	—	—
	一般細菌（2回目）	+++	—	—	—	—	—
	サルモネラ菌	+	—	—	—	—	—
か ぼ ち ゃ	一般細菌（1回目）	+++	±	±	—	—	—
	一般細菌（2回目）	++	—	—	—	—	—

表2 真空調理における一般細菌およびサルモネラ菌の検出結果

		真空調理前	真 空 直 後	加熱冷却後	1 週 間 後	再 加 熱 後	2 週 間 後	再 加 熱 後
鶏 肉	一般細菌（1回目）	+++	++	—	—	—	—	—
	一般細菌（2回目）	+++	+++	—	—	—	—	—
	サルモネラ菌	+	—	—	—	—	—	—
か ぼ ち ゃ	一般細菌（1回目）	+++	+++	—	±	—	±	—
	一般細菌（2回目）	++	+	—	—	—	—	—

表3 真空包装後（未加熱）の保存（5℃）における一般細菌の検出結果

試 料	コントロール	真 空 直 後	真 空 2 日 後	真 空 5 日 後	真空1週間後	真空2週間後	真空3週間後
鶏 肉	++	+++	++++	++++	++++	++++	+
かぼちゃ	++	+	++	+++	++++	++++	++++

2. 官能検査

真空調理後3日間保存した試料と当日真空調理した試料を官能検査により比較したところ、鶏肉、かぼちゃのいずれにも有意差は認められなかった（表4）（表5）。

真空調理後1週間保存した試料と当日調理した試料の比較においても、有意差は認められなかった（表6）（表7）。

真空調理後2週間保存した試料と当日調理した試料の比較については、鶏肉の場合には有意差が認められな

かった（表8）ものの、かぼちゃの「見た目」の項目で2週間保存した試料に比べ当日調理したかぼちゃのほうが有意に好まれていた（ $P < 0.01$ ）（表9）。「見た目」以外の項目では、有意差は認められなかった。

表7 真空調理をしたかぼちゃの官能検査

質問項目	試料 調理後 直後	調理 1週間後	検定
見た目が好ましい方	7	12	—
香りが好ましい方	12	7	—
味が好ましい方	10	9	—
テクスチャーが好ましい方	12	7	—
総合して好ましい方	11	8	—

表4 真空調理をした鶏肉の官能検査

質問項目	試料 調理後 直後	調理 3日後	検定
見た目が好ましい方	12	8	—
香りが好ましい方	12	8	—
味が好ましい方	7	13	—
テクスチャーが好ましい方	9	11	—
総合して好ましい方	9	11	—

表8 真空調理をした鶏肉の官能検査

質問項目	試料 調理後 直後	調理 1週間後	検定
見た目が好ましい方	11	10	—
香りが好ましい方	15	6	—
味が好ましい方	6	15	—
テクスチャーが好ましい方	8	13	—
総合して好ましい方	6	15	—

表5 真空調理をしたかぼちゃの官能検査

質問項目	試料 調理後 直後	調理 3日後	検定
見た目が好ましい方	7	13	—
香りが好ましい方	14	6	—
味が好ましい方	10	10	—
テクスチャーが好ましい方	7	13	—
総合して好ましい方	11	9	—

表9 真空調理をしたかぼちゃの官能検査

質問項目	試料 調理後 直後	調理 1週間後	検定
見た目が好ましい方	17	4	**
香りが好ましい方	12	9	—
味が好ましい方	6	15	—
テクスチャーが好ましい方	9	12	—
総合して好ましい方	8	13	—

表6 真空調理をした鶏肉の官能検査

質問項目	試料 調理後 直後	調理 1週間後	検定
見た目が好ましい方	11	8	—
香りが好ましい方	11	8	—
味が好ましい方	6	13	—
テクスチャーが好ましい方	11	8	—
総合して好ましい方	9	10	—

3. 真空包装材の溶出試験

蒸留水（図1）には、見られなかったピークが蒸留水を真空包装した溶液（図2），蒸留水を真空包装した後，スチームコンベクションオーブンで加熱した溶液（図3），蒸留水を真空包装した後，スチームコンベクションオーブンで加熱し，さらに電子レンジで再加熱

