

博士（栄養学）学位論文

論文題目

真空調理法の活用方法に関する研究
－食材と調製因子について－

**Study on the Practical Usage of Vacuum Cooking:
Food Materials and Preparation-Related Factors**

2008 年

指導教員 安原 安代 教授

氏 名 西念 幸江
 SAINEN, Sachie

女子栄養大学

Abstract

Study on the practical usage of vacuum cooking: Food materials and preparation-related factors

Studies on vacuum cooking have mostly analyzed the component changes after cooking and the changes in sensory characteristics with respect to storage periods, but there have been insufficient studies on basic data, such as cooking condition and taste. Additionally, most recipes only show cooking temperatures and times, without taking into account food compositions and shapes, even though these factors affect heating. In particular, animal food products are cooked at low temperatures, and caution must be exercised from the viewpoint of sanitation management. Animal food products are also rich in proteins are sensitive to heating conditions, particularly cooking temperature, and this markedly affects the taste of finished products. However, plant food products can be made edible by heating them for a certain period of time at a temperature where tissue softens and starch gelatinization occurs, and the effects of temperature on the finished products are not as extensive compared to animal products. As mentioned above, different food products are cooked under different conditions. In the present study, chicken meat was used to ascertain the effects of water bath temperature during heating (75, 85 and 95 °C), food size, and poultry content. At the same time, correlations among these factors were analyzed. Since vacuum cooking involves cooling and reheating, the effects of cooling and reheating time were also investigated.

Furthermore, vacuum cooking allows seasoned seasoning to penetrate food products, and cooking methods for plant food products (soybean and apple) that take advantage of this property of vacuum cooking were proposed. The results were as follows:

- 1) When vacuum cooking chicken, higher water bath temperature shortened

cooking time, but had a negative impact on cooking properties, physical properties and taste. Liquid temperatures of 75 and 85 °C were useful. Subsequently, the following experiments were conducted at these two temperatures.

2) Regarding food size, the greater the weight per piece, the significantly longer the cooking time. No marked differences existed for yield and juiciness with respect to weight per piece or water bath temperature. At both water bath temperatures, the cooking time for 20-mm pieces was about 2.5 times longer than that for 10-mm pieces. The greater the amount of added poultry fat, the significantly longer the heating time.

3) The effects of internal temperature at the start of cooking on yield, juiciness, color and breaking stress were small, and there were no marked differences whether samples were refrigerated or frozen. However, from the viewpoint of heating time, heating took longer if pieces were frozen (-40 °C).

4) At both water bath temperatures, the cooking time for pieces with skin was significantly longer than that for pieces without skin. The cooking time for browned pieces was longer.

5) As input increased, heating time increased, and yield and juiciness decreased. It is necessary to place an appropriate number of packages. With the present package cooker, 20 packages was excessive, but 5 or 10 packages were appropriate.

6) Heating time observed high levels of correlation to the following: liquid temperature ($r=0.9526$), weight per piece (75°C: $r=0.9904$ and 85°C: $r=0.9357$), thickness (75°C: $r=0.8798$ and 85°C: $r=0.8752$), poultry fat addition (75°C: $r=0.8366$ and 85°C: $r=0.9843$).

7) Based on yield and juiciness, 85 °C is appropriate when weight per piece is low, and 75 °C is appropriate when thickness is small (10 mm). In this manner, heating conditions should vary depending on sample conditions. Additionally, while 85°C waterbath temperature is useful for shortening cooking time, the core temperature of meat can be too high if overcooked. At

liquid temperature of 75°C water bath temperature, heating takes longer, but since the water bath temperature and the internal temperature at the end of cooking are comparable, there is no risk of overheating. In this manner, water bath temperature should be set depending on application.

8) The results confirmed that cooling time differed based on sample condition. Cooling time exhibited high levels of correlation to the following: weight per piece (75°C: $r=0.8993$ and 85°C: $r=0.8447$), thickness (75°C: $r=0.9994$ and 85°C: $r=0.9989$), skin (75°C: $r=0.9720$ and 85°C: $r=0.9820$), and poultry fat addition (75°C: $r=0.9934$ and 85°C: $r=0.9837$). In the present study, it was possible to lower temperature below 3 °C within 90 minutes.

9) The results confirmed that reheating time varied depending on sample conditions. Reheating time exhibited high levels of correlation to the following: weight per piece ($r=0.9400$), thickness ($r=0.9981$), poultry fat addition ($r=0.9283$), skin ($r=0.8854$).

10) By vacuum cooking, boiled soybeans could be cooked with less water without presoaking. The retention rate of isoflavones in soybeans was about 90%, and the transfer rate of isoflavones to cooking liquid was about 5%; as a result, the level of elution to the cooking liquid was lower compared to conventional cooking methods. The results suggest that soybeans can be prepared by vacuum cooking by simply adding water to dried soybeans and heating for a longer period without presoaking. While vacuum cooking takes longer to cook soybeans, it is superior in terms of procedural convenience and efficiency of soybean isoflavone intake.

11) With vacuum cooking, unheated apples could be prepared while maintaining texture, sweetness and color. Apples could be prepared favorably by adjusting the syrup concentration to 30%, with the amount of syrup equaling the amount of apple. Additionally, using heating, the amount of syrup could be 50% that of apple, and the level of material loss was low. Furthermore, when uncooked apple was frozen and then thawed, the texture of thawed apple resembled that of cooked apple, and freezing improved

storage stability. Another favorable method was to sprinkle sugar on apples, freeze, and then thaw without syrup. This is an easy-to-cook method because there is no need to prepare syrup.

目 次

	頁
緒論	1
第1章 鶏肉の真空調理における加熱条件が食味・ 物性に及ぼす影響	5
I. 加熱時間に及ぼす要因	5
1. 目的	5
2. 実験方法	5
(1) 試料	5
1) 試料	
2) 試料の調製	
①真空包装の有無の影響	
②加熱機器の違いの影響	
③湯煎温度の影響	
④一切れ当りの重量の影響	
⑤厚さの影響	
⑥加熱開始の中心温度の影響	
⑦油脂添加量の影響	
⑧調味料添加の影響	
⑨皮の有無の影響	
⑩表面の焼き色の有無の影響	
⑪一回の投入量の影響	
⑫一袋当たりの重量の影響	
(2) 測定項目および方法	11
1) 75℃に到達した時間、加熱所要時間、肉の中心温度履歴	

2)	単位当りの加熱所要時間	
3)	歩留り	
4)	面積保持率	
5)	多汁性	
6)	肉の内部の色	
7)	肉およびドリップ中のたんぱく質量	
8)	破断応力	
9)	組織観察	
10)	加熱肉断面の温度分布	
11)	官能評価	
12)	統計処理	
3.	結果	14
(1)	真空包装の有無の影響	14
(2)	加熱機器の種類の影響	16
(3)	湯煎温度の影響	18
(4)	一切れ当りの重量の影響	23
(5)	厚さの影響	24
(6)	加熱開始の中心温度の影響	25
(7)	油脂添加量の影響	26
(8)	調味料添加の影響	27
(9)	皮の有無の影響	27
(10)	表面の焼き色の有無の影響	28
(11)	1回の投入量の影響	28
(12)	1袋当たりの重量の影響	29
(13)	加熱所要時間の予測	30

4. 考察	31
5. まとめ	45
II. 冷却時間に及ぼす要因	48
1. 目的	48
2. 実験方法	48
(1) 試料	
1) 試料	
2) 試料の調製	
①一切れ当りの重量の影響	
②厚さの影響	
③油脂添加量の影響	
④調味料添加の影響	
⑤皮の有無の影響	
⑥一回の投入量の影響	
⑦一袋当たりの重量の影響	
(2) 測定項目および方法	48
1) 冷却所要時間および中心温度履歴	
2) 単位当りの冷却所要時間	
3) 統計処理	
3. 結果	49
(1) 冷却開始温度	49
(2) 一切れ当りの重量	49
(3) 厚さの影響	50
(4) 油脂添加量の影響	50
(5) 調味料添加の影響	50

(6) 皮の有無の影響	51
(7) 一回の投入量の影響	51
(8) 冷却所要時間の予測	51
4. 考察	52
5. まとめ	53
Ⅲ. 再加熱時間に及ぼす要因	55
1. 目的	55
2. 実験方法	55
(1) 試料	55
1) 試料	
2) 試料の調製	
①一切れ当りの重量の影響	
②厚さの影響	
③加熱開始の中心温度の影響	
④油脂添加量の影響	
⑤調味料添加の影響	
⑥皮の有無の影響	
⑦一回の投入量の影響	
⑧一袋当たりの重量の影響	
(2) 保存条件	55
(3) 再加熱条件	56
(4) 測定項目および方法	56
1) 再加熱所要時間および中心温度履歴	
2) 単位当り再加熱所要時間	
3) 細菌検査	

4) 統計処理	
3. 結果	58
(1) 一切れ当りの重量	58
(2) 厚さの影響	58
(3) 加熱開始の中心温度の影響	58
(4) 油脂添加量の影響	58
(5) 調味料添加の影響	59
(6) 皮の有無の影響	59
(7) 一回の投入量の影響	59
(8) 一袋当たりの重量の影響	59
(9) 再加熱所要時間の予測	59
(10) 細菌検査	60
4. 考察	61
5. まとめ	63
第2章 植物性食品への真空調理の活用例	64
I. ゆで大豆と煮豆	64
1. 目的	64
2. 実験方法	65
(1) 試料	65
1) 試料	
2) 試料の調製	
① 予備浸漬の有無、加水量の影響	
② 調味料の添加の影響	
(2) 測定項目および方法	67
1) イソフラボンの定量	

①	イソフラボンの抽出	
②	イソフラボンの分析	
2)	破断応力	
3)	官能評価	
4)	統計処理	
3.	結果	69
(1)	予備浸漬の有無、加水量の影響	69
1)	ゆで大豆およびゆで汁中のイソフラボン保持率	
2)	ゆで大豆の破断応力	
3)	ゆで大豆の食味	
4)	ゆで大豆のイソフラボン誘導体の含量	
(2)	調味料の添加の影響	71
1)	煮豆および煮汁中のイソフラボン保持率	
2)	煮豆の破断応力	
3)	煮豆の食味	
4)	煮豆のイソフラボン誘導体の含量	
4.	考察	73
5.	まとめ	74
II.	りんごのコンポート	77
1.	目的	77
2.	実験方法	77
(1)	試料	77
1)	試料	
2)	試料の調製	
①	未加熱のコンポート	

②加熱のコンポート	
③凍結のコンポート	
(2) 測定項目および方法	80
1) 重量増加率	
2) 糖度とpH	
3) 遊離糖の定量	
4) 破断応力	
5) 組織観察	
6) 官能評価	
7) 統計処理	
3. 結果	81
(1) 未加熱のコンポート	81
1) シロップ量	
2) シロップ濃度	
3) 保存による影響	
(2) 加熱のコンポート	84
(3) 凍結のコンポート	86
4. 考察	88
5. まとめ	92
総括	94
謝辞	99
引用文献	100
図表一覧	105
図表	

緒論

真空調理は食材を生のまま、あるいは表面に焼き色をつける等の下処理をして真空包装し、低温（50～100℃）で一定時間湯煎やスチームオーブン等で加熱する調理法である。保存をする場合は、急速冷却を行い、一定期間チルド保存し、料理を提供する際に再加熱を行うものである¹⁾。

生肉等の保存を目的とした真空包装は20世紀初めに開発されており、その後1970年代アメリカ、ヨーロッパにて、火入れ並びに料理の仕上げの手段として利用されてきた。

現在の形の真空調理は1974年、フランス、ロアンヌの調理人で、食肉加工業を営むジョルジュ・プラリュが納入先の三ツ星レストランから、加熱調理後の目減りが重量の40～50%にもなるフォアグラのテリーヌの重量ロスを減らすことができる方法はないかと相談され研究したのがきっかけである。フォアグラをテリーヌ型に入れて真空包装し、型内の空気を抜いてから取り出し、従来の調理法で加熱する方法をとり、重量ロスを20%にまで抑えた。さらに研究を続け、フォアグラをテリーヌ型に入れて真空包装し、そのまま低温で加熱すると重量ロスは5%に抑えられるということを開発した。このようにして現在の形の真空調理が考案された。その後、1985年にジョエル・ロビュッションがパリ国有鉄道の車内食堂でこの調理法を取り入れ、厨房設備が整備されていない場所で安定した品質の料理を提供することに成功を納め、注目されるようになった。日本では1986年、山梨県のホテルハイランドリゾートが、開業と同時に本格的に導入している。これは、料

理長谷孝之が独自に開発したものであるが、調理プロセスはフランスのものと同様であった。その後、1987年、服部栄養専門学校がジョエル・ロビュッションを招き、真空調理の講習会を開催し、広く紹介された²⁻³⁾。

真空調理は現在、病院や社会福祉施設などの特定給食施設やホテルなどでも利用されている調理システムである。

この調理法の利点は①食材料を真空包装し低温で加熱するため、素材の風味や旨味を生かせる。②低温（長時間）加熱のため肉類が軟らかく仕上がり、歩留りも高い。③チルド保存が可能である。④保存したものは再加熱処理だけで提供できるため人手不足の解消につながり、どこでも一定の味が提供できるなどが報告されている⁴⁻⁹⁾。

一方では欠点として①真空包装内で加熱するため、味や香りが封じ込められて食材が新鮮でないと好ましくない臭いが強調される。②低温で加熱処理するため缶詰やレトルト食品と異なり衛生的安全性に劣る。③パッケージコストがかかる。④これまでの調理法とはプロセスが異なるため、レシピ作成に時間や労力を要するなどが指摘されている⁴⁻⁹⁾。

実際、病院では、食事メニューの選択方式の導入で、メニューの種類は増えるが限られたスタッフ数でこれに対応しなければならぬことや一食のコストに制限があり、作業の効率化や未熟練者であるパート・アルバイトの活用を図らないと運営できない場合がある。しかし、喫食者は食事や料理に対する要求は、少量調理であっても大量調理であっても本質的には変わらない。そこで、なるべく人件費を抑えて食事提供する場合には、作業が効

率的に進められ、未熟練者でも同じ料理を同じように、常に一定品質の料理を安全に提供するために、作業の標準化をする必要がある。また、1997年に厚生省（現厚生労働省）より「大量調理施設衛生管理マニュアル」^{10,11)}が出されてからは、特定給食施設においてはHACCPの概念を導入した厨房設備（スチームコンベクションオーブン、ブラストチラーなど）や作業管理を取り入れるところが多くなっている。それに併せてクックチル、真空調理といった「新調理システム」が用いられるケースが増えている。

しかし、導入施設では「袋に入れる適量」、「調味料の必要量」、「適した加熱温度」、「適した加熱所要時間」などを決定するために試作を繰り返すが、その経験則さえ確立されていない。これは、日常業務と並行して行われることが多く、時間や労力を要し、負担が多くなり、導入はしてみたが、その後、活かされない例も少なくない。この調理法が活用されるには、作業の標準化が早急に求められる。この調理法についての研究は、植物性食品では成分変化に焦点をあてた生野らによる豆類¹²⁾、かぼちゃ¹³⁾、大根¹⁴⁾の報告があり、アスコルビン酸や還元糖など水溶性成分の保持率が通常調理よりも高いと報告されている。動物性食品では、TINA B. HANSENら¹⁵⁾によるローストビーフの保存期間とそれに伴う官能特性の変化、高橋らによる湯煎温度と加熱所要時間によるスルメイカ¹⁶⁾、鶏ささみ¹⁷⁾の物性と食味の変化などが報告されているが、加熱条件および食味など、基礎的なデータが不足している。

著者はこれまでに鶏胸肉を試料として、加熱中の温度履歴を測定し、歩留りが高く、ジューシーで軟らかく仕上がる加熱条件を検討してきた。その結果、官能評価の高い調理条件を確認するこ

とができた¹⁸⁾。

真空調理の調理条件について実際の調理書では食品の組成や形状などを考慮せず加熱温度と時間だけを示しており、加熱終了時の中心温度も不明である。このことは、加熱温度による影響がデリケートである動物性食品の出来上がりの食味に大きく影響する。また、動物性食品は加熱温度が低温のため衛生的視点から注意が必要である。それに対し、植物性食品は、組織の軟化やでん粉の糊化を主たる目的とするので、ある程度の時間を要して加熱すれば、可食できるようになり、温度による出来上がりへの影響は動物性食品ほど大きくない。すなわち食品により調理後の品質に影響を与える因子は異なる。そこで、本研究では、「加熱時の湯煎温度（75℃、85℃、95℃）」、「食品のサイズ」、「脂質含量」などが加熱所要時間に及ぼす影響について鶏肉をモデルとして検討する。また、真空調理の軟らかく、ジューシーであるという利点にこれらの因子が影響するかも主観的・客観的測定を行い、検討する。同時に、得られたデータより、それら因子の関連性を分析した。さらに、真空調理の作業工程では、冷却、再加熱があり、それぞれの時間に影響する要因も検討する。

また、真空調理による水や調味液の高い浸透性を活かし、植物性食品（大豆やりんご）真空調理法の合理的で新しい提案も試みる。

第1章 鶏肉の真空調理における加熱条件が食味・ 物性に及ぼす要因

I. 加熱所要時間に及ぼす要因

1. 目的

真空調理は真空包装後、低温（約50～100℃）で長時間加熱する調理法である。この調理法の利点にたんぱく質性食品を軟らかくジューシーに仕上げるということが挙げられ、西念ら¹⁸⁾により真空調理した鶏胸肉はゆで加熱した場合より軟らかくジューシーであると報告されている。しかし、寄与しているのが、低温で加熱することで筋繊維の収縮を抑制できること、真空包装により脱気されて熱伝導がよくなること、もしくは両者であるのかが明確ではない。そこで、真空包装の影響により鶏肉の食味が変化するかを比較し、真空調理の有用性を検討した。

真空調理の加熱条件では、加熱機器の温度と加熱時間のみが示されることが多い。しかし、購入する食品が常に大きさや厚さなどの条件が同様になるとは限らない。その際に加熱時間も変化するのではないかと考えた。そこで、作業を標準化し安定した品質の料理を提供するためにも加熱所要時間に影響する要因として「湯煎温度」、「試料の重量」、「調味料の添加」、「1回の投入量」などを検討した（Fig. 1）。

2. 実験方法

(1) 試料

1) 試料

埼玉県坂戸市の小売店に委託し、生後8週齢、屠殺24時間後

の市販ブロイラー胸肉を購入して実験に用いた。その鶏肉は、皮及び周囲の厚みの薄い部分を除去し、幅6cm、長さ12cm、厚さ2cm程度の大きさ（約150g）に成形したものをを用いた（Fig. 2）。

2) 試料の調製

各因子の実験（以下、①～⑫）は、各々3回繰り返した。

①真空包装の有無の影響

〈真空包装を行う場合〉

鶏肉を真空包装用フィルム（三菱樹脂性ダイアミロンM WT M-B01 0.07×200×300mm）¹⁹⁾に入れ、真空包装機（東静電気製 TOSPACK-480S）²⁰⁾で真空包装した後、スチームコンベクションオーブン（FUJIMAK製 COMBI OVEN-FCCM6G）（以下、スチコン）で加熱した。加熱時のスチコンの設定温度は75℃、85℃、スチコンの調理モードは、低温加熱に適しているバリオスチーミング（ホットエアーとスチームのコンビネーション）とした。加熱開始の中心温度は、予備実験で冷蔵庫から試料を取り出し、成形、真空包装を行うと約15℃になることを確認し、15℃とした。加熱終了は、肉の中心温度が75℃に到達後、1分間加熱を持続するとした。加熱後の試料は氷水（-1℃±1℃4.5ℓ）中で、肉の中心温度が3℃になるまで冷却した。

〈真空包装をしない場合〉

鶏肉を真空包装用の袋に入れ、真空包装せずに加熱した試料（以下、袋あり）および、真空包装用の袋に入れずそのまま加熱した試料（以下、袋なし）を調製した。加熱条件は、上記の真空包装した場合の試料と同様とした。