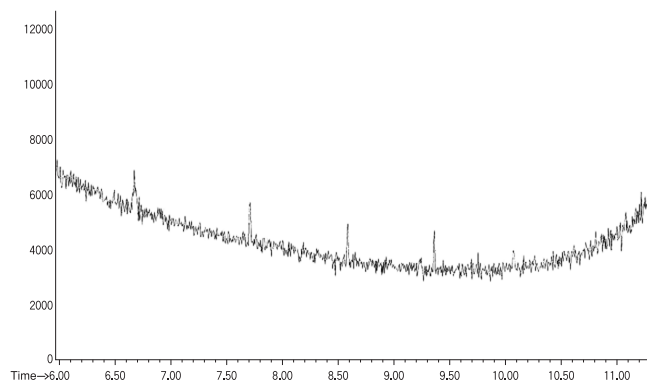


図1 蒸留水におけるガスクロマトグラム

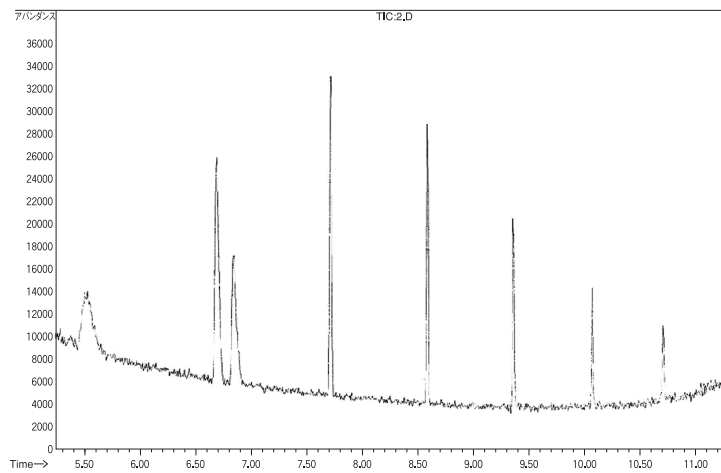


図2 真空直後の真空包装材からの溶出物質のガスクロマトグラム

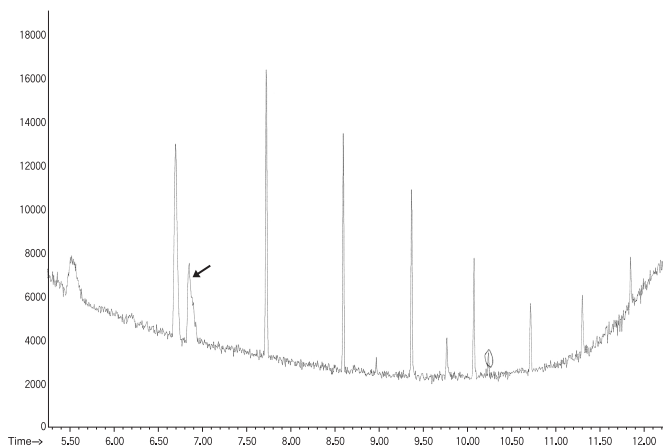


図3 真空後加熱した真空包装材からの溶出物質のガスクロマトグラム

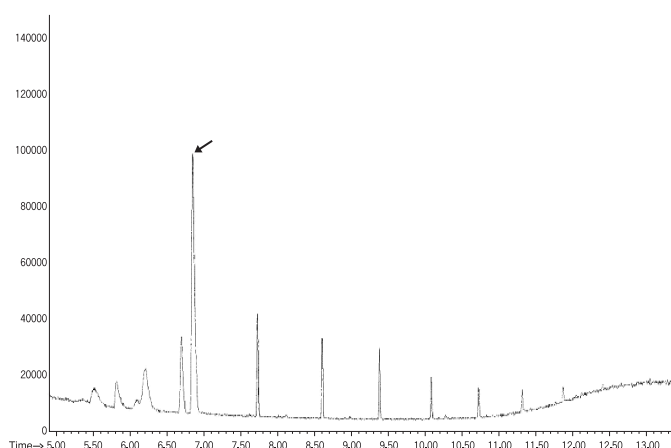


図4 真空加熱後再加熱2分の真空包装材からの溶出物質のガスクロマトグラム

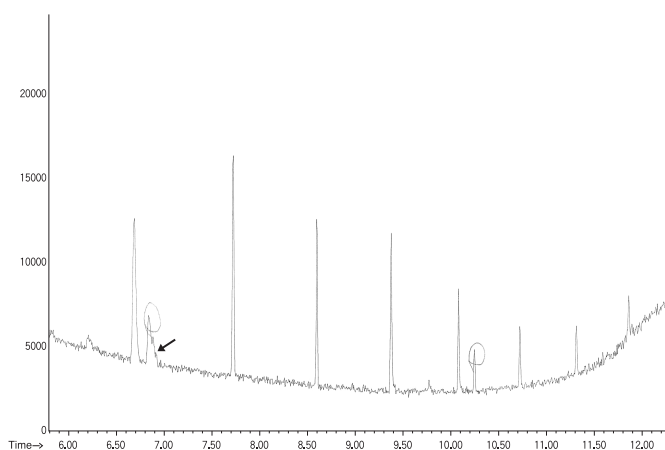


図5 真空加熱後再加熱5分の真空包装材からの溶出物質のガスクロマトグラム

した溶液（図4・5）に現れたため、物質の同定を行ったところ、いずれの試料溶液にも Time (6.821) に微量の Phenol, 2, 4-bis (1, 1-dimethylethyl) が検出された。

【考 察】

真空調理の保存期間を検討するための細菌検査では、かぼちゃ、鶏肉とともに真空直後の一般細菌数が真空前の細菌数と同等であった。真空直後は、酸素がまだ存在しており、細菌は生存していたと考えられた。しかし、真空包装後未加熱のまま保存していた試料では、真空包装から3週間後にも一般細菌は存在していた（表3）。このことから、真空包装を行っても、加熱処

理を行わなければ、食品中の細菌は増殖、または生存していると考えられる。袋の中が完全に真空になっていたと仮定した場合、細菌は食品中の空気を利用し生息し続けていたか、生存していた細菌は嫌気性細菌ではないかと考えられる。しかし、保存期間が長くなるにつれて、真空包装材の中には若干空気が増えているように感じられたため、完全な真空状態ではなかったのではないと思われる。真空調理におけるシェルフライフ（保存可能期間）は、フィルム自体の酸素透過度 ($\text{cc}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{atm}$) によって異なり、ガスバリアー性能が高い包装材は酸素を透過しにくい⁴⁾。今回用いた真空包装材は酸素透過度が高いものであったと言える。

真空調理後、加熱・冷却したものは、若干の細菌が存在しているものもあったが、保存後の再加熱後には細菌は生存していなかったため、加熱することによって食品、真空包装材の中の細菌は死滅したと考えられる。カビが生えていたのは、加熱とは関係なく、スタンピングの際に空気中のカビが入り込み（コンタミネーション）、増殖してしまったのではないかと考えられた。

真空調理をせず保存していた試料も、加熱調理前には生存していた一般細菌が、加熱後はわずかにしか生存していなかったため、加熱によってほとんどの細菌は死滅したと考えられる。

今回の実験により、食品を真空包装するだけでは細菌は死滅しないだけでなく、増殖する可能性があることがわかった。そのため、加熱前の食品を長期に真空保存することは注意が必要であると考えられる。しかし、加熱・再加熱することにより、細菌は死滅した。2週間の保存でも一般細菌はわずかにしか検出されなかったため、長期の保存が可能であると考えられる。