なお、加熱時の分量は、1枚のホテルパン（325mm×538mm×250

mm) に真空包装 1 袋と袋ありまたは、袋なし 1 袋の計 2 枚をのせ、スチコン内にはホテルパン 3 枚（上段、中段、下段）を入れ、計 6 袋で加熱した。位置（手前、奥）による温度差を考慮するため天板上の試料の置く位置は実験の繰り返しの際に入れ替えた。

加熱後の試料は真空包装用の袋に入れ、氷水中で中心温度が 3℃になるまで冷却した。

真空調理では、加熱機器としてスチコンまたは湯煎が用いられている。この加熱機器として湯煎を用いずスチコンを採用したのは、袋ありの試料を湯煎に入れると水圧で袋と試料が密着し真空包装したような状態になるのを避けるためである。

②加熱機器の違いの影響

鶏肉を真空包装用フィルム（三菱樹脂性ダイアミロンM）に入れ、真空包装機（東静電気製TOSPACK-480S）で真空包装した。加熱機器としてスチコン（FUJIMAK製 COMBI OVEN-FCCM 6G）とパッケージクッカー（FUJIMAK製FPC5535H）（以下、湯煎とする）を用いた。各加熱機器の仕様はTable 1 に示した。加熱条件は、1 回の投入量は 6 袋（150 g / 袋；鶏肉総重量は約 900 g）、加熱温度は 75℃ および 85℃（以下、75℃、85℃とする）、加熱終了は「肉の中心温度が 75℃ に到達後、1 分間の加熱を持続する」とした。また、各加熱機器の設定は、スチコンは調理モードを、低温加熱に適しているバリオスチーミング（ホットエアーとスチームのコンビネーション）とした。パッケージクッカー（FUJIMAK 製 FPC5535H）（以下、湯煎とする）に入る最大湯量は 35ℓ だが、これは、試料を入れず水のみを入れた場合である。そこで、1 回の投入量を考慮して 32ℓ とした。

③湯煎温度の影響

鶏肉を真空包装用フィルム（三菱樹脂性ダイアミロンM）に入れ、真空包装機（東静電気製 TOSPACK V-20）で真空包装した後、パッケージクッカー（FUJIMAK製）に各設定温度の湯量約32ℓを入れて加熱した。著者らは、「鶏胸肉の加熱終了は、肉の中心温度が70℃、加熱保持時間5分」が適していたと報告¹⁸⁾している。この報告は1996年にO-157の食中毒が発生し、1997年に大量調理施設衛生管理マニュアル^{10,11)}が示されるより以前のものであるため、「加熱調理は75℃1分」という条件を満たしていないが、肉類の加工品（ソーセージなど）の加熱条件で「63℃で30分加熱」は満たしており、衛生的な問題はないと考えている。しかし、本実験では真空調理を大量調理施設で利用することを考慮して加熱終了の条件は「肉の中心温度が75℃に到達後、1分間の加熱を持続する」とした。

また、鶏肉の加熱条件としてレシピ²¹⁻²⁵⁾で示される加熱機器の温度は、加熱終了の中心温度と同温、またはそれ以上である。そこで、本実験のパッケージクッカーの湯煎温度は75℃、85℃、95℃を採用した（以下、75℃湯煎、85℃湯煎、95℃湯煎とする）。その際の湯量は32ℓ、1回の投入量は5袋（鶏肉約750g、湯量に対して約2.3%）とした。中心温度測定に用いたデータコレクターの6本のセンサーを湯煎（スチコン庫内）温度モニタリング用1本と試料用5本に使い分けた。加熱後の試料は氷水中で、肉の中心温度が3℃になるまで冷却した。

④一切れ当りの重量の影響

鶏肉を約10g×15切れ／袋、約20g×7切れ／袋、約50g×3

切れ／袋、約150g×1切れ／袋で真空包装した。湯煎温度は75℃および85℃とし、加熱条件は、上述の「③湯煎温度の影響」に準じた。

⑤厚さの影響

幅6cm、長さ12cm、厚さ2cm程度の大きさ（約150g）に成形した（以下、20mm）。その後、厚さを半分するために観音開きにした（以下、10mm）。1袋当たりの鶏肉重量は約150gに統一した。湯煎温度は75℃および85℃とし、加熱条件は、上述の「③湯煎温度の影響」に準じた。

⑥加熱開始の中心温度の影響

鶏肉を真空包装用フィルム（三菱樹脂性ダイアミロンM）に入れ、真空包装機（東静電気製 TOSPACK V-20）で真空包装後、加熱開始の中心温度は、-45℃、5℃、15℃とするため、-45℃の試料はメディカルフリーザー（-48℃）で5時間凍結、5℃の試料は冷蔵庫（5℃）で5℃になるまで冷却した。湯煎温度は75℃および85℃とし、加熱条件は、上述の「③湯煎温度の影響」に準じた。

⑦油脂添加量の影響

鶏肉を成形後、フードプロセッサーで挽肉とし、ゴムべらで結着性がでるまで70回混ぜ、その後、鶏脂を添加して混ぜ、全ての試料の混ぜ回数は100回に統一した。鶏脂は、冷凍されたものを鶏肉と同時に精肉店より購入した。鶏脂の添加割合は、挽肉全重量（100g）に対して0%、10%（鶏脂10g、鶏肉90g）、20%（鶏脂20g、鶏肉80g）、30%（鶏脂30g、鶏肉70g）の鶏脂を添加した。楕円形の型（11.2cm（長径）×7.7cm（短径）×1.2cm

(高さ) : 内容量100 g 設計, 材質: ステンレス) に入れて成形した。この鶏脂の添加割合 (10~30%) は、ハンバーグに含まれる脂肪の割合を想定して決めた。

真空包装時の扁平化を防ぐため楕円形に成形後、メディカルフリーザーで冷却 (中心温度が約 0℃になるまで) した後、真空包装した。湯煎温度を75℃および85℃とし、加熱条件は、上述の「③湯煎温度の影響」に準じた。

⑧調味料添加の影響

ソテー、照り焼き、煮物を想定して食塩 (肉重量の1%) のみ、食塩 (肉重量の1%) と砂糖 (肉重量の3%) を成形後の鶏肉表面になすりつけた。その後、直ちに真空包装用フィルム (三菱樹脂性ダイアミロンM) に入れ、真空包装した。湯煎温度は75℃および85℃とし、加熱条件は、上述の「③湯煎温度の影響」に準じた。真空包装から加熱までの放置時間は約15分とした。

⑨皮の有無の影響

皮なしは皮を除去し、皮付き試料は皮をつけたまま幅 6 cm、長さ12cm、厚さ 2 cm程度の大きさ (約150 g) に成形した。

真空包装した後、湯煎温度を75℃および85℃とし、加熱条件は、上述の「③湯煎温度の影響」に準じた。

⑩表面の焼き色の有無の影響

チキンソテーなどでは表面に焼き色があり、その風味がおいしさにもつながる。真空調理では加熱中に焦げることがないため、加熱前に表面に焼き色をつけてから調理した。電磁調理器の出力を1500Wとして、テフロン製のフライパンを約5分熱した後 (フライパン温度235℃)、鶏肉の表面に焼き色をつけた。焼き色が

ちょうどよくつく時間を30秒ごとに確認して検討した。30秒、60秒では焼き色が薄く、90秒がちょうどよく焼き色がついた、120秒では焦げすぎの部分が見られた。そこで、鶏肉の片面を90秒ずつ焼き、焼き色を付けた。冷蔵庫（5℃）で約10分冷却した鶏肉（約10℃）を真空包装した後、湯煎温度を75℃および85℃とし、加熱条件は、上述の「③湯煎温度の影響」に準じた。

⑪ 1回の投入量の影響

成形後の鶏肉を、1枚ずつ真空包装した後、湯煎温度を75℃および85℃とし、加熱条件は、上述の「③湯煎温度の影響」に準じた。ただし、1回の投入量は、5袋（鶏肉約0.8kg、湯量（320）に対して約2.3%）、10袋（鶏肉約1.5kg、湯量（290）に対して約5.6%）、20袋（鶏肉約3kg、湯量（250）に対して約12.2%）とした（以下、5袋、10袋、20袋とする）。

⑫ 1袋当たりの重量の影響

成形後の鶏肉を真空包装用フィルムにそれぞれ1枚、2枚、3枚入れ、1袋に2枚、3枚入れる場合、鶏肉と鶏肉が密着しないようにした。真空包装した後、湯煎温度を75℃および85℃とし、加熱条件は、上述の「③湯煎温度の影響」に準じた。

パッケージクッカー内の鶏肉重量と湯量は、1枚／袋の場合は鶏肉約0.8kg、湯量320（湯量に対して約2.3%）、2枚／袋では鶏肉約1.5kg、湯量290（湯量に対して約5.6%）、3枚／袋では、鶏肉約2.3kg、湯量250（湯量に対して約9.2%）とした（以下、1枚、2枚、3枚とする）。

（2）測定項目及び方法

1）75℃に到達した時間、加熱所要時間、肉の中心温度履歴

肉の中心温度は試料の一番厚い部位に、厚みおよび幅とも中心に位置するように熱電対温度計を挿し、データコレクター（安立計器製 AM-7002）により記録した（Fig. 3）。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を貼り、そのテープを介した形で温度を測定し、75℃に到達後さらに1分加熱した時間（以下、加熱所要時間）も記録した。

2) 単位当りの加熱所要時間

生肉（15℃）の加熱開始から終了までの時間および温度をそれぞれ計り、Sink et alに従い次式²⁶⁾より算出した。

$$\text{単位当りの加熱所要時間} = \frac{\text{加熱所要時間 (min)} / (\text{加熱終了時温度} - \text{加熱開始時温度})}{\text{生肉重量 (g)} / 100 \text{ g}}$$

(min/℃/100g)

3) 歩留り

加熱後の肉重量を測定し、生肉重量に対する割合で示した。

4) 面積保持率

生肉及び加熱肉試料を直接コピーし、面積を測定後、次式により算出し、肉の収縮の指標とした¹⁸⁾。

$$\text{面積保持率 (\%)} = \frac{\text{加熱肉面積 (cm}^2\text{)}}{\text{生肉面積 (cm}^2\text{)}} \times 100$$

5) 多汁性

遠心分離法^{27,28)}に従って行い、多汁性の指標とした。なお、鶏肉1枚からFig. 2に示したように試料を切り出し、3~5g（15×15×15mm）を遠心管（脚付ステンレスかご入り）に精秤し、25℃で30分の遠心分離（2700×g）後、残渣の重量を測定して次式より算出した。

$$\text{多汁性 (\%)} = \frac{\text{遠心前肉重量 (g)} - \text{遠心後残渣量 (g)}}{\text{遠心前肉重量 (g)}} \times 100$$

6) 肉の内部の色

試料は、鶏肉1枚からFig.2に示したように切り出し、1×1×4 cmの棒状に成形し、測色色差計（日本電色工業ZE-2000）によりU.S.C.表色系のハンター表色法によるL*、a*、b*値を測定した。

7) 肉およびドリップ中のたんぱく質量

肉中およびドリップ中のたんぱく質含有量はローリー法で測定した²⁹⁾。肉は1g採取し、蒸留水9gを加えてホモジナイズし、遠心分離後、上清を試料とした。その試料を50倍希釈し、2ml採取した。そこに2%Na₂CO₃（0.4%NaOH、0.16%酒石酸Na、1%SDSを混合）と4%CuSO₄・5H₂Oを100：1で混合した溶液を6ml加え10分室温で放置した。その後、1NのFolin試薬を0.6ml加え、45分室温で放置し、UV-VISIBLE SPECTROPHOTO METER

（UV-1700, SHIMADZU）を用いて660nmの波長で測定した。またブランクには、同量の蒸留水、標準にはBSA（標準：25.0μg/ml、20.8μg/ml、13.0μg/ml）を用いた。さらに肉1gに100%エタノール9mlを加えて除タンパクした溶液も同様に行った。ドリップは50倍希釈し、2ml採取した。その後、肉と同様に測定した。さらにドリップを遠心分離後の上清とドリップ2mlに100%エタノール8mlを加えて除タンパクした溶液も同様に行った。

8) 破断応力

破断応力とその時の歪率をクリーフメーター（山電製RHEONER II RE2-33005）により測定した。プランジャーはナイフ型を用い、筋線維に直角方向に剪断し、筋線維の壊れ易さを測定した。なお、鶏肉1枚からFig.2に示したように試料を切り出し、1×1×4cmの

棒状成形し測定に用いた。測定条件は試料をロードセル20kg、測定スピード1mm/sec、歪率100%で行った³⁰⁾。

9) 組織観察

Masson Torichrome染色法の変法^{31,32)}により行った。星野ら^{33,34)}の方法に準じ、生肉及び加熱肉は5mm角×1cmの大きさに切り出し、10%ホルマリン緩衝液で固定後、95%アルコールで脱水し、最終成形したものをパラフィン包埋に用いた。包埋後の試料は、滑走式ミクロトームで3μmの薄切切片とし、染色後、生物顕微鏡により組織観察をした³⁵⁾。

10) 加熱肉断面の温度分布

サーモレーサ (NEC三栄製 TH6200R) を用いて加熱後試料の内部温度を測定した。加熱後試料肉で、最も厚い部分の短径の切断面と長径の切断面による温度差を検討するために測定した。また、パッケージクッカー内の湯煎温度の確認も行った。

11) 官能評価

7段階評点法³⁶⁾により、本学調理学系教職員 (20~50歳代女性) 15名により1×1×4cmに調製した試料を用いて行った。

12) 統計処理

統計処理にはExcel統計Ver. 6.0 (株式会社エスミ製) を用いた。有意差検定は、二元配置分散分析 (ANOVA) 後、多重比較 (Tukey's HSD test) を行った。ただし、官能評価の有意差検定は、Kruskal-Wallis検定で行った。相関分析は、Pearsonの相関係数を用いた。加熱所要時間の予測には重回帰分析を用いた。

3. 結果

(1) 真空包装の有無の影響

1) 肉の中心温度履歴

真空包装の有無、袋の有無による加熱中の中心温度履歴をFig. 4に示した。

スチコンを75℃に設定した場合、加熱開始後、約15分は急な温度上昇カーブを描くが、その後、約30分はほぼ平衡な状態を示した。真空包装の有無、袋の有無による差は少なかった。

スチコンを85℃に設定した場合も真空包装の有無、袋の有無による差は少ないが、加熱開始から約10分は袋なしの中心温度がやや低かった。

2) 加熱所要時間及び単位当りの加熱所要時間

加熱所要時間をTable 2に示した。75℃と85℃を比較すると75℃の方が約2倍で有意に長かった。75℃、85℃とも真空包装と袋ありの間に差は少ないが、袋なしの方が有意に短かった。試料の重量誤差が加熱所要時間に影響すると考え、試料100g当たりで1℃度上昇させるのにかかる時間を単位当りの加熱所要時間として算出したが、加熱所要時間と同様の傾向であった。(Fig. 4)。

3) 歩留り・多汁性

歩留り、多汁性をTable 2に示した。両項目においてスチコン温度にかかわらず真空包装が有意に高く、袋あり、袋なしの順に有意に低くなった。

4) 肉の内部の色

鶏肉の内部の色をTable 2に示した。L*値は明度、a*値は赤の度合（-値は緑）、b*値は黄の度合（-値は青）を示す。L*値は約81~83、a*値は約1~2、b*値は約10~11であり、L*値とb*値では真空包装の有無、袋の有無、加熱温度による有意な差

は認められなかった。しかし、 a^* 値では両加熱温度とも袋ありの試料が有意に高く、やや赤みが強くなっていた。

5) 破断応力

破断応力をTable 2に示した。スチコン温度とその加熱所要時間の長さにかかわらず真空包装が有意に低く、軟らかかった。また、袋ありが有意に高く、硬かった。

6) 官能評価

Fig. 5に加熱温度および真空包装の有無による官能評価結果を示した。袋ありは、加熱後に出来上がりを確認すると肉の中心部が生っぽく、肉の内部の色においてもやや赤みが強かったことから官能評価は行わなかった。鶏の生臭さは、85℃で真空包装がもっとも弱いと評価され、香りの好みでも85℃で真空包装が普通の評価に近かった。真空調理は密封された状態で加熱するため好ましくない臭いも封じ込める欠点があり、生臭さの評価は強いと評価された。開放系で加熱する真空包装なしの試料の方が、生臭さも揮発するかと考えていたが、85℃の加熱では揮発の効果は少なかった。官能評価で有意差が認められたのは軟らかさ、テクスチャーの好み、旨味、味の好み、総合評価であり、袋なしより75℃、85℃湯煎とも真空包装の方が評価は高かった。

(2) 加熱機器の種類の影響

1) 加熱機器の設定温度とその温度分布

スチコンの位置による温度の違いをTable 3に示した。スチコンの設定温度とデジタル表示される庫内温度には約2℃の誤差が認められた。しかし、ホテルパンをスチコンの上段、中段、下段に置き、各々のホテルパンの手前から5cmと奥から5cmの位置の

温度をスチコン表示温度が75℃または85℃になってから30分間、モニタリングした（ホテルパンの底面から1 cm上）。スチコン表示が75℃の場合の実測値は75.2～77.5℃を示し、85℃の場合は86.3～87.9℃であり両温度とも位置により約2℃の温度差が認められた。庫内の位置による影響は、最も高かったのは上段奥、最も低いのは上段手前であった。上段では手前と奥の温度差が約2℃と中段（約0.3℃）、下段（0.5℃前後）より大きかった。

湯煎（パッケージクッカー）を75℃または85℃に設定し、位置による温度の違いをFig. 6に示した。熱電対温度計により測定しデータコレクター（安立計器製 M-7002）でモニタリングした。温度測定位置は湯煎の上部（表面から約5 cm下）6カ所と底部（底面から約5 cm上）6カ所を検討した。その6カ所は、ヒーターのある位置（Fig. 6の①、③、⑤）、攪拌モーターのある位置（Fig. 6の④）、ヒーターも攪拌モーターもない位置（Fig. 6の②、⑥）とした。

上部の温度は、75℃湯煎で74.9～75.0℃、85℃で84.7～84.9℃であった。また、底部では、74.9～75.0℃、85℃で84.7～85.0℃であった（Table 4-1、4-2）。設定温度との差、上部と底部の差、ヒーターの有無による差は少なく、ほぼ均一と考える。

また、サーモトレーサでパッケージクッカーの表面温度を測定すると熱電対温度計で測定した時と同様に位置による差が少なかった（Fig. 7）。

2) 加熱所要時間

加熱所要時間をTable 5に示した。スチコンの庫内温度はムラがあるため、試料の温度履歴のモニタリングは、各設定の加熱温

度より低く、または高くなりすぎないこと、さらにスチコンから加熱終了の試料を取り出すためにスチコンの扉を開けると庫内温度が約5～10℃低下し、扉を閉めて加熱を続けても設定温度に戻るまでの時間が約1分を要し、加熱所要時間の誤差につながることも考慮して実測値が類似していた中段の手前、奥、下段の手前に置いた試料で行った。加熱の設定湯煎温度またはスチコンの庫内温度を75℃、85℃として、鶏肉の中心温度が75℃に到達するまでの加熱所要時間を比較すると、75℃ではスチコンは36.6分、湯煎は42.2分でスチコンの方が有意に短くなった。85℃でも同様にスチコンが有意に短く、スチコンは19.9分、湯煎は22.2分であった。

3) 多汁性、歩留り

歩留り、多汁性をTable 5に示した。両項目ともスチコンより湯煎の方が有意に高かった。しかし、歩留り、多汁性の両者とも85℃が高い傾向を示し、ジューシーな仕上がりであった。

3) 肉の内部の色

肉の内部の色をTable 5に示した。肉の内部の色をL*値は82.0～83.0、a*値は1.1～1.2、b*値は10.9～12.0であった。加熱機器および加熱温度による有意な差は見られなかった。