官能検査においては、真空調理直後と真空調理後3日間、1週間の保存を行った鶏肉、かぼちゃともに有意差は認められなかったことから、保存による味の低下はみられないと考えられる。しかし、2週間後かぼちゃの見た目に有意差が認められ、真空調理直後の方が好まれた。また、保存していたものは軟らかく、真空調理直後のものは硬いという意見があった。これは2週間の保存期間中、かぼちゃが継続して調味液に浸漬された状態になり、調味液を吸収したため、軟化したのではないかと考えられる。また、保存後に再加熱を行うため、加熱を繰り返したことにより軟らかくなったことも考えられる。鶏肉にこうした変化が現れなかった理由としては、たんぱく質の熱収縮や熱凝固により硬さが増したのではないかと考えられる。

また、今回の結果において味や総合的な好ましさには有意差が認められなかったのは、個人の好みによるのではないかと考えられた。

真空包装材に蒸留水を入れ、真空包装した試験水、真空包装材に蒸留水を入れ真空包装後スチームコンベクションオーブンで加熱した試験水、加熱後さらに電子レンジにより再加熱した試験水のすべてから微量のPhenol, 2, 4-bis (1, 1-dimethylethyl) が検出されたため、真空包装材に蒸留水を入れ真空包装しただけで微量のPhenol, 2, 4-bis (1, 1-dimethylethyl) が溶出したと考えられる。加熱、再加熱後の試験水にも同様に検出され

たため、Phenol, 2, 4-bis (1, 1-dimethylethyl) は95°C 40分間の加熱、マイクロ波による発熱によっても分解されない物質であると考えられる。

ラットを用いた28日間反復投与毒性試験での研究によるとPhenol, 2, 4-bis (1, 1-dimethylethyl) は、腎臓を主要な標的器官とすると考えられると報告されている⁸⁾。Phenol, 2, 4-bis (1, 1-dimethylethyl) および類似化合物の投与が肝臓重量および肝薬物代謝酵素活性を増加させることも報告されている⁹⁾。2, 4-di-tert-butylphenol の類縁化合物である2-tert-di-butylphenol, 4-tert-butylphenol および2-sec-butylphenol はチャイニーズハムスター肺由来の繊維芽細胞株 (CHL/IU) を用いた染色体異常試験でいずれも陽性^{10) 11) 12)}、4-sec-butylphenol は同様の試験で構造異常誘発性に関し擬陽性¹³⁾ の結果が報告されている。

今回の真空包装材に含まれていた物質は微量であり、人に対する危険性は少ないと思われる。しかし、ホルモン作用などが起こる可能性はないとは限らないため、注意が必要である。しかし、熱によっても分解されない物質ならば、加熱が必要である真空調理法ではその溶出を防ぐことができない。真空包装材の種類は、ナイロン/ポリエチレン、ナイロン/EVA など様々である⁴⁾。今回用いた真空包装材は、ナイロンポリエチレンを素材としていた。真空調理システムは、特殊フィルムによってパッキングして加熱し冷却することが前提となり、フィルムに要求される性能は重要であるため、他の真空包装材の有害物質溶出の調査を行う必要がある。また、まだ特定はできていないが、今回の調査において、蒸留水には見られなかったピークが現れた場合もあったため、Phenol, 2, 4-bis (1, 1-dimethylethyl) 以外の物質も溶出している可能性が考えられる。

新調理システムにおける真空調理法は、調理、管理の面からみても様々なメリットがある。今回の細菌実験および官能検査では、真空調理は食品の保存性に優れ、再加熱することによって細菌に関する安全性は高いと考えられる。また調理後2週間以内では、食味の変化もほとんどなかった。一方真空包装材においては、微量の有害物質を検出し、完全に安全とは言えなかった。しかし、真空包装材は真空調理法には必要不可欠である。今回溶出した有害物質は人に対する危険性は少ないと思われるが、体に蓄積される可能性やホルモン作用が無いとは言え切れない。今後、この物質が人に与える影響や、真空包装材の素材についてのさらなる検討が必要であると思われる。

真空調理法は、今後も普及が進んでいくと考えられることから、その安全性や有効な活用方法についてはさらなる検討が求められる。

【要 約】

近年、ホテルや病院などの各方面に普及しつつある真空調理法について、食品衛生面の留意点に着目し、細菌検査及び官能検査による保存期間の検討を行った。また、スチームコンベクションオーブンをを用いた加熱による真空包装材からの有害物質溶出調査を実施した。