4) 破断応力

破断応力をTable 5に示した。両加熱温度ともスチコンより湯煎の方が有意に低く、軟らかかった。

(3) 湯煎温度の影響

1) 肉の中心温度履歴および加熱所要時間

湯煎温度を75℃、85℃、95℃として、肉の中心温度が75℃に到

達するまでの時間を比較すると、75℃湯煎では42分、85℃湯煎では約22分、95℃湯煎では約18分と湯煎温度が高くなるほど有意に短くなった (Table 6)。加熱中の中心温度履歴をFig. 8に示した。加熱開始後15分、約60℃までは急な温度上昇カーブを描き、湯煎温度による差は少なかった。しかし、それ以降75℃に達するまでの温度履歴は85℃、95℃湯煎に差は少ないが、75℃湯煎の温度履歴は約15分で、その後30分は、ほぼ平衡な状態を示した。さらに、肉の内部の位置による温度上昇を比較した。測定位置は中心、中間 (中心から1 cm外側)、外側 (表面から1 cm内側) とした。75℃湯煎では、中間と外側の温度履歴に差はほとんどないが、中心の温度履歴は加熱開始後約15分は、中間と外側より約5℃低かった。加熱開始後約15分以降は温度差が少なくなったが、これは湯煎温度と中心温度の差が少なく温度上昇が緩慢になった。また、加熱終了時の中心温度は位置による差は少なかった (Fig. 9 - 1)。85℃湯煎では、加熱開始後約10分までは、位置による温度差が大きく、中心、中間、外側でそれぞれ約5℃の温度差があった。試料の温度が上昇し、湯煎温度との差が少なくなり温度上昇が緩慢になると位置による差が少なくなった。加熱終了の中心温は76.2～79.8℃で外側の方がやや高かった (Fig. 9 - 2)。95℃湯煎では、中間と外側の温度履歴に差は少ないが、中心は中間と外側より約10℃低かった。これは、加熱終了まで同様の傾向を示した。加熱終了の中心温は77.2～85.1℃で外側の方が高く、加熱終了に設定した75℃よりもかなり高かった (Fig. 9 - 3)。また、加熱所要時間は試料の重量が影響すると考え、100 g当たりの単位当たりの加熱所要時間を算出したが加熱所要時間と同様の結果であ

った。湯煎温度を高くすることは加熱所要時間を短縮化する。

また、中心温度が75℃に到達後、1分間加熱した際の肉の最終中心温度に違いがあり、75℃湯煎では75.0℃であった。湯煎温度より肉の中心温度が高くなることはないので、湯煎温度と加熱終了の中心温度（75℃）が同温のため変化がなかった。85℃湯煎は76.1℃、95℃湯煎は77.1℃と湯煎温度が高い方が最終温度も高かった。そこで、図示はしていないが、各湯煎温度で75℃到達後の1分間の有無による官能評価を行ったが、1分間の有無による有意な差は認められなかった。この実験では1分間加熱を持続することの影響は少ないので、中心温度を測定して75℃到達後1分加熱することにした。

2) 歩留り、多汁性、面積保持率

歩留りは82～85%、多汁性は、35～37%で両項目とも湯煎温度による有意な差は認められなかった。しかし、歩留り、多汁性の両者とも85℃湯煎が高い傾向を示し、ジューシーな仕上がりであった（Table 6）。

3) 肉内部の色

L*値、a*値、b*値とも湯煎温度による差は認められなかった（Table 6）。

4) 肉およびドリップ中のたんぱく質量

ドリップ中の熱変性していないたんぱく質量はドリップ1m中では湯煎温度による差は少ない。しかし、湯煎温度によって流出するドリップ量が異なるため全ドリップ中で比較すると85℃湯煎が少ない傾向にあり、肉中の残存量がやや多かった。（Table 7）。

また、肉に蒸留水を加えて試料で肉中の熱変性していないたんぱく質量も湯煎温度による有意な差は認められなかった（Table 8）。さらに、肉の外側から5 mmまでの部分と中心から5 mmまでの部分とに分けて比較した。85℃湯煎は内外の差がほとんどなかったが、75℃と95℃湯煎では内外差があり内側より外側の方が熱変性していた（Table 9）。

5) 破断応力

破断応力は、95℃湯煎、85℃湯煎、75℃湯煎の順に有意に低くなり、軟らかくなった（Table 6）。内部と表面の破断応力を比較した。全ての湯煎温度において破断応力は内側と表面に有意な差は見られなかった。しかし、75℃と95℃湯煎肉では、噛み切る時点の元の高さに対して押しつぶされた割合を示す歪率は内部の方が高い傾向にある。また、肉の表面を噛み切り、プランジャーが内部への進入するときの波形を見ると内部では波形が撓む傾向が見られた（Fig.10）。

6) 組織観察

加熱した鶏肉の横断面を200倍で観察した結果をFig.11に示した。鶏胸肉の最も厚い部分を上層、最も薄い部分を下層、その間を中層とわけ、検討したが、位置の違いによる傾向は類似していたため、中層部の観察結果を肉の中心部と外側に分けて示した。内側について湯煎温度で比較すると、すべての湯煎温度で間隙が見られたが、95℃湯煎は他よりも、間隙が狭かった。外側は、85℃湯煎では間隙が内側と同様に広く見られるが、75℃および95℃湯煎では、間隙がほとんどなく、筋線維が収縮していた。75℃湯煎と95℃湯煎では、内外差が見られ、特に95℃湯煎では、筋細胞の

密度が高くなっているように見えた。

7) 加熱肉断面の温度分布

加熱後の肉をFig.12に示すように切断し、長径と短径の温度分布を確認した (Fig.12)。加熱後、開封、切断をしている間に試料の温度は低下するので、加熱終了の中心温度より低くなっている。そこで、温度分布として比較することにした。肉の最も厚い部分の短径の切断面を観察すると75℃湯煎と85℃湯煎では、内部と表面に差は少ないが、95℃湯煎では表面付近にやや高温の白色部分がみられた。また長径の切断面で観察すると75℃湯煎と85℃湯煎では、肉の厚みの厚い部分と薄い部分に差は少ないが、95℃湯煎では左側肉薄部分の方にやや高温の白色部分がみられた。破断応力や組織観察の結果と同様に温度分布でも95℃湯煎では、内外差、厚みによる差がみられる傾向であった。

8) 官能評価

湯煎温度による官能評価の結果をFig.13に示した。湯煎温度の食味への影響は、特に軟らかさで見られ、もっとも軟らかいと評価されたのが75℃湯煎、その次が85℃湯煎、最後が95℃湯煎の順であった。これは、破断応力の結果と一致していた。95℃湯煎は色以外の項目の香りの好み、テクスチャーの好み、味の好み、総合評価などで低く評価される傾向を示した。官能評価評点「4」を普通と位置づけ、ほとんどの項目においてそれ以上の評点を得たのは75℃湯煎と85℃湯煎であった。

官能評価項目で総合評価との有意に相関が高い傾向を示したのは、75℃湯煎では、鶏の生っぽい臭いの強さ： $r = -0.549$ 、テクスチャーの好み： $r = 0.559$ 、うま味の強さ： $r = 0.511$ 、味の

好み：0.894であった。85℃湯煎では、鶏の生っぽい臭いの強さ： $r = -0.578$ 、味の好み：0.527であった。95℃湯煎では、軟らかさ： $r = 0.754$ 、テクスチャーの好み： $r = 0.704$ 、多汁性： $r = 0.819$ 、味の好み：0.809であった。75℃湯煎と85℃湯煎で総合評価に負の相関を示した鶏の生っぽい臭いの強さであり、官能評価の自由記述において「鶏臭いのが気になる」、「生臭くて食べにくい」と記述されたこともあり、鶏の生っぽい臭いの強さの評価への影響を検討する必要性が生じた。そこで、シンクロナイズドスライミングで使用されるノーズクリップを鼻に装着して臭いを感じにくくして官能評価を行った。その結果をTable10に示した。75℃湯煎、85℃湯煎では、ノーズクリップを装着した方が全体的に高く評価される傾向があった。多汁性、味の好み、総合評価は有意に高く評価された。鶏の生っぽい臭いの強さが評価に影響していた。

そこで、鶏の生っぽい臭いをマスキングするために胡椒（鶏肉重量の約0.01%）を加えて加熱した（Table11）。胡椒を加えた試料は75℃湯煎と85湯煎とも、鶏の生っぽい臭いはやや弱くなったと評価され、臭いの好みは75℃湯煎で4.8点、85℃湯煎で4.5点と評価され、普通（評点4）以上の評価になった。その他の官能評価項目でも胡椒を加えた方が高く評価される傾向にあった。しかし、95℃ではノーズクリップの装着、胡椒の添加による有意な変化は認められなかった。

（4）一切れ当りの重量の影響

1）加熱所要時間

一切れ当りの重量による加熱所要時間をTable12に示した。加熱

所要時間は75℃、85℃湯煎とも一切れ当たりの重量が重くなるほど有意に長くなった。また、75℃湯煎と85℃湯煎を比較するとすべての重量で85℃湯煎の方が有意に短かった。

2) 歩留り、多汁性

歩留り、多汁性の結果をTable12に示した。歩留りは湯煎温度や一切れ当たりの重量の影響は少ない。多汁性は75℃湯煎と85℃湯煎を比べると、どの一切れ当たりの重量でも85℃湯煎の方が有意に高くジューシーであった。また、85℃湯煎における多汁性は、一切れ当たりの重量による差は認められなかった。75℃湯煎は、一切れ当たりの重量が少ないほど多汁性が低くなる傾向であった。

3) 破断応力

物性測定結果をTable12に示した。10gのサンプルは、真空包装時に扁平化してしまい、厚みが少なく測定できなかった。破断応力は、一切れ当たりの重量による差は少なかった。湯湯煎温度では、85℃湯煎の方が75℃湯煎より低く、軟らかい傾向であった。

(5) 厚さの影響

1) 加熱所要時間

鶏肉の厚みを変化させた時の加熱所要時間をTable13に示した。加熱所要時間は75℃湯煎では、10mmで18.3分、20mmで43.0分でした。85℃湯煎では、10mmで9.8分、20mmで23.0分でした。加熱所要時間は75℃、85℃湯煎とも厚さ20mmの方が有意に長く、10mmの約2.5倍の時間を要した。

2) 歩留り、多汁性

鶏肉の厚みを変化させた時の歩留り、多汁性をTable13に示し

た。歩留りと多汁性は、両項目とも75℃湯煎では厚さによる有意な差は認められなかったが、85℃湯煎では20mmの方が有意に高かった。

3) 肉の内部の色

肉の内部の色は、厚さ、湯煎温度による有意な差は認められなかった (Table13)。

4) 破断応力

鶏肉の厚みを変化させた時の破断応力をTable13に示した。破断応力は、75℃湯煎では厚さによる有意な差は認められなかったが、85℃湯煎では10mmの方が有意に低く軟らかかった。これは、たんぱく質の変性が進み噛み切り易さとして測定されたのではないかと考える。

(6) 加熱開始の中心温度の影響

1) 加熱所要時間

鶏肉の加熱開始時の温度を変化させた時の加熱所要時間をTable14に示した。加熱開始の中心温度を冷凍(-45℃)、冷蔵(5℃)、15℃に設定し加熱所要時間を比較した。-45℃の中心温度測定は、凍結した試料に熱電対温度計を挿入することは不可能であるため、真空包装後に熱電対温度計を挿入したまま-48℃の冷凍庫で凍結させ、試料に用いた。両湯煎温度とも冷凍の試料がもっとも長く、冷蔵、15℃の順であった。加熱開始の中心温度が高いほど加熱所要時間は短くなることが明らかになった。しかし、冷蔵と15℃の間の差は少ない傾向が見られた。

2) 歩留り、多汁性

鶏肉の加熱開始の中心温度を変化させた時の歩留り、多汁性を

Table14に示した。三者とも大差は見られない。また、湯煎温度による影響も少なかった。

3) 肉の内部の色

L*値、a*値、b*値とも加熱開始の中心温度および湯煎温度による差は認められなかった (Table14)。

4) 破断応力

鶏肉の加熱開始の中心温度を変化させた時の破断応力をTable 14に示した。三者とも大差は見られない。また、湯煎温度では75℃の方が低く、軟らかい。

(7) 油脂添加量の影響

1) 加熱所要時間

油脂の添加量を変化させた時の加熱所要時間をTable15に示した。75℃湯煎では0%が16.0分、10%18.9分、20%が19.9分、30%で23.4分であった。85℃湯煎では0%が7.0分、10%8.8分、20%が9.9分、30%で13.2分であった。両湯煎温度とも油脂の添加割合が高くなるにつれ加熱所要時間は有意に長くなった。湯煎温度で比較すると各添加割合とも75℃湯煎の方が85℃湯煎の約2倍の時間を要した。

2) 歩留り

両湯煎温度も油脂の添加割合の増加に伴い歩留りは低下した (Table15)。加熱後、冷却した試料のドリップを見ると油脂が凝固しているのが観察でき、ドリップ中へ添加した油脂が流出していた。そこで、油脂の添加割合が増加するほど流出する油脂量も増加し、このため歩留りが油脂添加割合の増加に伴い低下した。

(8) 調味料の添加の影響

1) 加熱所要時間

鶏肉に調味料を添加した時の加熱所要時間をTable16に示した。両湯煎温度とも食塩添加は味付けなしの場合より加熱所要時間を有意に短くした。また、砂糖添加は75℃湯煎においては加熱所要時間を有意に長くしたが、85℃湯煎ではほとんど影響しなかった。

2) 歩留り、多汁性

鶏肉に調味料を添加した時の歩留り、多汁性をTable16に示した。調味料の添加は、歩留りおよび多汁性を有意に高くした。

3) 肉の内部の色

肉の内部の色は、調味料添加、湯煎温度による有意な差は認められなかった (Table16)。

4) 破断応力

鶏肉に調味料を添加した時の物性測定結果をTable16に示した。破断応力は食塩添加により有意に低くなった。

(9) 皮の有無の影響

1) 加熱所要時間

鶏肉の皮の有無による加熱所要時間をTable17に示した。日常で蒸し鶏などを作る際には皮をつけたままのこともあるので、皮の有無が加熱所要時間への影響を検討した。両湯煎温度とも皮付きの方が有意に長くなった。

2) 歩留り、多汁性

Table17に示したように85℃湯煎は、歩留りおよび多汁性とも皮なしの方が有意に高かった。

3) 肉の内部の色

肉の内部の色は、皮の有無、湯煎温度による有意な差は認められなかった (Table17)。

4) 破断応力

鶏肉の皮の有無による物性測定結果をTable17に示した。測定する際、皮は滑ってしまい、測定困難であったため除去した。そして皮が付いていた面から噛み切るようにして測定した。破断応力は皮なしの方が有意に低かった。歪率を比べると皮付きの試料の方が高かった。

(10) 表面の焼き色の有無の影響

1) 加熱所要時間

鶏肉に焼き色を付けた時の加熱所要時間をTable18に示した。両湯煎温度とも表面に焦げ目がある方が加熱所要時間は長くなった。

2) 歩留り、多汁性

歩留りは焼き色の有無による有意な差は認められなかった。多汁性は焼き色なしの方が有意に高かった。

3) 肉の内部の色

肉の内部の色は、焼き色の有無、湯煎温度による有意な差は認められなかった (Table18)。

4) 破断応力

破断応力は焼き色なしの方が有意に低く、軟らかかった (Table18)。

(11) 1回の投入量の影響

1) 加熱所要時間

1 回の投入量による加熱所要時間を Table19 に示した。75℃湯煎は10袋より、20袋の方が有意に長く、これまでの試料調製では5袋を1回に投入していたが、それと比較しても長時間を要し、20袋投入については約2倍の時間を要した。

単位当りの加熱所要時間については、20袋が最も長く、75℃湯煎で0.85分、85℃湯煎で0.26分であった。加熱所要時間と同様の結果を示した。

2) 歩留り、多汁性

1 回の投入量による歩留り、多汁性を Table19 に示した。歩留りは75℃湯煎の20袋が有意に低く、加熱所要時間の長時間化が影響している。多汁性は湯煎温度および1回の投入量による有意な差は認められなかったが、75℃湯煎の20袋が低い傾向であった。

3) 肉の内部の色

肉の内部の色は、投入量、湯煎温度による有意な差は認められなかった (Table19)。

4) 破断応力

1 回の投入量による物性測定結果を Table19 に示した。破断応力は75℃、85℃の両湯煎温度とも20袋の方が有意に高くなった。

(12) 1袋当たりの重量の影響

1) 加熱所要時間

1袋当たりの枚数による加熱所要時間を Table20 に示した。1袋に入れる鶏胸肉の枚数を1、2、3枚とした。1袋当たりの枚数の増加に伴い加熱所要時間が長時間化する傾向がみられた。

2) 歩留り、多汁性

1袋当たりの枚数による歩留り、多汁性を Table20 に示した。歩留

り、多汁性とも1枚と2枚の間では有意な差は認められなかったが、枚数の増加により低下する傾向がみられた。

3) 肉の内部の色

肉の内部の色は、1袋当りの枚数、湯煎温度による有意な差は認められなかった (Table20)。

4) 破断応力

1袋当りの枚数による物性測定結果をTable20に示した。破断応力は85℃湯煎の3枚が有意に高く、硬かった。また、75℃湯煎の5枚が有意に低く軟らかかった。しかし、湯煎温度、1袋当りの枚数の影響は少なかった。

(13) 加熱所要時間の予測

各調製因子を検討したが、これらの関連性から加熱所要時間が推測できれば、作業計画に役立つのではないかと考え。そこで、重回帰分析し、重回帰式 (75℃湯煎 $r = 0.8898$ 、85℃湯煎 $r = 0.9206$) を求めた。用いた因子は「重量」、「厚さ」、「1回の投入量」、「脂質含量」、「皮の有無」、「食塩添加」、「砂糖添加」、「加熱開始温度」、「g当りの面積」である。その式から算出した時間と実測値を比較するとほとんどの条件で誤差率が5%以下であった (Table21、22)。

また、この重回帰式を他の畜種への利用し、豚ばら肉 (150g、180g)、豚もも肉 (150g、80g)、鶏もも肉 (150g) が75℃湯煎または85℃湯煎で、中心温度75℃到達後、1分間の加熱に要する時間を算出し、実測値と比較した。その結果、誤差率が約0~3%で有用性がある。しかし、食材によっては、調理特性から終点温度だけでは論じられないものもあり、豚の角煮のようにコラ

ーゲンの可溶化を必要とする例外も存在する。

4. 考察

(真空の有無の影響)

スチコンで加熱する場合の食品への熱伝導は、庫内を対流する熱風、スチコンの側面からの放射熱が考えられる。さらに、スチーム機能による潜熱、天板からの伝導、スチームが天板にゆで汁のように溜まりその湯からの伝導もがあると推察する。本実験では真空包装、袋なし試料の両者を同時に加熱しているため、食品への熱の影響は大きな相違ではない。しかしながら、真空包装により、脱気されて熱伝導がよくなり、加熱所要時間は短くなると推察したが結果は逆であった。これは、真空包装することで形状が変化し、ホテルパンやホテルパンに溜まった湯との接触面積が少なくなったためではないか。また、袋ありの加熱所要時間が袋なしより有意に長いのは、袋の中では空気が対流しないため鶏肉の周囲に空気の層ができて熱伝達を遅らせたと推察する。また、加熱所要時間が真空包装用の袋を使用した真空包装と袋ありの両試料で有意に長くなったことは真空包装用の袋があることで、熱伝導が遅れた影響によるのではないかと考える。

真空包装した試料は、袋なし・袋ありの試料より歩留り、多汁性が有意に高かった。これは、袋なしではドリップとしての水分の流出が多いこと、袋に覆われていないため水分蒸発することが歩留り、多汁性の低下に影響した。袋ありは、加熱所要時間が他よりも有意に長かったため、たんぱく質の変性が進み、筋繊維が収縮していることが推察され、このことが歩留り、多汁性の低下さらに硬さに影響している。

多汁性については、官能評価とこの測定値との相関を検討すると官能評価と遠心分離法による多汁性に $r=0.956$ ($p<0.05$) の相関があり官能評価と測定結果が対応していた。

以上よりスチコン加熱では真空包装することで、歩留り、多汁性が有意に高くなり、官能評価も高くなった。また、保存するには、真空包装した試料の方がそのまま保存すればよいので衛生的である。

(加熱機器の種類の影響)

真空調理に使用する加熱機器類は湯煎(パッケージクッカー)、スチコンが使用される。レシピには加熱温度と加熱時間が示されるが、湯煎とスチコンでは食品中へ熱を伝える媒体と伝熱法が異なる。前者は湯の対流、後者は空気の対流、放射、天板からの伝導である。このことから湯煎とスチコンでは食品の中心温度の上昇速度が異なり、加熱所要時間に影響すると考え、検討した。

鶏肉の中心温度が75℃に到達するまでの時間を比較すると、75℃ではスチコンは36.6分、湯煎は42.2分でスチコンの方が有意に短くなった。85℃でも同様にスチコンが有意に短かった。これは、湯煎、スチコンでは、食品中へ熱を伝える媒体と伝熱法が異なるために食品の中心温度の上昇速度が異なり、加熱所要時間に影響した。また、1回の調理量の目安が、本実験で使用したスチコンでは150gの肉(ハンバーグ)72個、パッケージクッカーは20袋という加熱機器の調理能力が影響したことも要因と考える。

本実験で使用したスチコンは、庫内の位置による差がみられた。これは、使用した機種の問題かもしれないが、同メーカーで

あるがもう一台、多機種のスチコンで検討したが同様の傾向であった。また、スチコンの庫内温度を70、80、90℃に設定し、加熱後の肉の温度を測定している平田ら³⁷⁾の報告では、加熱後の肉の温度がスチコンの庫内温度より約5℃ほど高くなっていた。庫内温度より加熱後の肉の中心温度が高くなることは考えにくい。これは、本実験と同様に「スチコンの表示温度より実測値の方が高かったこと」、「庫内位置による設置温度より実測値が高いことがあること」が影響したと考える。スチコンを使用する際、庫内温度の位置による差を確認してから使用することが必要である。

また、スチコンの約2℃の温度ムラは、低温で加熱する真空調理では影響が大きく、特に肉の中心温度とスチコンの庫内温度の差が少なくなると温度上昇が緩慢になるが、この段階で設定より約2℃高いと温度上昇速度が速くなり、肉の中心温度が75℃に達するまでの時間が湯煎より短くなることの要因の1つと考える。設定温度との差、上部と底部の差、ヒーターの有無による差は少なく、ほぼ均一と考える。これは、パッケージクッカー内の湯は、攪拌モーターにより対流しているため温度が均一になると考える。

以上より、本実験では加熱機器としてスチコンを用いた場合、庫内温度と表示の誤差、庫内の位置による温度ムラが加熱所要時間や出来上がりに影響し、再現性のあるデータを得るのが困難と判断した。本実験では標準化のためのデータの蓄積も目的としているため、温度ムラの少ない湯煎を加熱機器として採用した。

(湯煎温度の影響)

真空調理は食品により適した湯煎温度を設定し使用する。しかし、真空調理のレシピを調べると鶏肉でも、「加熱温度62℃、加熱時間30分」²¹⁾、「加熱温度70℃、加熱時間35分」²²⁻²⁴⁾、「加熱温度75℃、加熱時間40分」^{24,25)}のように数種の加熱温度および加熱時間が示され、終了の中心温度が示されていない。これは特に動物性食品で多く見られる。鶏肉を用いた西念ら¹⁸⁾の報告では湯煎温度と加熱終了時の中心温度は70℃と同温で設定している。これは、フランスで示された条件や日本で使用され始めたころの真空調理は、加熱終了の中心温度と加熱温度は同温と紹介されていたことにも因る。著者は、鶏肉の真空調理の加熱温度を85℃、95℃についても検討したが硬く、ぱさついた出来上がりで好まれなかった。これは、加熱終了の中心温度と加熱温度と同温としたため過加熱になったと考える。しかし、湯煎温度は85℃、95℃としても加熱終了の中心温度は75℃（ただし、75℃到達後1分、加熱を持続）で調製した試料と湯煎温度と加熱終了の中心温度を75℃と同温（ただし、75℃到達後1分、加熱を持続）で調製した試料に食味、外観、軟らかさ、ジューシーさ、味などに違いがあるのか。また、好まれる調製条件を比較検討したいと考えた。85℃や95℃での調製が可能ならば、75℃湯煎より加熱温度が高いため、中心温度が75℃に到達するまでの時間を短縮でき、消費エネルギー量を減少させられるのではないかと考え、湯煎温度の加熱所要時間への影響も検討した。

湯煎加熱の各設定温度において、肉の中心温度履歴は約60℃まで、ほとんど差がなかった。それ以降75℃までに達するまでの中

心温度履歴が、75℃湯煎で約30分、ほぼ平衡な状態を示し、他の湯煎温度と異なった。これは、たんぱく質の凝固により熱の伝導が悪くなり、さらに湯煎温度が75℃と低いことが影響した。

各湯煎温度で調製した試料において、歩留り、多汁性とも湯煎温度による有意な差は認められなかったが、85℃湯煎が高い傾向を示した。これは、75℃湯煎は加熱所要時間の長時間化に伴いたんぱく質の変性が進み、95℃湯煎では湯煎温度が高いためたんぱく質の変性が急激に進んだためと考える。また、面積保持率は95℃湯煎が有意に低く、収縮していたのは、加熱温度が80℃付近に達すると、ミオシンやアクチンの熱変性はほぼ完了し、筋周膜などの結合組織のコラーゲンは65℃から収縮しはじめ、80℃でもさらに収縮するため、80℃以上の加熱温度の85℃湯煎と95℃湯煎は75℃湯煎より低値を示したと考える。このことは物性測定において75℃湯煎より、85℃、95℃湯煎の方が有意に硬いことを裏付けている。

肉の中心の色は湯煎温度による差は認められなかったのは、どの湯煎温度とも加熱終了は中心温度を75℃到達後1分に統一したため肉内部の色に有意な差が認められなかったと推察する。

湯煎温度によるたんぱく質の変性の違いをさせるためにドリップ中の熱変性していないたんぱく質量を測定した。ドリップ1m中では湯煎温度による差は少ないが、湯煎温度によって流出するドリップ量が異なるため全ドリップ中で比較すると85℃湯煎が少ない傾向にあり、肉中の残存量がやや多いのではないかと推察した。そこで、肉に蒸留水を加えた試料で肉中の熱変性していないたんぱく質量を測定したが、湯煎温度による有意な差は認められ

なかった。組織観察では、95℃湯煎が他よりもたんぱく質の変性が進んでおり、95℃湯煎と75℃湯煎では内外差もあるように観察したこととも矛盾していた。上記は肉全体を試料としたことが影響していると考え、肉の外側から5 mmまでの部分と中心から5 mmまでの部分とに分けて比較した。85℃湯煎は内外の差がほとんどなかったが、75℃と95℃湯煎では内外差があり内側より外側の方が熱変性していた。これは、75℃湯煎は加熱所要時間が長いこと、95℃は湯煎温度が高いことが影響した。

先に述べたように官能評価において内外差が指摘され、それが仕上がりの評価に影響するためさらに検討した。たんぱく質を多く含む食品は熱による影響がデリケートであることから、まず肉の内部の位置（中心、中間、外側）による温度上昇を比較した。75℃湯煎では、中間と外側の温度履歴に差はほとんどないが、中心の温度履歴は加熱開始後約15分は、中間と外側より約5℃低く、これは、中心は外側から3 cmの距離があり、熱伝導が遅かったと考える。加熱開始後約15分以降は温度差が少なくなったが、これは湯煎温度と中心温度の差が少なく温度上昇が緩慢になったと推察する。85℃湯煎では、加熱開始後約10分までは、位置による温度差が大きく、中心、中間、外側でそれぞれ約5℃の温度差があったが、湯煎温度が85℃とやや高いことで試料との温度差が大きく、外側に近い部分はその影響で温度上昇が速かったと考える。試料の温度が上昇し、湯煎温度との差が少なくなり温度上昇が緩慢になると位置による差が少なくなった。95℃湯煎では、中間と外側の温度履歴に差が少ないが、中心は中間と外側より約10℃低くかった。これは、湯煎温度が高く、試料との温度差が大きく熱

伝導が速く、温度上昇がほとんど緩慢にならなかったためと考える。

また、中心温度が75℃に到達後、1分間加熱した際の肉の最終中心温度に違いがあり、75℃湯煎では75.0℃であった。湯煎温度より肉の中心温度が高くなることはないので、湯煎温度と加熱終了の中心温度（75℃）が同温のため変化がなかった。85℃湯煎は76.1℃、95℃湯煎は77.1℃と湯煎温度が高い方が最終温度も高かった。そこで、図示はしていないが、各湯煎温度で75℃到達後の1分間の有無による官能評価を行ったが、1分間の有無による有意な差認められなかった。この実験では1分間加熱を持続することの影響は少ないので、中心温度を測定して75℃到達後1分加熱することにした。

肉の内外差による破断応力の違いは、75℃と95℃湯煎肉では、肉の表面を噛み切り、プランジャーが内部への進入する時の波形を見ると内部では波形が撓む傾向が見られた。つまり、生肉に近い状態が残り弾力があると考えられる。75℃と95℃湯煎は内部には弾力が残っているが、表面は変性が進んでいて噛み切りやすく内外差があると推察する。85℃湯煎では波形からは内外差が少ないように観察できる。

また、組織観察では、75℃湯煎と95℃湯煎では、内外差が見られ、特に95℃湯煎では、筋細胞の密度が高くなっているように見えた。また、たんぱく顆粒の流出も多いように観察された。このたんぱく顆粒は加熱により熱凝固が起こり、筋原繊維が萎縮し、筋形質が崩壊して脱水する自由水と共に筋線維内に貯留する。さらに凝固がすすむと筋線維外へ自由水と共に間質から筋周膜を

通り、ドリップとして加熱湯煎中に流出する。このためたんぱく顆粒の筋周膜への流出は水分、保水性の減少を意味する。これらが、歩留りの減少、面積保持率の低下につながり、最終的に、肉の硬さに影響した。95℃湯煎は加熱所要時間は短い、湯煎温度が高いことが影響している。

位置による差も見られ、厚みの薄い部分では、かなり筋線維が収縮していた。それに対し、85℃湯煎は、内外差、位置による差も少なかった。これより、組織観察の結果では、85℃湯煎が95℃湯煎より有用と考える。

以上より、95℃湯煎は加熱所要時間の短縮化においては有用であるが、調理性、物性、食味への影響が大きかった。そこで、真空調理の多汁性が高く、軟らかさを活かして利用するには湯煎温度は75℃および85℃が有用と考える。低温加熱および密閉された状態で加熱するため臭いの問題があったが、胡椒などでマスキングすることで嗜好性が向上した。そこで、今後の実験では有用と考えた湯煎温度は75℃および85℃を採用し、加熱所要時間への影響要因について検討することにした。

(一切れ当りの重量の影響)

一切れ当たりの重量の増加は、加熱所要時間の延長に寄与していた。しかし、一切れ当たりの重量が10、20gの試料は真空包装時に圧縮に伴い扁平し、薄くなった。このため、一切れの重量だけではなく厚さの影響も考えられる。湯煎温度が同じなら受ける熱量が同じであり、試料の熱伝導率も同じであるため重量が少なく、試料の表面から中心までの距離が短いほど中心温度の上昇は

早く、加熱所要時間も短くなると考える。そこで表面から中心までの距離には試料の厚さが係るので加熱開始時の厚さを比較すると150gで約20mm、最も薄かったのは10gでは約10mmであった。やはり、10gは厚みが最も薄く熱伝導が短時間になる。また、75℃湯煎と85℃湯煎を比較するとすべての重量で85℃の方が有意に短かった。

一切れ当たりの重量の変化により有意に多汁性が低下したのは、75℃湯煎においてのみであった。これは、加熱所要時間が85℃湯煎に比べて長いので、たんぱく質の変性が進み、筋細胞内から水分が締め出されたことが影響している。

以上より、一切れ当たりの重量の増加に伴い、加熱所要時間が長くなることが明らかになり、レシピの加熱所要時間には一切れ当たりの重量は考慮する必要がある。また、湯煎温度は加熱所要時間の短縮化、多汁性への一切れの重量の影響が少ないこと、および軟らかさの点から85℃湯煎が適している。

(厚さの影響)

厚さを変化させた試料の加熱所要時間は75℃、85℃湯煎とも厚さ20mmの方が有意に長く、10mmの約2.5倍の時間を要した。これは、厚さが薄くなることで中心部までの熱伝導が速くなったこと、10mmは20mmの試料を観音開きにして厚さを半分にしたため表面積が広くなり、そのため湯煎から受ける熱量が多くなったことが影響した。

また、厚さを変化させた試料の歩留りと多汁性は、両項目とも75℃湯煎では厚さによる有意な差は認められなかったが、85℃湯

煎では20mmの方が有意に高かった。これは、厚さが10mmと薄いことおよび加熱湯煎温度が85℃と高いことが影響し、たんぱく質変性が進んだからではないかと考える。

以上より、厚みが薄くなるほど、加熱所要時間は短くなり、試料の厚さが加熱所要時間に影響することがわかった。

また、10mmを85℃湯煎で加熱すると歩留り、多汁性が低くなったことから、厚みが薄い場合は、75℃湯煎で加熱した方が有用ではないかと考える。

(加熱開始の中心温度の影響)

加熱開始の中心温度を冷凍(-45℃)、冷蔵(5℃)、15℃に設定し加熱所要時間を比較したが、両湯煎温度とも冷凍の試料がもっとも長かった。これは、冷凍した試料は解凍に時間を要したためである。両湯煎温度とも冷蔵(5℃)と15℃の加熱所要時間に大差がなかったのは、冷蔵から15℃までの約10℃上昇させる間は、主として熱が鶏肉の温度を上昇させるのに使われたためと推測される。表には示していないが肉の外側は、-40℃のb*値が他の加熱開始の中心温度より高く、-40℃の外側はやや褐色がかった。これは加熱開始時間の延長に伴いたんぱく質の変性が進んだと考える。

以上より、加熱開始の中心温度は歩留り、多汁性、色、破断応力への影響は少なく、加熱前の試料の保存は冷蔵でも冷凍でも問題がないと判断する。しかし、加熱所要時間の面からは-40℃(凍結)から加熱を開始すると加熱所要時間が有意に長くなるという

欠点がある。

(油脂添加量の影響)

油脂の添加割合が高くなるにつれ加熱所要時間は有意に長くなった。加熱中の中心温度の上昇には油脂の添加割合により熱伝導率が異なることが影響すると考え、Choi³⁸⁾の式より鶏胸肉の熱伝導率を算出した。熱伝導率は0%で0.515W/(m・K)、10%で0.484 W/(m・K)、20%で0.458 W/(m・K)、30%で0.436 W/(m・K)と油脂の添加割合が高くなるほど熱伝導率が低くなった。脂質の添加割合の増加により加熱所要時間が延長したと考えられる。

以上より、油脂の添加は加熱所要時間の延長につながると判断した。本実験では、挽肉に油脂を添加し検討したが、肉の部位により脂質含量の異なる、場合に適用できる。

本実験では挽肉に鶏脂を加えた比較であったので、今回はテクスチャーや食味に及ぼす影響を検討しなかった。油脂の流出を防ぐために調味し、パン粉、でん粉、卵を添加するなどの工夫を行えば、歩留りも向上すると考える。また、試食した数人の意見は、ひき肉にすることで軟らかく、油脂を添加することでぱさつきも抑えられるというので、嗜好に合わせて添加量を変えられる(添加量は10~20%程度が食べやすかった)、添加する脂質が選べるなどの利点があり、高齢者用の食品開発に利用できるかと考え、今後、さらに検討を進めたい。

(調味料添加の影響)

食塩添加はたんぱく質の変性を促進、保水性の向上に寄与するとされ^{39), 40)}、本実験でも食塩添加は味付けなしの場合より加熱

所要時間を有意に短くした。歩留りおよび多汁性を有意に高くした。また、砂糖添加は、砂糖の親水性がたんぱく質の変性を遅らせると推察でき、そのため、75℃湯煎においては加熱所要時間を有意に長くした。しかし、85℃湯煎ではほとんど影響しなかった。これは塩分の添加に加え、湯煎温度が10℃も高いので急速にたんぱく質変性が促進されたためと考えられる。以上のことから食塩添加により加熱所要時間は短くなる傾向がみられた。

破断応力は食塩添加により有意に低くなった。これは、食塩の添加がたんぱく質変性を促進させ噛み切りやすさとして測定されたためではないかと考えられる。しかし、TURNERら⁴¹⁾により食塩の添加は真空調理した鶏肉の剪断値に影響しなかったと報告され、本研究とは一致しなかった。これはTURNER⁴¹⁾らが使用したロードセルは50kgで感度が低く差が検出できなかったと考える。

以上より、可食に適する食塩1%あるいは食塩1%・砂糖3%の調味は75℃湯煎の場合、加熱所要時間を短縮化し、75℃および85℃湯煎とも歩留り、多汁性を高め、テクスチャーを噛み切りやすくすることが明らかになった。

さらに図示はしていないが、食塩の添加時期を加熱前、加熱後として鶏肉中への食塩の浸透量を比較すると、加熱前に添加すると中心部まで浸透しており、内外差が少ないが、加熱後に添加する（添加後30分放置して測定）と表面の塩分濃度が高く、内側が低く内外差が見られた。これは、たんぱく質が凝固してしまうと浸透しにくいためである。調味料の添加時期は加熱前が適してい

る。

(皮の有無の影響)

皮の有無による加熱所要時間は、両湯煎温度とも皮付きの場合の方が有意に長くなった。そこで、Choi³⁸⁾の式より鶏胸肉の熱伝導率を算出した。熱伝導率は皮なしで $0.515 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、皮付きで $0.466 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ で皮付きの方が低く、皮付きの方が加熱所要時間が長かったことの一因であろう。

歩留りおよび多汁性とも皮なしの方が有意に高かった。皮付きの方が加熱所要時間が長く、たんぱく質の変性が進んだためと考える。

以上より、皮があることでその下の面は熱の伝導が緩慢でたんぱく質の変性が遅く、弾力が残っていて、噛み切りにくく、破断応力と歪率が高くなった。

(表面の焼き色の有無の影響)

表面の焼き色の有無による加熱所要時間への影響は、焼き色がある方が加熱所要時間は長くなった。貝田ら⁴²⁾により加熱した牛肉の焦げた部分は、生肉より熱伝導率が低くなると報告されているように、本実験でも焼き色をつけることで鶏胸肉の表面のたんぱく質が凝固し熱の伝導が悪くなったためと考えた。

破断応力は焼き色なしの方が有意に低く、軟らかかった。これは焼き色をつけるために 235°C で焼くことで鶏胸肉の表面のたんぱく質の変性がすすみ、表面が硬くなったこと、焼き色をつけることで総加熱所要時間が長くなり、たんぱく質が変性したことによる。

真空調理中に焼き色はつかないので、真空調理前に焼き色をつけたが、加熱所要時間の延長、多汁性の低下、破断応力が高くなることに影響した。真空調理前に焼き色をつけても焼き色がかなり薄くなり、加熱後の肉の表面の焼き色は真空調理前よりかなり薄くなった。それに対しドリップの色の茶色が濃くなった。これはアミノカルボニル反応により形成された褐色色素の一部はドリップへ溶出し、焼き色が薄くなったと考える。また、袋内での密封された加熱のため蒸され、香ばしさが少なかった。

(1回の投入量の影響)

1回の投入量の増加は、加熱所要時間の延長につながった。これは、スロクッカーの湯量が6袋で320、10袋で290、20袋で250と袋数が増えるほどに減少し、それに伴い湯から受ける熱量の減少が影響した。また、85℃湯煎においても袋数が多いほど有意に長くなったが、75℃湯煎ほど大きな差は見られなかった。これは湯煎温度が75℃より高いことが影響したと考える。また、投入時の温度低下は0.2～0.9℃、復帰までの時間は10秒から40秒であり、投入時の湯煎温度の低下、復帰するまでの時間の影響はかなり少ない。

以上より、1回の投入量の増加に伴い、加熱所要時間は長くなり、歩留り、多汁性が低くなる傾向にあり、適量を投入する必要がある。本実験で使用したパッケージクッカーに対しての1回の投入量は20袋では多く、5袋または10袋が適していると考えられる。15袋については検討していないが、パッケージクッカー内では、10袋を投入しても試料同士が重なり、間に挟まれた試料が受ける