細菌検査の結果、真空調理後2週間保存した場合でも、一般細菌はわずかししか検出されず、再加熱後には細菌が検出されなかった。また、官能検査においても、調理直後と2週間経過後の食品に食味の差はみられなかった。

真空包装材からの溶出試験では、真空処理した包装材から微量の Phenol, 2, 4-bis (1, 1-dimethylethyl) が検出された。

今回の実験では、食品衛生面からみた真空調理の保存期間を確定することはできなかったが、真空調理法は再加熱することで安全性が高められ、保存性に優れた調理方法であるといえる。一方、真空調理で 사용되는包装材については、微量であるが有害物質が確認されたことから、素材や安全性についての検討が必要であると考えられる。

真空調理法については、今後も普及が進んでいくと考えられることから、その安全性についてはさらなる検討が求められる。

【文 献】

- 1) 新調理システム推進協会：新調理システムのすべて 新調理システム管理養成テキスト (2005), 日経 BP 企画, 東京
- 2) 新調理システム推進協会：続新調理システムのすべて 新調理システム管理養成テキスト 実践編, (2005), 日経 BP 企画, 東京
- 3) 株式会社フジマック：新調理システム資料, 広島支店
- 4) 廣瀬喜久子：新調理システムクックチルの実際, (2006) 株式会社 幸書房, 東京
- 5) 土江節子, 今村妙子, 戸田明代, 三ヶ尻礼子, 平野比呂子：真空・クックチル調理とは, 臨床栄養, Vol. 110 No. 1, 74-78 (2007)
- 6) 宮沢文雄, 古賀信幸, 井上喜恵, 金井美恵子, 後藤政幸, 辻 牧子, 松浦寿喜：Nブックス 食品衛生学, 14-58, 86-92, 152-161 (2005), 株式会社建帛社, 東京
- 7) 相原義一ほか：官能検査ハンドブック, 14-17, (1973) 日科技連出版社, 東京
- 8) パナファームラボラトリーズ安全性研究所：2, 4-ジ-tert-ブチルフェノールのラットを用いる28日間反復投与毒性試験
- 9) S. Kawano, et al.: Induction of hepatic microsomal monooxygenases in female rats given various substituted phenols and hydroquinones. Japan. J. Pharmacol, 31 (3), 459-462 (1981)
- 10) 野田 篤, 昆 尚美：化学物質毒性試験報告, 8, 224 (2001)
- 11) 田中憲穂, 山影康次, 中川ゆずき, 日下部博一, 橋本恵子, 水谷正寛, 古畑紀久子：化学物質毒性試験報告, 4, 301 (1996)
- 12) 野田 篤, 昆 尚美：化学物質毒物性試験報告, 7, 232 (1999)
- 13) 田中憲穂, 山影康次, 佐々木藤澄志, 若栗 忍, 日下部博一, 橋本恵子：化学物質毒物性試験報告, 2, 347 (1995)

Summary

In the present study, we investigated the shelf-life of vacuum cooked products, which are being increasingly utilized on many fronts, including hotel and hospital catering. We focused on important factors for food hygiene through bacterial and organoleptic testing and investigated the leaching of hazardous substances from vacuum packaging materials due to heating with steam convection ovens.

Bacterial testing detected only small amounts of general bacteria even after two weeks of storage following vacuum cooking, and no bacteria were detected on reheating. Moreover, organoleptic testing revealed no difference between food taste immediately after cooking and food taste two weeks later.

Leaching tests of the vacuum packaging materials found minute amounts of phenol, 2, 4-bis (1, 1-dimethylethyl) following vacuum processing.

The present experiments did not enable to specify the shelf-life of vacuum cooked products from a food hygiene perspective; however, reheating process was found to increase the safety of vacuum cooking, which provides a superior catering method with regard to preservation quality. Conversely, although the detected amounts were small, confirmation of hazardous substances from the packaging materials used in vacuum cooking indicates the necessity of further investigation into materials and safety.

This should be important for increasing in the spread of vacuum cooking method in the future.