熱量が少なくなることが懸念されるため、10袋以上は望ましくない。

(1袋当たりの重量の影響)

1袋に入れる鶏胸肉の枚数を1、2、3枚とした。1袋当たりの枚数の増加に伴い加熱所要時間が長時間化する傾向がみられた。これは、鶏肉の枚数増加に伴い湯量が減少し、湯から受ける熱量も減少したことが一要因である。1袋当たりの枚数は、85℃より75℃湯煎の方に影響した。1袋当たりの鶏肉枚数の増加は、つまり1回の投入量の増加であり、「1回の投入量の影響」の結果を裏付けた。

以上より、1袋に複数枚あることで、1袋当たりの鶏肉枚数の増加は、つまり1回の投入量の増加であり、加熱所要時間を延長した。また、袋に複数枚入れることで、各鶏肉の加熱終了の中心温度に達する時間に若干の違いがあり、全ての鶏肉が加熱終了の中心温度に達するのを待つ間に、過加熱になる試料ができることが懸念され、品質の標準化が困難になると考える。また、1回投入量5袋の方が1袋3枚より加熱所要時間も短いこと、個別対応のし易さからも1袋には1枚とするのが有用と考える。

5. まとめ

真空調理の加熱機器としては、スチコンまたは湯煎である。大量調理施設ではスチコンの利用も多いが、加熱機器としてスチコンを用いた場合、庫内温度と表示の誤差、庫内の位置による温度ムラが加熱所要時間や出来上がりに影響し、再現性のあるデータを得るのが困難と判断した。そこで、本実験では標準化のための

データの蓄積も目的としているため、温度ムラの少ない湯煎を加熱機器として採用し、以後の実験を行うこととした。加熱所要時間に影響が大きい要因を知るために加熱所要時間と各要因の相関を検討した。相関が高かったのは、湯煎温度 ($r = 0.953$)、一切れ当りの重量 (75℃湯煎 $r = 0.990$ 、85℃湯煎 $r = 0.936$)、厚さ (75℃湯煎 $r = 0.880$ 、85℃湯煎 $r = 0.875$)、皮の有無 (75℃湯煎 $r = 0.977$ 、85℃湯煎 $r = 0.784$)、油脂の添加量 (75℃湯煎 $r = 0.837$ 、85℃湯煎 $r = 0.984$) であった。また、75℃のみで相関がたかかった要因があり、1回の投入量 (75℃湯煎 $r = 0.995$ 、85℃湯煎 $r = 0.328$)、調味料の添加 (75℃湯煎 $r = 0.724$ 、85℃湯煎 $r = 0.477$) であった。

以上より、加熱所要時間は「湯煎温度」、「試料の状態（重量や形状など）」、「加熱条件」が影響することが明確になった。そこで、レシピ作成には上記のような試料の状態を考慮した加熱所要時間を示す必要がある。

また、真空調理の軟らかく、ジューシーであるという利点が顕著に現れる測定項目に歩留り、多汁性、破断応力がある。本実験では多くの場合、歩留りは82～85%、多汁性は34～37%、破断応力は $1.2 \sim 1.5 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ と差が少ない。これは、加熱終点の条件を「肉の中心温度が75℃到達後、1分間加熱」と統一しているためと推察する。しかし、これらの特性を損なう要因は、加熱終点だけではない。湯煎から受ける熱量が急激に伝わること、少ない熱量を長時間受けることで、たんぱく質の変性が進み、歩留り、多汁性、破断応力に影響していた。そこで、受ける熱量の影響が比較的大きく、各調製因子を変動させた場合に、特に注意すべき

要因は、「一切れの重量」、「厚さ」、「1回の投入量」であった。

鶏肉を用い、加熱条件を「中心温度が75℃到達後1分間加熱を持続」として調製する場合、湯煎温度を95℃にすると加熱所要時間の短縮化においては有用であるが、調理性、物性、食味への影響が大きかった。そこで、真空調理の多汁性が高く、軟らかさを活かして利用するには湯煎温度は75℃および85℃が適すると考える。しかし、どちらが有用と決定はできなかった。一切れの重量が軽い場合は、多汁性に影響が少ないこと、および軟らかさの点から85℃湯煎が適しており、それに対し、厚みが薄い場合（10mm）は85℃湯煎で加熱すると歩留り、多汁性が低くなったことから、厚みが薄い場合は、75℃湯煎が有用であったように試料の状態に併せて使用することを提案したい。また、85℃湯煎は加熱所要時間の短縮化という利点があるが、加熱終了のタイミングを見誤ると肉の中心温度が上昇して過加熱になることが懸念される。そして、75℃湯煎では加熱所要時間は長くなるが、湯煎温度と加熱終了の中心温度が同温のため、中心温度が上昇しすぎる心配がないことも考慮して、使用状況に適した湯煎温度の選択活用が望ましい。

また、真空調理は低温加熱のため衛生面での不安が指摘される²⁻⁴⁾。著者らも食味からの保存期間の妥当性⁴³⁾は検討していたが、今回、衛生面からの確認を行い、一般細菌数、大腸菌群、カンピロバクターでは安全性の確認ができた。しかし、真空包装しているので嫌気性菌の検討は今後、行いたい。

II. 冷却所要時間に及ぼす要因

1. 目的

真空調理は一次加熱後に急速冷却をし、保存後、提供する場合がある。急速冷却はブラストチラー、氷水などを用い、90分以内に中心温度を3℃以下にするとされている⁴⁴⁾。西念ら¹⁸⁾は「湯煎温度：70℃、加熱終了時の中心温度：70℃、加熱保持時間：5分」で調製した鶏肉の中心温度が約30分で3℃以下になったと報告している。本研究では試料の状態として、「冷却開始時の中心温度」、「一切れの重量」、「厚さ」、「油脂の添加量」、「（一次）加熱開始時の中心温度」、加熱条件として「1回の投入量」、「1袋当たりの枚数」、調理条件として「調味料の添加」、「皮の有無」の冷却所要時間への影響を検討した。

2. 実験方法

(1) 試料

1) 試料

I. 加熱所要時間に及ぼす要因に準じた。

2) 試料の調製

I. 加熱所要時間に及ぼす要因に準じた。

また、真空調理後の試料（5袋：加熱後肉重量で約650g）は、4.5ℓの氷水中で冷却した。氷水の温度は $-1^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ であった。

(2) 測定項目および方法

1) 冷却所要時間と肉の中心温度履歴

肉の中心温度は試料の一番厚い部位に、厚み及び幅とも中心に

位置するように熱電対温度計を挿し、データコレクター（安立計器製、AM-7002）により記録した。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を貼り、そのテープを介した形で温度を測定し、冷却に要した時間も記録した。

2) 単位当りの冷却所要時間

加熱終了から中心温度が3℃になるまでの時間および温度をそれぞれ計り、Sink et alに従い次式²⁶⁾より算出した。

$$\text{単位当りの冷却所要時間} = \frac{\text{冷却所要時間 (min)} \times (\text{冷却終了時温度} - \text{冷却開始時温度})}{\text{生肉重量 (g)} / 100 \text{ g}}$$

(min/℃/100g)

3) 統計処理

統計処理にはExcel統計Ver. 6.0(株式会社エスミ製)を用いた。有意差検定は、二元配置分散分析(ANOVA)後、多重比較(Tukey's HSD test)を行った。ただし、官能評価の有意差検定は、Kruskal-Wallis検定で行った。相関分析は、Pearsonの相関係数を用いた。再加熱所要時間の予測には重回帰分析を用いた。

なお、すべての実験は3回繰り返して行った。

3. 結果

(1) 冷却開始時温度

冷却開始時温度は、75℃到達後に1分間加熱を継続した後の温度である。その温度は、「加熱所要時間への湯煎温度の影響」で確認したように肉の中心温度は、75℃湯煎では75.0±0.1℃、85℃湯煎では76.1±0.1であった。

(2) 一切れ当りの重量の影響

一切れ当りの重量による冷却所要時間は10g、20g、50g、150gと一切れ当りの重量増加に伴い長くなり、有意に異なることが

認められ、75℃湯煎で調製した試料（以下、75℃湯煎）はそれぞれ5.8分、15.9分、24.1分、32.3分であった（Fig.14-1）。85℃湯煎で調製した試料（以下、85℃湯煎）はそれぞれ16.5分、25.6分、38.6分、42.8分であった（Fig.14-1）。冷却所要時間は一切れ当たりの重量により有意に異なった。また、全ての一切れ当たりの重量において75℃湯煎より85℃湯煎の方が有意に長かった。また、単位あたりの冷却所要時間も同様の傾向を示した。

（3）厚さの影響

厚みによる冷却熱所要時間は、75℃湯煎で、10mmが18.6分、20mmが32.6分であった。85℃湯煎で、10mmが27.6分、20mmが42.6分であった。両湯煎温度とも厚さ20mmの方が有意に長く、10mmの約1.5倍の時間を要した（Fig.14-2）。また、単位あたりの冷却所要時間も同様の傾向を示した。

（4）油脂添加量の影響

油脂の添加量を変化させた時の冷却所要時間は75℃湯煎で0%が18.1分、10%が23.3分、20%が28.7分、30%が32.5分、85℃湯煎で0%が31.8分、10%が35.3分、20%が37.7分、30%が42.4分と油脂の添加割合が高くなるにつれ冷却熱所要時間は有意に長くなった（Fig.14-3）。

（5）調味料添加の影響

調味料を添加した時の冷却所要時間をFig.14-4に示した。75℃湯煎で添加なしは32.4分、食塩添加は33.2分、砂糖と食塩添加は34.2分、85℃湯煎で添加なしは42.1分、食塩添加は43.2分、砂糖と食塩添加は44.2分であった。調味料の添加による冷却所要時間は有意に長くなった。

(6) 皮の有無の影響

皮の有無による冷却所要時間をFig.14-5に示した。75℃湯煎で皮なしは33.2分、皮付きは47.9分、85℃湯煎で皮なしは43.2分、皮付きは57.9分と皮付きが有意に長かった。

(7) 1回の投入量の影響

1袋当たりの枚数による冷却所要時間は75℃湯煎で1枚／袋が32.3分、2枚／袋が33.7分、3枚／袋が34.7分であり、85℃湯煎で1枚が42.3分、2枚が42.8分、3枚が43.2分であり、差が少ない(図示はしていない)。これは、氷水に対する肉重量の増加というのは1回の投入量においてもいえることであり、1回の投入量は75℃湯煎で5袋が32.3分、10袋が32.7分、85℃湯煎で5袋が42.2分、10袋が42.6分で差がほとんどなかった(図示はしていない)。20袋は氷水を入れた容器に入れることができず、実験を行えなかった。

(8) 冷却所要時間の予測

各調製因子を検討したが、これらの関連性から冷却所要時間が推測できれば、作業計画に役立つのではないかと考えた。そこで、重回帰分析し、重回帰式($r = 0.973$)を求めた。重回帰分析に用いた要因は、「重量」、「厚さ」、「油脂含量」、「皮の有無」、「食塩添加」、「砂糖添加」、「冷却開始中心温度」である。この式から算出した冷却所要時間と実測値を比較した結果、油脂添加した場合の誤差率が約10.5%で高めであったが、多くの場合5%以下であった(Table21、23)。他の畜種への利用を検討するため豚ばら肉(150g、180g)、豚もも肉(150g、80g)、鶏もも肉(150g)を試料に用い、冷却所要時間を推測し、実測値と

比較した。その結果、誤差率は約0.5～3.5%であった。

4. 考察

(一切れ当りの重量の影響)

一切れ当りの重量により冷却所要時間は有意に異なった。これは、1切れの重量も影響するが、厚さの影響も考えられる。冷却開始時の厚さは150gで約30mm、最も薄かった10gでは約10mmである。肉表面から中心までの距離が短いほど中心温度の低下が早く、冷却所要時間も短くなると考える。また、75℃湯煎より85℃湯煎の方が有意に長かった。これは、冷却開始時の温度が75℃より高いことが要因であるが、Fig.15に150gの冷却時の中心温度履歴を示したように、85℃湯煎は、冷却開始後約2分間は、肉の余熱で中心温度が77℃まで上昇したことも影響している。

(厚さの影響)

厚さを変化させた試料の冷却所要時間は厚さ20mmの方が有意に長かった。これは、重量がほぼ同じでも厚さが薄い方が熱伝導は速いためと考える。

(油脂添加量の影響)

油脂の添加割合を変化させた試料の冷却所要時間は、油脂の添加割合が高くなるにつれは有意に長くなった。これは、生肉の熱伝導率をChoi³⁸⁾らの算出式で算出すると油脂の割合が増加するほど熱伝導率が小さくなった。このため、冷却所要時間が長くなったと考える。

(調味料添加の影響)

調味料の添加により、冷却所要時間には有意に長くなった。これは、調味料の添加でたんぱく質の凝固がしっかりして組織密度

が高いので熱伝導が悪くなったためと考える。

(皮の有無の影響)

皮の有無による冷却所要時間は、皮付きが有意に長かった。皮は油脂含量が肉より高く、伝導率をChoi³⁸⁾らの算出式で算出すると熱伝導率は肉より小さくなった。このため、皮が付いている面からの熱伝導が遅くなり、冷却所要時間に影響したと考える。

これらより、本実験で設定した条件では、氷水に対する重量より、湯煎温度つまり冷却開始温度が影響すると判断した。

冷却所要時間に影響が大きい要因を知るために冷却所要時間と試料の状態の相関を検討した。相関が高かったのは、一切れ当りの重量 (75℃湯煎 $r = 0.899$ 、85℃湯煎 $r = 0.845$)、厚さ (75℃湯煎 $r = 0.999$ 、85℃湯煎 $r = 0.999$) であり、皮の有無 (75℃湯煎 $r = 0.972$ 、85℃湯煎 $r = 0.982$)、油脂の添加量 (75℃湯煎 $r = 0.993$ 、85℃湯煎 $r = 0.984$) であった。

5. まとめ

冷却所要時間は試料の状態により異なることを確認した。今回は、4.50 の氷水に試料を入れて冷却所要時間を確認するという条件で検討したが、今回の実験条件では、いずれも90分以内に3℃以下にすることが可能であった。冷却所要時間が短時間で終了することは作業性を改善することになるので、生産管理においては冷却所要時間を管理することは有用である。氷水の量の増減、冷却機器に低温強制対流式のブラストチラーを用いるなどと条件が異なれば、冷却所要時間には長短が生じると推察する。しかし、試料の状態による冷却所要時間の影響は同様の傾向を示すと考

えている。

Ⅲ. 再加熱所要時間に及ぼす要因

1. 目的

真空調理は保存後、提供に際し再加熱を行う。この再加熱条件については、久保³⁾や新調理システム推進協会が1993年に「保存を目的とした真空調理に対するガイドライン」⁴⁵⁾をまとめているが、その温度設定に幅がみられる。そこで、西念ら⁴³⁾は再加熱の湯煎温度を検討し、物性や食味への影響を明らかにした。

しかし、西念ら⁴³⁾の研究では鶏肉の重量が統一されており、試料の状態が異なることでの影響は検討されていない。「Ⅰ. 加熱所要時間に及ぼす要因」では、試料の状態により加熱所要時間が異なった。再加熱も湯煎から受ける熱量で中心温度を上昇させるという点では同じであるため、食品の状態により再加熱所要時間は異なると考え、「一切れの重量」、「厚さ」、「油脂の添加量」、「加熱開始の中心温度」、加熱条件として「1回の投入量」、「1袋当たりの枚数」、調理条件として「調味料の添加」、「皮の有無」の再加熱所要時間への影響を検討した。

2. 実験方法

(1) 試料

1) 試料

Ⅰ. 加熱所要時間に及ぼす要因に準じた。

2) 試料の調製

Ⅰ. 加熱所要時間に及ぼす要因に準じた。

(2) 保存条件

加熱後、冷却した試料はインキュベーター(0℃)で6日保存

した。この「保存期間6日」は西念ら⁴³⁾により、食味や物性の面からは妥当であると示唆された期間である。なお、真空調理のガイドラインでは、5日とされている。

(3) 再加熱条件

パッケージクッカー (FUJIMAK製) に320 の湯を入れ、5袋を加熱した。ただし、「1回の投入量の影響」では、5袋、10袋、20袋を入れて再加熱した。再加熱条件は、西念ら⁴³⁾により鶏肉の再加熱条件として有用と報告されている「85℃湯煎で中心温度が75℃に到達後、さらに1分の加熱」を採用した。また、再加熱時の中心温度は、実際の使用を考慮して、開始温度を設定せずインキュベーターから出して直ちに加熱を始めた。その時の開始時温度は0.8~1.2℃の範囲にあった。

(4) 測定項目および方法

1) 再加熱所要時間と肉の中心温度履歴

加熱後、保存した肉の中心温度は試料の一番厚い部位に、厚み及び幅とも中心に位置するように熱電対温度計を挿し、データコレクター (安立計器製 AM-7002) により記録した。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を貼り、そのテープを介した形で温度を測定し、加熱に要した時間も記録した。

2) 単位当りの再加熱所要時間

再加熱開始から終了までの時間および温度をそれぞれ計り、Sink et alに従い次式²⁶⁾より算出した。

$$\text{立当りの再加熱所要時間} = \frac{\text{再加熱所要時間 (min)} / (\text{再加熱終了時温度} - \text{再加熱開始時温度})}{\text{生肉重量 (g)} / 100 \text{ g}}$$

(min/℃/100g)

3) 細菌検査

① 一般細菌数

検体10gを無菌的に秤量し、滅菌リン酸緩衝生理食塩水90mlを加えて十分混合した。試料調製液及び段階希釈液各1mlずつをシャーレに分注した。標準寒天培地15mlを加えて混釈し、凝固させた。35℃、48時間培養した後、生育した集落数を計測し、1g中の一般細菌数とした。

② 大腸菌群

大腸菌群はデソキシコレート寒天平板培養法を用いた。検体10gを無菌的に秤量し、滅菌リン酸緩衝生理食塩水90mlを加えて十分混合した。試料調製液及び段階希釈液各1mlずつをシャーレに分注した。デソキシコレート寒天培地15mlを加えて混釈し、凝固させ、さらに同培地3～5mlを加えて重層した。35℃、20時間培養した後、生育した暗赤色集落数を計測した。計測した集落について乳糖からのガス発生及び検鏡によるグラム陰性無芽胞桿菌の確認を行った。

③ カンピロバクター・ジュエジュニ／コリ最確数

MPN算出法を用いた。検体10gを無菌的に秤量し、Preston培地90mlを加えた。調製した試料液10mlを3本の滅菌試験管に、また1ml、段階希釈各1mlをそれぞれ3本ずつのPreston培地10mlに接種し、42℃で2日間微好気培養した。一白金耳量をmCCDA寒天平板培地に画線し、42℃で2日間微好気培養した。定型的集落について確認試験（グラム染色性及び形態観察、運動性など）を行った。陽性管数からMPN（最確数）表を用いて検体100g当りのMPN値を算出した。

なお、衛生検査は財団法人日本食品分析センターに委託した。

4) 統計処理

統計処理にはExcel統計Ver. 6.0(株式会社エスミ製)を用いた。有意差検定は、二元配置分散分析(ANOVA)後、多重比較(Tukey's HSD test)を行った。ただし、官能評価の有意差検定は、Kruskal-Wallis検定で行った。相関分析は、Pearsonの相関係数を用いた。再加熱所要時間の予測には重回帰分析を用いた。

なお、すべての実験は3回繰り返して行った。

3. 結果

(1) 一切れ当りの重量の影響

一切れ当りの重量による再加熱所要時間は10g、20g、50g、150gと一切れ当りの重量増加に伴い長くなり、有意に異なることが認められ、それぞれ4.0分、7.4分、16.8分、24.1分であった(Fig. 16-1)。再加熱所要時間は一切れ当りの重量により有意に異なった。単位当りの再加熱所要時間も同様の傾向であった。

(2) 厚さの影響

厚みによる再加熱所要時間は、10mmで12.4分、20mmで24.2分であった。厚さ20mmの方が有意に長く、10mmの約2倍の時間を要した(Fig. 16-2)。単位当りの再加熱所要時間も同様の傾向であった。

(3) 加熱開始の中心温度の影響

一次加熱開始時の中心温度は、-45、5、15℃としたが、再加熱所要時間には影響しなかった(Fig. 16-3)。単位当りの再加熱所要時間も同様の傾向であった。

(4) 油脂添加量の影響

油脂の添加量を変化による再加熱所要時間は0%が7.2分、10%

が12.2分、20%が13.4分、30%が14.8分で油脂の添加割合が高くなるにつれ再加熱所要時間は有意に長くなった (Fig.16-4) 。単位当りの再加熱所要時間も同様の傾向であった。

(5) 調味料添加の影響

調味料を添加した時の再加熱所要時間をFig.16-5に示した。添加なしは24.1分、食塩添加は23.1分、砂糖と食塩添加は23.4分であった。調味料の添加による再加熱所要時間には有意な差は認められなかった。単位当りの再加熱所要時間も同様の傾向であった。

(6) 皮の有無の影響

皮の有無による加熱所要時間をFig.16-6に示した。皮なしは24.1分、皮付きは28.2分と皮付きが有意に長かった。単位当りの再加熱所要時間も同様の傾向であった。

(7) 1回の投入量の影響

1回の投入量による再加熱所要時間をFig.16-7に示した。5袋(湯量に対して約2.6%)が24.0分、10袋(湯量に対して約5.9%)が24.0分、20袋(湯量に対して約12.0%)が26.2分で20袋が有意に長かった。単位当りの再加熱所要時間も同様の傾向であった。

(8) 1袋当りの枚数の影響

1袋当たりの枚数による再加熱所要時間は1枚が24.1分、2枚が24.2分、3枚が24.8分であった (Fig.16-8) 。1袋当たりの枚数による差はほとんどなかった。単位当りの再加熱所要時間も同様の傾向であった。

(9) 再加熱所要時間の予測

再加熱所要時間に影響する要因の関連性を重回帰分析で検討

し、重回帰式 ($r = 0.973$) を求めた。要因に用いたのは、「重量」、「厚さ」、「油脂含量」、「皮の有無」、「食塩添加」、「砂糖添加」、「再加熱開始中心温度」である。この式から算出した再加熱所要時間と実測値を比較した結果、誤差率は「一切れの重量が10g」、「油脂添加0%」の場合、約20%と高値であった (Table 21、24)。さらに、この予測式の他の畜種への利用を検討するため豚ばら肉 (150g、180g)、豚もも肉 (150g、80g)、鶏もも肉 (150g) を試料に用い、再加熱所要時間を推測し、実測値と比較した。その結果、誤差率が約1.2~4.4%と低かった。

(10) 細菌検査

真空調理条件の妥当性を検討するためにも調製当日の試料および7日間保存後の再加熱前、再加熱後の試料について衛生検査を行った。一般細菌数は、調理前鶏肉 (生肉) は、 8.3×10^4 cfu/gであった。宮沢ら^{46,47)}による報告では鶏肉 (生肉) の一般細菌数は 1.1×10^5 cfu/gであったとされている。これと比較すると本実験の試料の衛生状態はおおむね良好であるといえる。75℃湯煎、85℃湯煎で加熱した試料は300 cfu/g以下であった。7日間保存後、再加熱をしていない試料では、75℃、85℃湯煎とも300 cfu/g以下であった。また、7日間保存後、再加熱した試料では、75℃、85℃湯煎とも1g中300以下であった。大腸菌群は、調理前鶏肉 (生肉) で陽性であったが、75℃湯煎、85℃湯煎で加熱した試料では陰性であった。また、7日間保存後、再加熱をしていないおよび再加熱した試料でも75℃、85℃湯煎とも陰性であった。カンピロバクターは、調理前鶏肉 (生肉) は、100g中36であった。75℃、85℃湯煎で加熱した試料は陰性 (100g中30以下) であった。また、7

日間保存後、再加熱をしていないおよび再加熱した試料でも75℃、85℃湯煎とも陰性（100g中30以下）であった。

4. 考察

（一切れ当りの重量の影響）

一切れ当りの重量による再加熱所要時間は、一切れ当りの重量増加に伴い長くなり、有意に異なることが認められた。これは、一切れの重量も影響するが、厚さの影響も考えられる。再加熱開始時の厚さは150gで約30mm、最も薄かったのは10gでは約10mmである。両重量とも湯煎温度が85℃、受ける熱量が同じ、熱伝導率も同じであるため表面から中心までの距離が短いほど中心温度の上昇は速く、加熱所要時間も短くなると考える。

（厚さの影響）

厚みによる再加熱所要時間は、厚さ20mmの方が有意に長かった。これは、重量がほぼ同じでも厚さが異なり、薄い方が熱伝導は速いためと考える。

（油脂添加量の影響）

油脂の添加量による再加熱所要時間は、油脂の添加割合が高くなるにつれ、再加熱所要時間は有意に長くなった。これは、生肉の熱伝導率をChoi³⁸⁾らの算出式で算出すると油脂の割合が増加するほど熱伝導率が低下した。加熱後の肉の伝導率は、貝田⁴²⁾らの報告では変化が少ないが、わずかに低下していた。加熱後の肉の熱伝導率も油脂添加量の増加に伴い低くなり、再加熱所要時間が長くなった。また、真空包装用袋に水またはサラダ油を各150g入れ、真空包装して75℃に到達するまでの時間を計測したが、サラダ油の方が水の2倍の時間を要しており、油脂添加は再加熱

所要時間を延長した。

(皮の有無の影響)

皮の有無による加熱所要時間を皮付きが有意に長かった。これは、皮は油脂含量が肉より高いことが影響したと考える。

(1回の投入量の影響)

1回の投入量による再加熱所要時間は、20袋が有意に長かった。これは、一次加熱同様にパッケージクッカーの湯量は、投入量が増えるほど減らさないと溢れてしまう。そこで5袋は320、10袋は290、20袋は250とした。湯量の減少に伴い湯から受ける熱量も減少し、再加熱所要時間が長時間化したと推察する。

これらより、再加熱所要時間に影響が大きい要因を知るために再加熱所要時間と試料の状態の相関を検討した。相関が高かったのは、一切れ当りの重量 ($r = 0.940$)、厚さ ($r = 0.998$) であり、油脂の添加量 ($r = 0.928$)、皮の有無 ($r = 0.885$)、1回の投入量 ($r = 0.739$) であった。

(再加熱所要時間の予測)

重回帰式より算出した再加熱所要時間と実測値を比較した結果の誤差率で「一切れの重量が10g」、「油脂添加0%」の場合、約20%と高値であった。これは、実際の時間では0.6~0.8分にあたり、再加熱所要時間が短いため誤差率のように割合で示すと大きく表現されてしまうと考える。しかし、多くの場合5%以下であった。「一切れの重量が10g」、「油脂添加0%」では考慮する必要はあるが、予測式を用いて再加熱所要時間を算出することは可能と考える。

5. まとめ

細菌検査（一般細菌数、大腸菌群、カンピロバクター）より、一次加熱（75、85℃湯煎とも）または再加熱によって衛生的安全性は確認されていると思われる。鶏肉では、サルモネラ菌による食中毒患者数は多いので、この確認もすべきであった。

再加熱所要時間には試料の状態が影響し、特に相関が高いのは、一切れ当りの重量、厚さ、油脂の添加量であった。真空調理を実際に利用する際は、試料の状態を考慮して再加熱所要時間を提案する必要がある。また、作業の効率化から考えれば、再加熱所要時間を短縮することは有用であるが、そのために湯煎温度を高くしすぎると歩留り、多汁性、面積保持率が低下し、官能評価でも低く評価される傾向があったと報告⁴³⁾されているように望ましくない。再加熱ではおいしさと併せて「中心温度を60分以内に一次加熱と同温まで上げる」⁴⁴⁾とされる条件を遵守して提供するが、本実験では、いずれの場合でもこの条件で提供することは可能であった。また、西念ら⁴³⁾は、再加熱なしの試料より次の日に再加熱した試料は官能評価において一かみめの歯ごたえ、軟らかさ、多汁性で低く評価されたと報告している。図示はしていないが、再加熱後の試料の状態は再加熱なしの試料に比べ、歩留り、多汁性は数パーセント低下し、破断応力はやや高かったことから、本実験の条件以上に湯煎温度を高くして、たんぱく質の変性を急激に進ませたり、湯煎温度を低くして再加熱所要時間を長時間化させてたんぱく質の変性を進ませ、嗜好性を低下させる必要はない。

第2章植物性食品への真空調理の活用

I. ゆで大豆と煮豆

1. 目的

大豆に含まれるイソフラボン^{48,49)}はエストロゲンと類似の化学構造や作用を持ち^{48,49)}、骨粗しょう症の予防や治療に利用され⁵⁰⁾、また、抗がん作用⁵¹⁾についても注目されている。大豆イソフラボンはアグリコンと配糖体に分類され、アグリコンは配糖体より吸収がよく⁵²⁾、抗酸化作用を有する⁵³⁾ことが知られている。しかし、大豆および大豆加工品では配糖体を多く含み⁵⁴⁾、アグリコンは少ない。

アグリコンの増加は発酵食品において認められるが⁵⁴⁾、発酵食品特有のにおいや食味が嗜好的評価を分けている。従来、日本では大豆加工において、イソフラボンの持つ収斂性のある不快味⁵⁵⁾が大豆食品の摂取を妨げる物質であるとして、除去する方向の研究が行われてきた⁵⁶⁾。特にアグリコンは不快味が強いため⁵⁷⁾、生体利用性のみ重視してアグリコンを増加させる方法は、食物において嗜好的問題が浮上することを留意する必要がある。

豆腐などの加工食品以外に大豆煮豆など粒のまま大豆を利用する料理があり、日本型食生活が見直されている昨今、大豆水煮や素材缶を利用するケースも少なくない。

これまでの研究では豆腐や豆乳について検討されているが、大豆を粒のまま調理した検討は柴田ら⁵⁸⁾や春日ら⁵⁹⁾による報告はあるが、少ないのが現状である。一般に大豆は浸漬に時間を要し、

加熱に時間がかかる。さらに加熱中も火加減の調節や加水に手間がかかる。これらより大豆は家庭での調理より、工業的に加工された水煮や缶詰の利用が多い。そこで、調理法を工夫することで、作業が軽減できないかと考え、真空調理を用いて大豆の調理を検討した。

真空調理は、生の食材を調味料と一緒に真空包装し、袋ごと湯煎やスチームコンベクションオーブンで加熱する。温度設定された中での加熱のため火加減の調節や密封された状態で加熱され、水分蒸発がないため加熱中の加水が不要である。春日ら⁵⁷⁾により煮汁に多くのイソフラボンが溶出すると報告されている。真空調理では浸漬後の大豆には加水せず、もしくはごくわずかの加水でも加熱ができ、煮汁への溶出が軽減できるのではないかと考えた。また、乾物大豆と水を真空包装し吸水促進効果で未浸漬状態での調理の可能性が期待できる。これらより真空調理は加熱中の作業の軽減ができ、加工しやすい方法と考え、この調理法によるイソフラボンの挙動と食味について比較検討した。

2. 実験方法

(1) 試料

1) 試料

平成17年北海道産鶴姫（規格3.0以上）を一括購入し、5℃で冷蔵保存したものをを用いた。

2) 試料の調製

① 予備浸漬の有無、加水量の影響

おおまかな手順はFig.17とTable25に示すとおりである。

真空調理：乾物大豆（80g）に重量の400%の蒸留水を加えて一

夜（4℃、16時間）予備浸漬したものを予備浸漬水ごと真空包装用の袋（三菱樹脂製ダイアミロンM）に入れ、真空包装（東静電気製TOSPACK-480S）したもの（以下、浸漬あり400%）。浸漬後、浸漬水を乾物大豆重量の70%量入れ真空包装したもの（以下、浸漬あり70%）。さらに乾物大豆80gを袋に入れ、乾物大豆重量の400%（以下、浸漬なし400%）または180%（以下、浸漬なし180%）の蒸留水を加え、浸漬せず真空包装したもの。これらの4タイプを調製し、98℃の湯煎中パッケージクッカー（FUJIMAK製FPC5535H）で60、120、180、240分間加熱した。乾物大豆重量に対する加水量で70%、180%は茹で汁がほとんど残らない条件とし、400%は通常調理と同条件として設定した。なお、真空調理で予備浸漬した大豆はその浸漬水を加えずに加熱しても調製できたが、やや硬かったため加水を行うことにした。

通常調理：ステンレス鍋（内径18cm）と電磁調理器（National KZ-PH1）を使用した。試料は、乾物大豆80gに重量の400%の蒸留水を加えて一夜（4℃、16時間）予備浸漬後、その全量を鍋に移したものの、乾物大豆80gと蒸留水（豆重量の400%）の2タイプとした。加熱条件は、電磁調理器の出力を加熱開始から沸騰まで1400W、その後、静に沸騰状態が持続するように450Wにし、60、120、180、240分間加熱とした（豆全体が十分水中に存在するよう、蒸発分は蒸留水を30分ごとに補充した）。

②調味料添加の影響

真空調理：乾物大豆80gに重量の400%の蒸留水を加えて一夜（4℃、16時間）予備浸漬したものを予備浸漬水ごと真空包装用袋（三菱樹脂製ダイアミロンM）に入れたもの、乾物大豆重量の

70%量の予備浸漬水を真空包装用袋に入れたもの、乾物大豆80gと重量の400%または180%の蒸留水を真空包装用袋に入れたもの、4タイプを調製し、その中に砂糖（乾物大豆の7.5%）、食塩（乾物大豆の1%）を加え、真空包装した。その後、98℃の湯煎中（東静電機製スロークッカー）で60、120、180、240、300分間加熱した。なお、すべての試料は、豆およびゆで汁の重量測定を行い、物性測定用、官能評価用試料以外は凍結乾燥した。ゆで汁は凍結保存し、溶出成分測定に用いた。

（2）測定項目及び方法

1）イソフラボンの定量

①イソフラボンの抽出

イソフラボンの抽出は扇谷ら⁶⁰⁾により70%エタノールが最適であると報告されており、本実験も70%エタノールを用いた。また、抽出温度も抽出時のイソフラボンの挙動に影響を与えること^{54), 57)}から、従来検討されてきた3つの温度条件（4℃、室温、80℃）より、4℃24時間が適当と判断した。また、この条件では daidzin, Genistin, glycitinの添加回収率も各々94、95、97%と良好⁶⁰⁾であることから、抽出は扇谷ら⁶⁰⁾ およびKudou et al⁵⁷⁾ に従った。すなわち、凍結乾燥粉末試料0.5gに70%エタノールを5ml添加し、4℃24時間抽出を行った後、遠心分離（3000rpm, 10分間）した上清をメンブレンフィルター（0.45μm）でろ過したものをHPLCにより測定した。茹で汁や煮汁は最終濃度70%になるようにエタノールを加えて、上記同様に遠心分離後、メンブレンフィルターのろ過を行いHPLCにより測定した。

②イソフラボンの分析

試料中のイソフラボンは扇谷ら⁶⁰⁾ およびKudou et al⁵⁷⁾ の方法を参考に、上記の試料溶液をHPLCで定量した。HPLCはポンプ (PU-2089Plus)、カラムオーブン (CO-2065Plus)、検出器 (UV-2070Plus) いずれもJASCO製を用いた。溶出は25℃で、移動相は15%アセトニトリル (0.1%酢酸を含む) を60分で35%アセトニトリルになるようにグラジエントを行い、流速1.0ml/min, 検出波長260nmで測定した。

標準物質はdaidzein, glycitein, genistein, daidzin, glycitin, genistin, 6"-o-acetyldaizidin, 6"-o-acetyl glycitin, 6"-o-acetyl genistin, 6"-o-malonyldaizidin, 6"-o-malonyl glycitin, 6"-o-malonyl genistinは、いずれも (株) 長良サイエンス製を用いた。

2) 破断応力

クリープメーター (YAMADEN RE2-33005) を用いた。測定条件は、ロードセル: 2kg, 測定スピード: 0.5mm/sec, プランジャー: No.5 (ナイフ型, ナイフの背), 圧縮率: 80%とした。試料は無作為に10粒を選び測定に供した。

3) 官能評価

加熱後の大豆は本学調理学系教職員および学生10人 (20~60歳代) により行った。官能評価は採点法³⁶⁾ により、評価尺度は1~7段階の数値を用いた。評価項目は大豆の硬さ、色、あくっぽさ、うま味、加熱の程度 (加熱不十分や過加熱)、総合評価などの8項目および調味料を添加した大豆は甘味、塩味、味の好みも含めた11項目で行った。

5) 統計処理

統計処理にはExcel統計Ver. 6.0(株式会社エスミ製)を用いた。有意差検定は、二元配置分散分析(ANOVA)後、多重比較(Tukey's HSD test)を行った。ただし、官能評価の有意差検定は、Kruskal-Wallis検定で行った。

3. 結果

(1) 予備浸漬の有無、加水量の影響

1) ゆで大豆およびゆで汁中のイソフラボン保持率

Fig.18にゆで大豆およびゆで汁中のイソフラボン保持率を示した。通常調理のイソフラボン保持率は、予備浸漬した場合は70%前後、予備浸漬なしの場合は80%前後であった。また、予備浸漬の有無にかかわらず、加熱時間の延長はゆで大豆の保持率に低下傾向がみられた。真空調理した試料は加水量400%の場合、予備浸漬の有無にかかわらず、ゆで大豆中にイソフラボンは80%前後保持され、ゆで汁に20~30%移行した。加熱時間の延長はゆで大豆への保持率の低下傾向がみられた。浸漬あり70%と浸漬なし180%加水で真空調理した場合、ゆで大豆中の保持率は90%前後、ゆで汁への移行は5%前後となり、通常調理に比べゆで汁への溶出が少ない。

2) ゆで大豆の破断応力

Table26にゆで大豆の破断応力を示した。真空・通常加熱いずれのゆで大豆でも加熱時間の延長に伴い軟化した。加熱60分以外は、浸漬処理により大豆の軟化を促進し、特に真空調理で顕著であった。

3) ゆで大豆の食味

通常調理で予備浸漬なしで調製した試料は加熱時間を240分ま

で延長しても硬さにむらがあり食味上好まれなかった。また、予備浸漬せず真空包装用の袋に入れ、真空包装せず開放系で加熱した試料は上記の予備浸漬なしの通常調理の結果と同様であった。この開放系の加熱は、水圧により真空包装用の袋と試料が密着して真空状態に近くなること防ぐために袋内にペットボトル（上下を切り落として使用）を入れて、開放状態を維持した。Fig. 19にゆで大豆の官能評価結果を示した。真空調理の利点として未浸漬および少ない加水量での加熱の可能性を検討した。加水量が少ない方がゆで大豆中のイソフラボン保持率が高いことから官能評価では、予備浸漬大豆は加水量70%の試料、予備浸漬なし大豆は加水量180%の試料を用いた。予備浸漬の有無に関わらず加熱120分以内は全体的に低い評価であった。色は加熱時間が長くなるほど濃くなる傾向があった。ゆで大豆の好まれない食味である「あくっぽさ」は、予備浸漬の有無、加熱時間に影響されず、官能評価評点は「4」前後で普通の評価であった。官能評価評点「4」を普通と位置づけ、ほとんどの官能評価項目においてそれ以上の評点を得、好ましさを示したのは、予備浸漬なしで180分・240分、予備浸漬ありで120分・180分・240分であった。予備浸漬あり区分は60分早く好ましいレベルに達し、予備浸漬は加熱時間の短縮効果を示した。破断応力についても予備浸漬あり120分と予備浸漬なし180分の試料が同値を示した。

4) ゆで大豆のイソフラボン誘導体の含量

Table27にゆで大豆のイソフラボン誘導体の含量を示した。官能評価において評点が「4」以上の試料で、同程度の評価を得た浸漬あり120分と浸漬なし180分のイソフラボン誘導体を比較する

と、両者とも乾物大豆に比べマロニル化配糖体が減少し、daidzin、genistinが増加した。含量的に後者は前者よりマロニル化配糖体は少なかった。また、アグリコンは浸漬なしの場合で、通常調理より真空調理の方が多くなった。真空調理の中でも、予備浸漬の有無を考慮すれば、浸漬ありの方がアグリコンの増加傾向がみられる。

(2) 調味料添加の影響

1) 煮豆および煮汁中のイソフラボン保持率

Fig.20に煮豆および煮汁中のイソフラボン保持率を示した。真空調理による煮豆は、60分加熱は好まれなかったことから60分加熱を削除し、予備実験の結果より300分加熱を追加、調味料として乾物大豆重量に対して砂糖7.5%、食塩1.5%を添加した。砂糖のみ、食塩のみ添加した試料についても検討はしたが、実用性を考えると砂糖、食塩を併せて添加した場合が多いと考え両者を添加した試料の結果について報告する。また、加熱時に重曹を添加していたレシピもあり、重曹添加した試料についても検討したが、食味、臭いが好まれなかったことおよび加熱中に重曹が反応し、CO₂が発生したため真空包装した袋が膨らみ、真空状態ではなくなったため砂糖と食塩を併せた試料には重曹添加は行わなかった。

イソフラボン保持率は、加水量が少ない場合、90%前後であり加水量が多い場合より高かった。ゆで大豆の保持率に類似しており、調味料添加の影響は少ないように考える。

2) 煮豆の破断応力

Table28に煮豆の破断応力を示した。煮豆の破断応力はゆで大豆

と類似しており、加熱時間の延長に伴い低値を示し、軟らかくなった。予備浸漬の有無については、予備浸漬した方が低値を示し軟らかくなった。

3) 煮豆の食味

Fig. 21に煮豆の官能評価結果を示した。ゆで汁が少ないことを利点として検討したいと考え、予備浸漬ありは加水量70%の試料、予備浸漬なしは加水量180%の試料を用いた。予備浸漬の有無および加熱時間による有意な差が認められたのは、「色」、「軟らかさ」、「ねっとり感」であった。その他の項目では、試料による差が少なかった。色においては、どの試料とも濃いと評価される傾向にあり、アミノカルボニル反応によるものであろう。軟らかさやねっとり感は予備浸漬あり加熱時間180分以上試料が高く評価された。有意差は認められていないが、「加熱の程度」では、予備浸漬ありの試料は全ての加熱時間で普通以上の評価であったが、予備浸漬なしの試料は加熱時間120・180分では加熱不足と評価された。予備浸漬なしの場合は加熱時間を240・300分と長くすることで加熱の程度が改善されていた。官能評価評点「4」を普通と位置づけ、ほとんどの官能評価項目においてそれ以上の評点を得た試料は予備浸漬なしでは240・300分、予備浸漬ありでは180分以上であった。予備浸漬した方がしない試料より早く評点「4」を越えた。

4) 煮豆のイソフラボン誘導体の含量

Table 29に煮豆のイソフラボン誘導体の含量を示した。官能評価において評点が「4」以上の試料で加熱時間が短かった予備浸漬あり180分と予備浸漬なし240分のイソフラボン誘導体の含量を

比較すると、両者とも乾物大豆に比べマロニル化配糖体が減少し、genistinが増加した。茹で大豆ではdaidzinも増加していたが、煮豆ではほとんど変化は見られなかった。

4. 考察

普通鍋加熱のイソフラボン保持率は、予備浸漬した場合は70%前後、予備浸漬なしの場合は80%前後であった。しかし、普通鍋加熱で予備浸漬なしで調製した試料は加熱時間を240分まで延長しても硬さにむらがあり食味上好まれなかった。また、予備浸漬の有無にかかわらず加熱時間の延長はゆで大豆への保持率の低下傾向がみられた。真空調理した試料は加水量400%の場合、予備浸漬の有無にかかわらず、ゆで大豆中にイソフラボンは80%前後保持され、ゆで汁に20~30%移行した。加熱時間の延長は、豆の組織の軟化を伴うので、ゆで大豆の保持率に低下傾向がみられた。浸漬あり70%と浸漬なし180%加水で真空調理した場合、ゆで大豆中の保持率は90%前後、ゆで汁への移行は5%前後となり、通常調理に比べゆで汁への溶出が少ない。春日ら⁵⁹⁾により予備浸漬した大豆を30分、60分水煮した場合の煮汁への溶出は、それぞれ24%、30%と報告されている。しかし、浸漬あり70%と浸漬なし180%加水で真空調理した場合、ゆで大豆中の保持率は90%前後、ゆで汁への移行は5%前後となり、通常調理に比べゆで汁への溶出が少ないことが確認できた。

アグリコンは浸漬なしの場合で、通常調理より真空調理の方が多くなった。真空調理の中でも、予備浸漬の有無を考慮すれば、浸漬ありの方がアグリコンの増加傾向がみられる。予備浸漬による組織中への水の浸潤により β -グリコシダーゼの作用⁶¹⁾が促

進されたものと推察される。真空調理で未浸漬・400%加水量の条件でも、酵素の作用の影響は少なく、アグリコンを増加させるには予め浸漬しておくほうが有利である。

以上より、真空調理で加水量（乾物大豆重量に対して浸漬あり70%、浸漬なし180%）を少なくした場合はゆで大豆中のイソフラボン保持率は90%前後、ゆで汁への移行は5%前後となり、通常調理に比べゆで汁への溶出が少ない。

加水量を少なくした真空調理はイソフラボンのゆで汁への溶出を少なくする有用な方法と言える。

アグリコンを増加させるには予め浸漬しておくほうが有利である。しかし、真空調理では加熱時間を延長すれば、予備浸漬せずに乾物大豆に水を加えて加熱することが可能であることが示唆された。真空調理は、長時間加熱時間を要するが、作業の簡便性、大豆中のイソフラボン保持率を高めるのに有用な方法と言える。

本実験では、予備浸漬はアグリコンの増加に寄与すること、加水量を少なくすることで大豆中のイソフラボン保持率を高めることを確認できた。この利点を活かして、少ない加水量で真空包装し、放置（予備浸漬）後に加熱する方法を検討したい。

5. まとめ

真空調理による大豆調理の効率化とイソフラボンの摂取における有用性を検討した。本法の特徴は真空包装による吸水促進効果と低レベル加水量での加熱および未浸漬状態での調理の可能性である。

真空・通常鍋加熱いずれのゆで大豆でも加熱時間の延長に伴い軟化した。加熱60分以外は、浸漬処理により大豆の軟化を促進し、特に真空調理で顕著であった。官能評価では、浸漬の有無に関わらず加熱120分以内は全体的に低い評価であった。普通以上の好ましさを示したのは、浸漬なしで180分・240分、浸漬ありで120分・180分・240分であった。浸漬あり区分は60分早く好ましいレベルに達し、浸漬は加熱時間の短縮効果を示した。一方、イソフラボン保持率は、高レベル加水（乾物大豆の400%）の場合、いずれの処理においても、ゆで大豆中にイソフラボンは80%保持され、ゆで汁に20~30%移行していた。加熱時間の延長はゆで大豆への保持率の低下傾向がみられた。低レベル加水（乾物大豆の70%、180%）で真空調理した場合、ゆで大豆中の保持率は90%前後、ゆで汁への移行は5%前後となり、通常調理に比べゆで汁への溶出が少ない。イソフラボン誘導体は官能的に同程度評価を得た浸漬あり120分と浸漬なし180分の大豆を比較すると、両者とも乾物大豆に比べマロニル化配糖体が減少し、daidzin、genistinが増加した。含量的に後者は前者よりマロニル化配糖体は少なかった。アグリコンは、浸漬なしの場合で、通常加熱より真空調理の方が多くなった。真空調理の中でも、予備浸漬の有無を考慮すれば、予備浸漬ありの方がアグリコンの増加傾向がみられる。これは、真空包装または予備浸漬による組織中への水の浸潤によりβ-グリコシダーゼが作用しやすくなったものと推察される。

乾物大豆重量に対して砂糖2.5%、食塩1.5%を添加した煮豆および煮汁中のイソフラボンは、加水量が少ない場合は90%前後で加水量が多い場合より高かった。ゆで大豆の保持率に類似してお

り、調味料添加の影響は少ないように考える。官能評価評点「4」を普通と位置づけ、ほとんどの官能評価項目においてそれ以上の評点を得た試料は予備浸漬なしでは240・300分、予備浸漬ありでは180分以上であった。好まれた加熱時間はゆで大豆より長くなった。

要約すれば、①真空調理で加水量を少なくした場合は大豆中の保持率は90%前後、ゆで汁または煮汁への移行は5%前後となり、通常調理に比べゆで汁への溶出が少ない。②真空調理では加熱時間を延長すれば、予備浸漬せずに乾物大豆に水を加えて加熱することが可能であることが示唆された。③真空調理は、長時間の加熱を要するが、作業の簡便性、大豆中のイソフラボン保持率を高めるのに有用な方法と言える。

II. りんごのコンポート

1. 目的

ペクチンの可溶化による軟化が必要な植物性食品は、高温長時間加熱が必要で、それ自体は通常加熱で問題ないが、この方法を使用すると真空包装で調味液の浸透がよく、液量も少なくすみ、包装による保形性から煮崩れしにくい利点がある。真空調理のコンポートは生でも加熱でも両方利用されているが、これまでに真空包装後に加熱した場合の提供方法が報告⁶²⁾されている。そこで、本研究では、真空調理による未加熱のりんごのコンポートの調製方法について、食味、調理条件などを検討した。真空調理の調味料の浸透性が高いという利点を活かして未加熱のコンポートを調製すれば、甘さが補え、加熱コンポートとはタイプの異なる新食感が期待できる。フレッシュな食感を長期保存可能という長所を利用して、チルド状態で保存した場合の品質についても検討した。

さらに、長期保存を可能にするため凍結の有用性を検討した。凍結した場合の組織損傷による軟化から従来の加熱コンポートと、どの程度異なるかも検討した。

2. 実験方法

(1) 試料

1) 試料

りんご果実は、平成18年11月および平成19年5月に秋田県産「ふじ」(320.6g±11.5g)を購入し、冷蔵庫(5±2℃)で保存し、実験の際に室温にして用いた。シロップは市販のグラニュー

糖（日新製糖製）を用いた。

2) 試料の調製

①未加熱コンポート

りんごは洗浄後、剥皮し、8分割後に、除芯したものを試料とした。一片の重量は $30.6\text{ g} \pm 4.8\text{ g}$ であった。調理書^{63・67)}では、コンポートの調理法（煮る）の砂糖濃度は平均値20%で、加えるシロップ量もりんごに対して約100~200% (w/w)であった。そこで、真空調理の「味が浸透しやすい」、「加熱中の水分蒸発による濃縮がない」ことを考慮して、シロップの砂糖濃度（以下、シロップ濃度）は10、20、30、40、50% (w/w)（以下、10%シロップ濃度、20%シロップ濃度、30%シロップ濃度、40%シロップ濃度、50%シロップ濃度）とし、シロップ量はりんごに対して25、50、100% (w/w)（以下、25%シロップ量、50%シロップ量、100%シロップ量）とした。真空包装用フィルムは、三菱樹脂性ダイアミロンM（WT M-B01 0.07×200×300mm）を用い、りんご10片と各条件のシロップを入れ、真空包装機（東静電気製VA-280）で真空包装した。その後、3時間室温で放置後、開封し（当日試料）、測定および官能評価試料とした。

さらに、上記と同様の真空包装試料を、チルド状態（0~5℃）で7日間（試料の調製および提供日を含む）保存した（保存試料）。その後、室温に戻してから各種の測定に供した。

②加熱コンポート

りんごは洗浄後、剥皮し、8分割後に、除芯したものを試料とした。一片の重量は $32.2\text{ g} \pm 3.4\text{ g}$ であった。シロップ濃度は未加熱コンポートの結果より20、30、40% (w/w)（以下、20%シロッ

シロップ濃度、30%シロップ濃度、40%シロップ濃度)とした。シロップ量は未加熱コンポートでは、りんごに対して50、100%量が好まれる傾向にあり、実験のし易さで100%量を採用したが、100%量は調理後のシロップ量が多く、盛り付けても残り、廃棄するため材料ロスになる。また、加熱するとりんごから水分が流出し、シロップ量がさらに増加することが考えられ、予備実験としてシロップ量を検討すると50%量で調製が可能であり、さらに量を減らせる可能性があった。そこで、りんごに対して25、50%(w/w) (以下、25%シロップ量、50%シロップ量)を採用した。真空包装用フィルムにりんご10片と各条件のシロップを入れ、真空包装後、スチームコンベクションオーブン (FUJIMACK製 FSCC101) で加熱した。加熱条件は「加熱温度：95℃、加熱時間：30分」とした。

加熱後の試料は、ブラストチラーで中心温度が3℃になるまで冷却し、室温に戻してから各種の測定に供した。

③凍結コンポート

りんごは洗浄後、剥皮し、8分割後に、除芯したものを試料とした。一片の重量は32.2 g ± 3.4 gであった。シロップの砂糖濃度は未加熱および加熱のコンポートの結果より、30% (w/w)とした。シロップ量はりんごに対して25、50%量とした (以下25%シロップ量、50%シロップ量)。さらにシロップを用いず、砂糖をりんごの表面にまぶした (以下、砂糖)。この砂糖量は、りんご重量の15%とし、これは30%シロップで50%量添加した際の砂糖量と同等である。真空包装用フィルムは、三菱樹脂性ダイアミロンM (WT M-B01 0.07×200×300mm) を使い、りんご10片と各条件の

シロップを入れ、真空包装機（東静電気製VA-280）で真空包装した。その後、凍結庫（-25℃）で1週間保存し、冷蔵庫で解凍後した。その後、室温に戻してから各種の測定に供した。

（2）測定項目及び方法

1）重量変化率

真空調理後のりんごは表面のシロップをキムタオルで取り除き、重量を測定した。調理前のりんごの重量に対する割合で、重量変化率（重量変化率（%）=真空調理後重量(g)/真空調理前重量(g)×100）を求めた。また、真空調理用フィルムに残ったシロップの重量も測定し、調理前の重量の変化率を計算した。

2）糖度およびpH

真空調理前後のりんごおよびシロップの糖度、pHを測定した。りんご試料は、ミキサー（アサヒグラント製）で90秒破碎し、その溶液を屈折式糖度計（アタゴN-1_E、N-2_E）、pHメーター（HORIBA製D-52）で測定した。同様に真空調理前後のシロップも測定した。

3）遊離糖の定量

真空調理前後のりんご2gを採取し、50%エタノールを30ml加えて、30分超音波抽出し、遠心分離（25℃，3000rpm，15分）を行った。その後、上清を採取して50mlに定容し、0.45μmのメンブレンフィルターで濾過して試料液とした。

シロップは0.5mlに50%エタノールを加えて10mlに定容し、0.45μmのメンブレンフィルターで濾過し試料液とした。測定はHPLC（日本分光製TRI/ROTA VI）；カラムTSKgel-Amide-80（4.6mm I.D.×25cm）を用い、80℃で行った。溶離液はアセトニトリル/水=75/25、流速は1.0ml/minで行い、検出器は示差屈折計（昭

和電工製Shodex RI-SE-61)を用いた。インジェクション量は20 μ lとした。標準物質のグルコース、フルクトース、サッカロースはいずれも関東化学(株)製を用いた。

4) 破断応力

真空調理前後のりんご(1/8個のくし型)の中心、中心から左右に1cmの各1カ所、計3カ所をクリープメーター(山電製RHEONER II RE2-33005)を用い、りんごの破断応力を測定した。測定条件は、プランジャー:直径5mmの円柱、ロードセル:20kg、測定スピード:1mm/sec、歪率;100%とした。

5) 組織観察

走査型電子顕微鏡(SEM,日立製TM-1000)により、りんご(生)、加熱コンポート、凍結コンポートの内部組織を観察した。

6) 官能評価

本学教職員および学生(20~50歳代女性)10名をパネルとし、7段階評点法(1~7点)³⁶⁾によるりんごの官能検査を行った。

7) 統計処理

統計処理にはExcel統計Ver.6.0(株式会社エスミ製)を用いた。有意差検定は、二元配置分散分析(ANOVA)後、多重比較(Tukey's HSD test)を行った。ただし、官能評価の有意差検定は、Kruskal-Wallis検定で行った。相関分析は、Pearsonの相関係数を用いた。

3. 結果

(1) 未加熱コンポート

1) シロップ量

シロップ量によるりんごの外観を比較した。りんごのつやは、

シロップ濃度に関係なく、50、100%シロップ量ではよいが、25%シロップ量では悪く、乾いた感じであった。りんごの褐変は、25、50%シロップ量でわずかにみられた。砂糖の浸透のムラは、25%シロップ量では多くみられ、特に50%シロップ濃度のりんごに多くみられた。

調理後のりんごの重量変化率は110~140%であり、シロップ量の増加に伴い高くなった。また、シロップの重量変化率は0~80%であり、25%シロップ量の場合は、調理後のフィルムに残らない場合もあり、不十分な量であった。シロップ量は50%以上必要とわかった。

真空調理後のりんごの糖度は11.0~23.4%であり、シロップ濃度が高く、シロップ量が多いほど高くなった。

官能評価では、シロップ濃度20~50%では25%シロップ量が他のシロップ量と比較して酸味が強く、甘さが弱いと評価され、全体的にも低い評価であった（図示はしていない）。評点4を「普通」と位置づけ、普通以上の評価を得る傾向がみられたのは、50%、100%量であった。

2) シロップ濃度

真空調理後のりんごおよびシロップの重量変化率および糖度を示した（Fig.22、23）。りんごの重量変化率は約110~140%でシロップ濃度が高くなるのに伴い、低くなった（ $p < 0.01$ ）。また、シロップ重量変化率は調理前に比べ減少し、約50~80%であった。

りんごの糖度では、10%シロップ濃度では11.0%で、調理前りんご（糖度：12%）より低値を示した。20~50%シロップ濃度の

りんごは、シロップ濃度が高くなるに従い、高くなった ($p < 0.01$)。

さらに、真空調理後のりんごおよびシロップ中の遊離糖量と組成を示した (Table30)。真空調理後のりんごの全糖量は約130~210mg/gであり、全糖量はシロップの濃度が高くなるほど多くなった。

りんごの硬さについては真空調理後の破断応力を示した (Fig.24)。調理前試料の破断応力 ($4.4 \pm 0.9 \times 10^5 \text{N/m}^2$) より10%、30%シロップ濃度のりんごは低く、20、40、50%シロップ濃度のりんごは高かったが、有意差は認められなかった。シロップ濃度が40、50%のりんご、特に50%シロップ濃度ではシロップの浸透ムラがみられ、浸透していない部分はぼそぼそした食感があつた。これは破断応力測定波形からも、抵抗して崩れにくい食感が示唆された。

シロップ濃度の違いによるりんごの官能評価結果を示した (Table31)。「軟らかさ」および「軟らかさの好み」では、シロップ濃度による違いに明確な傾向がみられなかった。「酸味」は全体的にやや弱いと評価され、シロップの甘さにより感じにくくなったと考える。「甘さ」は30、40、50%シロップ濃度のりんごがやや強いと評価された。「甘さの好み」では、20%、30%シロップ濃度が好まれる傾向であった。

総合評価には、「軟らかさの好み」 ($r = 0.53, p < 0.01$)、「甘さの好み」 ($r = 0.84, p < 0.01$) が影響していた。この2項目において30%シロップ濃度が他の試料よりやや好まれた。

3) 保存による影響

未加熱コンポートをチルド状態 ($0 \sim 5 \text{ }^\circ\text{C}$) で7日間 (試料の

調製および提供日を含む) 保存した。保存後の重量変化率は、保存前(約110~140%)との差はほとんど認められなかった。

りんごの糖度では、10、20%シロップ濃度において保存前後の差はなかったが、30、40、50%シロップ濃度では保存後の方が2~6%高くなっていた($p < 0.01$) (Fig.23)。

遊離糖量および組成では、りんごの全糖量は、保存前より増加する傾向がみられた。糖組成をみるとサッカロースが保存前より10~30%増加していた。

りんごの硬さは保存前後による破断応力に有意差があったのは、40、50%シロップ濃度で保存後の方が有意に低くかった (Fig.24)。しかし、全体的に保存前後の差は少なく、生に類似したシャキシャキ感が残っていた。

真空調理後、保存したりんごの官能評価を行ったところ、保存中のシロップの浸透を期待し、甘さに着目すると、10%と20%シロップ濃度のりんごは保存による影響が少なかった。しかし、30、40、50%シロップ濃度では保存後の方が甘く感じたパネルが多かった (Table31)。

(2) 加熱コンポート

通常調理では加熱中に煮崩れることがあり、それが出来上がりに影響する。真空調理では、真空包装による保形性から煮崩れにくい利点がある。そこで、加熱によるコンポートの調製を検討した。その加熱条件は、予備実験で利用例を参考にスチコンを85℃に設定して加熱したが、60分間加熱してもシャキシャキした硬さが残り、未加熱コンポートに類似した食感であり加熱のメリットを活かせていなかった。ペクチンの可溶化やセルロースの分解に

よる軟化も加熱のコンポートのメリットである。そのメリットのためには温度を高温にする必要があり95℃にして検討した。加熱開始後、15分でりんごの中心温度は95℃に達し、この段階では硬かったため加熱時間を延長し、15分間隔で60分まで検討した結果、30分で軟らかく適当と判断した。それ以降は、軟らかくなりすぎ、開封して盛り付けるとジャムのような状態になり、煮崩れにくいという真空調理のメリットが活かせない。そこで、加熱条件は95℃で30分とした。

この条件で調製したりんごおよびシロップの重量変化率および糖度を示した (Table32)。りんごの重量増加率は約101~106%で調理前後の差は少なかった。同シロップ濃度では、シロップ量による有意な差は認められなかった。

りんごの糖度では、全ての条件で調理前りんご (糖度: 12%) より高く、12.8~18.4%で、各シロップ量、シロップ濃度の上昇に伴い有意に高くなった ($p < 0.01$)。

真空調理後のりんごおよびシロップ中の遊離糖量と組成を示した (Table33)。真空調理後のりんごの全糖量は約120~180mg/gであった。全糖量は各シロップ量、シロップ濃度の上昇に伴い高くなる傾向にあり、調理前のりんごの全糖量を100%とした場合、真空調理後の全糖量は、約115~168%と増えていた。調理前のりんごに含まれていた、フルクトースやグルコースはシロップ中への移行を確認した。

りんごの硬さは、真空調理後の破断応力が、 $4.16 \sim 5.18 \times 10^5 \text{N/m}^2$ でシロップ量、シロップ濃度による差は少なかった。全ての試料で調理前試料の破断応力 ($5.91 \pm 0.71 \times 10^5 \text{N/m}^2$) よりやや低

いが、有意差は認められなかった（Table32）。形は維持できているが未加熱コンポートとは異なり、測定時にプランジャーの侵入に抵抗が少ないように観察でき、噛み切りやすくなった。

加熱したコンポートの食味は、シロップ濃度とシロップ量の違いによるりんごの官能評価で示した（Fig.25）。「軟らかさ」および「軟らかさの好み」では、シロップ濃度とシロップ量による違いは少ないが、いずれも30%濃度-50%量のりんごが高い傾向であった。全体的に「酸味」は弱いと評価され、中でも30%濃度-50%量、40%濃度-50%量が弱かった。「甘さ」については、40%濃度-50%量が強いと評価された。「甘さの好み」では、有意な差は認められなかったが30%濃度-50%量、40%濃度-25%量が好まれる傾向にあった。これより、40%濃度-50%量は甘さが強すぎて好まれない条件と考える。「総合評価」では、30%濃度-50%量のりんごが好まれる傾向にあった。

そこで、総合評価に影響する項目を相関係数から調べたところ、総合評価には、「軟らかさの好み」（ $r = 0.58, p < 0.01$ ）、「甘さの好み」（ $r = 0.79, p < 0.01$ ）が影響していた。軟らかさ、甘さ、総合評価の嗜好に関連する項目において「4（普通）」より高い成績を得たのは、30%濃度-50%量のりんごであった。

（3）凍結コンポート

長期保存を可能にするため凍結の有用性を検討した。凍結した場合の組織損傷による軟化から従来の加熱コンポートと比較して、どの程度異なるかも検討した。

同時に、凍結による組織損傷でりんごから水分流出するため、シロップとして液体を加えず、砂糖のみで調製が可能かも含めて

検討した。液量がなければ、真空包装時にシロップが溢れたりすることもなく、真空度も高めやすくなることも期待できる。

そこで、凍結保存後、解凍したりんごおよびシロップの重量変化率および糖度を示した (Table34)。シロップ量が多い方が有意に高かったが、砂糖は調理前後の変化はなかった。りんごの糖度では、25%量が15.4%、50%量が17.1%、砂糖が21.0%で砂糖が有意に高かった ($p < 0.01$)。加熱したコンポートの30%シロップ濃度の糖度と同程度であった。

また、真空調理後のりんごの遊離糖量と組成を示した (Table35)。凍結保存し解凍したりんごの全糖量は約150~200mg/gであり、全糖量は砂糖添加が高い傾向にあった。調理前のりんごの全糖量を100%とした場合、真空調理後の全糖量は、約145~195%と増え、砂糖が高い傾向であった。

凍結保存後、解凍したりんごの破断応力として示した (Table34)。破断応力は $4.99 \sim 5.05 \times 10^5 \text{N/m}^2$ で、試料による差は少なかった。調理前試料の破断応力 ($5.91 \pm 0.71 \times 10^5 \text{N/m}^2$) よりはやや軟らかく、加熱したコンポートと同じ程度の硬さが得られた。

食味については、凍結保存後、解凍したりんごの官能評価結果を示した (Fig. 26)。砂糖は浸透ムラが少なく、総合評価では「良い」と試料による有意差が認められ、砂糖の評価が高かった。「総合評価」では、砂糖 > 50%量 > 25%量のりんごの順であった。全ての項目で、砂糖が有意に高く評価された。

シロップを用いなくても好まれるコンポートが調製できることが示された。

4. 考察

(未加熱コンポート)

(シロップ量)

25%シロップ量のりんごで砂糖の浸透のムラが多かったのは、シロップ量が少なすぎて全体にいきわたる量がなかったためと推察する。シロップ量が不足していたことは、りんごのつやが悪く、乾いた感じにみえたという結果からも裏付けられる。

また、25%シロップ量の場合は、調理後のフィルムに残らない場合もあり、盛り付ける時にシロップも添えることも考慮すると不十分な量であった。そこで、シロップ量は50%以上必要とわかった。

以上より、シロップ量は50、100%量が有用と考える。以後の実験はシロップも測定するため、その必要量を確保しやすい100%シロップ量で行った。

(シロップ濃度)

未加熱コンポートの重量変化率は、調理前に比べ、りんごの重量は増加、シロップの重量は減少した。真空包装によりシロップがりんごへ移行していると考えられる。

未加熱コンポートのりんごの糖度では、10%シロップ濃度では、調理前りんごより低値を示した。これは、10%シロップ濃度では、りんごの糖度よりも低いので、浸透圧の作用が働いたと考える。糖度の変化と重量変化は、同様の傾向を示し、20%シロップ濃度以上のシロップを用いた場合は、真空包装によるシロップの浸透がすすみ、りんごの水分が引き出され糖度が濃縮したと考えられ

た。

未加熱コンポートのりんごおよびシロップ中の遊離糖量と組成を検討した。りんご中の全糖量は11~14%であり⁶⁸⁾、本実験で使用したりんごは、約12%であった。りんごの糖組成については品種によって違いがあるものの、フルクトースが最も多く約52%、グルコース約26%、サッカロース約20%と報告されている⁶⁸⁾。本実験に使用したりんごも、それぞれ約57%、約26%、約16%と類似した数値であった。

未加熱コンポートのりんごの全糖量は約130~210mg/gであり、全糖量はシロップの濃度が高くなるほど多くなった。全糖量が増加したのは、真空包装によりシロップがりんご中に浸透したことによると考えた。そこで、シロップ中の全糖量について検討すると約70~370mg/gであり、調理前に比べ減少していた。これは、遊離糖のりんご中への浸透と浸透圧の作用でりんごからの水分が引き出されたことが影響している。調理前後のりんごの遊離糖の差を浸透量として考えると、すべての試料においてサッカロース量は増え、フルクトースとグルコースは負の値を示し減少していた。そこで、シロップ中の糖組成は、真空調理前では、サッカロース100%であったが、真空調理後では、サッカロース以外にもフルクトース、グルコースがわずかに含まれ、りんご中のフルクトースとグルコースの移行が確認された。

未加熱コンポートのりんごの破断応力は、調理前試料とは有意差は、認められず、テクスチャーは生のりんごに類似していた。りんごとシロップの浸透圧の差により細胞内から水分が一部脱水されて、テクスチャーがしんなりすると考えたが、その影響は

少なかった。りんごの破断応力を低下させるには、ペクチンの分解が必要である。ペクチンの分解は、加熱によりペクチンのグリコシド結合が開裂し、低分子化することで細胞間の結着力が弱まり、軟化する。同時に、低分子化したペクチンは煮汁へ溶出する。

未加熱コンポートの保存後のりんごの全糖量は、保存前より増加する傾向がみられた。これは、保存中にシロップからりんごへサッカロースが移行したためと考えられた。そこで、糖組成をみるとサッカロースが保存前より10～30%増加しており、前述のことが裏付けられた。

以上より、本研究の真空包装後、室温に3時間放置する未加熱のコンポートは、りんごの種類による好みの違いも影響するが、シロップ濃度は30%、シロップ量はりんごの重量に対して100%量を用いた調製方法が良好であった。また、保存によりシロップ中の砂糖が浸透してりんごの糖度が高くなった。未加熱のコンポートはシャキシャキした食感が残り、硬いなりに硬さが均一で、形が保持でき、甘さも補え、色もきれいに調製でき、チルド保存が可能という利点があった。高齢者などに、生に近い食感を味わえる製品として、提供できる有用な方法であった。

(加熱コンポート)

加熱コンポートの重量変化率は、りんごでは、調理前後の差は少なかった。これは、真空調理によるシロップのりんごへの移行もあるが、加熱によるりんごの水分のシロップ中への流出量が増加したためと考えられた。りんごの糖度では、全ての条件で調理前りんごより高く、シロップの糖度は、調理前より低くなった。

これは、真空包装および加熱によるシロップの浸透がすすみ、りんごの水分が引き出されるためと考えられた。りんごの硬さは、周辺が熱の影響を受けるので、ペクチンの可溶化が外側から進行する。そのため、硬さにムラが生じやすくなったと考える。破断応力では、前述の要因のために、撓んで、噛み切りにくい試料もみられたことが測定値の標準偏差を大きくした。

以上より、りんごの種類による好みの違いも影響するが、今回の加熱したりんごの真空調理には、シロップ濃度は30%、シロップ量はりんごの重量に対して50%量を用い、95℃で30分加熱する調製方法が良好であった。これは、加熱して調製したりんごのコンポートで適しているとされた濃度⁶²⁾ およびフルーツのシロップ漬け缶詰を食べる時のフルーツの糖度が18~22%が適当と報告⁶⁹⁾ されていることと一致しており、シロップ濃度は30%前後が好まれるといえる。

(凍結コンポート)

凍結保存後、解凍したりんごの破断応力は、調理前試料よりはやや軟らかく、加熱したコンポートと同じ程度の硬さが得られた。物性測定中に観察しているとりんごの表面構造がしっかりしており、表面が破断されると中心部分は軟らかい。中心部は凍結による組織損傷が比較的大きいが、表面付近は砂糖濃度が高いために凍結しにくく、組織損傷の程度が比較的小ないために、しっかりした食感が残ったと推察する。

以上より、りんごの種類による好みの違いも影響するが、未加

熱でも、凍結し解凍することで好まれる条件が得られることが確認できた。シロップを用いず、りんごに砂糖をまぶした方法が好まれた。これは、シロップを作る作業を省くことができ、真空包装がしやすいメリットがあり、調製しやすいと考える。この調製方法の有用性が確認できたので、未加熱、加熱のコンポートでも試み、利用が可能であった。また、凍結することで保存性が向上することもメリットである。しかし、未加熱試料と同様に酸化酵素が失活していないため褐変することが懸念される。凍結した試料は組織が破壊されているため、未加熱試料より酸化酵素が作用しやすいと考える。褐変防止方法としては、レモン汁添加によりpHを低下させ、酵素が作用しにくくなることを考え、今後、検討したいと考える。

5. まとめ

真空調理の調味料の浸透性が高いという利点を活かし、加熱コンポートとはタイプの異なるシャキシャキした新食感のコンポートを調製し、シロップの砂糖濃度、シロップ量の調製方法および食味を検討した。同時に、保存の影響も検討した。また、りんごのコンポートとしての軟らかさを好む場合もあるため、軟らかく調製するための方法として、加熱及び凍結の有用性、その調理条件を検討した。

- 1) シロップ量25%はりんごの重量変化率が低く、つやが悪く、褐変し、浸透のムラが多く、糖度も低いことから、添加量としては少なく、シロップ量は50%以上が必要だった。
- 2) 未加熱のコンポートはシャキシャキした食感が残り、形が保持でき、色もシロップの浸透により透明感がでてくる、甘さが

追加できる利点があった。生に近い食感を味わえる製品として、給食用に、製菓用に利用できる有用な方法であった。シロップ濃度は30%、シロップ量はりんごの重量に対して100%量を用いた調製方法が良好であった。また、保存によりシロップ中の砂糖が浸透してりんごの糖度が高くなった。しかし、開封後の褐変はまぬがれない。

- 3) 保存をすることは、30~50%シロップ濃度のりんごのコンポートの場合、りんごの糖度の上昇、嗜好性の向上に寄与していた。
- 4) 95℃で30分加熱したりんごのコンポートは、煮崩れはなく形が維持できた。シロップ濃度は30%、シロップ量はりんごの重量に対して50%量を用いた調製方法が良好であった。シロップの使用量がりんご重量の50%でも可能で、材料ロスが少ないメリットがあった。
- 5) 未加熱のコンポートを凍結し解凍することでテクスチャーが変化し、加熱に類似した食感が得られ、さらに凍結することで保存性が向上した。シロップを用いず、りんごに砂糖をまぶして凍結し、解凍して提供する方法も好まれた。これは、シロップを作る作業を省くことができる利点があり、調製しやすい有用な方法である。

総括

真空調理についての研究は、これまで調理後の成分変化、保存期間とそれに伴う官能特性の変化などが報告されているが、加熱条件および食味など、基礎的なデータが不足している。また、多くの調理書では食品の組成や形状などを考慮せず加熱温度と時間だけを示しており、それらが加熱状態の適否に影響を及ぼしている。特に動物性食品は加熱温度が低温であり、衛生管理的視点から注意が必要であり、たんぱく質を多く含む動物性食品は、加熱条件、特に加熱温度による影響がデリケートであり、出来上がりの食味に大きく影響する。それに対し、植物性食品は、組織の軟化やでん粉の糊化が起きる温度で、ある程度の時間を要して加熱すれば、可食できるようになり、温度による出来上がりへの影響は動物性食品ほど大きくない。すなわち食品により加熱要件は異なる。そこで、本研究では、「加熱時の湯煎温度（75℃、85℃、95℃）」、「食品のサイズ」、「脂質含量」などが及ぼす影響について鶏肉をモデルとして検討した。同時に、得られたデータより、それら因子の関連性を分析した。また、真空調理の作業工程では、冷却、再加熱があり、それぞれの時間に影響する要因も検討した。

さらに、真空調理の調味液の高い浸透性などを活かした植物性食品（大豆やりんご）調理法の提案も試み以下の結果が得られた。

1) 鶏肉の真空調理では、湯煎温度を高くすることは加熱時間の短縮化には有用であるが、調理性、物性、食味への影響が大きいことから湯煎温度は75℃および85℃が有用であった。以降の結果

は、この有用な2つの温度について検討した。

2) 加熱のサイズでは、一切れ当たりの重量が増すほど加熱時間が有意に長くなった。歩留りや多汁性は、一切れの重量や湯煎温度による差が少なかった。鶏肉の厚みは、両湯煎温度とも20mmが10mmの約2.5倍の時間を要した。油脂の添加割合が高くなるに従い、加熱所要時間は有意に長くなった。

3) 加熱開始の中心温度は歩留り、多汁性、色、破断応力への影響は少なく、加熱前の試料の保存は冷蔵でも冷凍でも大差がなかった。しかし、加熱時間の面からは -40°C (凍結) から加熱を開始すると加熱時間を延長する欠点がある。

4) 皮の有無の加熱所要時間は両湯煎温度とも皮付きの場合の方が有意に長くなった。表面に焼き色がある方が加熱所要時間は長くなった。

5) 1回の投入量の増加に伴い、加熱時間は長くなり、歩留り、多汁性が低くなる傾向にあり、適量を投入する必要がある。本実験で使用したパッケージクッカーに対しての1回の投入量は20袋では多く、5袋または10袋が適していた。

6) 加熱所要時間と相関が高かった要因は、湯煎温度 ($r = 0.953$)、一切れ当たりの重量 (75 $^{\circ}\text{C}$ 湯煎 $r = 0.990$ 、85 $^{\circ}\text{C}$ 湯煎 $r = 0.936$)、厚さ (75 $^{\circ}\text{C}$ 湯煎 $r = 0.880$ 、85 $^{\circ}\text{C}$ 湯煎 $r = 0.875$)、皮の有無 (75 $^{\circ}\text{C}$ 湯煎 $r = 0.977$ 、85 $^{\circ}\text{C}$ 湯煎 $r = 0.784$)、油脂の添加量 (75 $^{\circ}\text{C}$ 湯煎 $r = 0.837$ 、85 $^{\circ}\text{C}$ 湯煎 $r = 0.984$) であった。また、75 $^{\circ}\text{C}$ のみで相関が高かった要因があり、1回の投入量 (75 $^{\circ}\text{C}$ 湯煎 $r = 0.995$ 、85 $^{\circ}\text{C}$ 湯煎 $r = 0.328$)、調味料の添加 (75 $^{\circ}\text{C}$ 湯煎 $r = 0.724$ 、85 $^{\circ}\text{C}$ 湯煎 $r = 0.477$) であった。

7) 真空調理の軟らかく、ジューシーであるという利点を損なう要因は、加熱終点だけではない。湯煎から受ける熱量が急激に伝わること、少ない熱量を長時間受けることで、たんぱく質の変性が進み、歩留、多汁性、破断応力に影響する。そこで、受ける熱量の影響が比較的大きく、各調製因子を変動させた場合に、特に注意すべき要因は、「一切れの重量」、「厚さ」、「1回の投入量」であった。

8) 有用とした2つの湯煎温度において、歩留り、多汁性から判断すると、85℃湯煎が適しているのは、一切れの重量が軽い場合、75℃湯煎が適しているのは厚みが薄い場合(10mm)であったように試料の状態に併せて使用することを提案する。また、85℃湯煎は加熱時間の短縮化という利点があるが、加熱終了のタイミングを見誤ると肉の中心温度が上昇しすぎて過加熱になることが懸念される。そして、75℃湯煎では加熱時間は長くなるが、湯煎温度と加熱終了の中心温度が同温のため、中心温度が上昇しすぎる心配がないことも考慮して、使用状況に適した湯煎温度の選択活用が望ましい。

9) 冷却時間は試料の状態により異なることを確認した。冷却時間に影響した要因で相関が高かったのは、一切れ当りの重量(75℃湯煎 $r = 0.899$ 、85℃湯煎 $r = 0.845$)、厚さ(75℃湯煎 $r = 0.999$ 、85℃湯煎 $r = 0.999$)、皮の有無(75℃湯煎 $r = 0.972$ 、85℃湯煎 $r = 0.982$)、油脂の添加量(75℃湯煎 $r = 0.993$ 、85℃湯煎 $r = 0.984$)であった。今回の実験条件では、いずれも90分以内に中心温度を3℃以下にすることが可能であった。

10) 再加熱時間は試料の状態により異なることを確認した。再加

熱所要時間には試料の状態が影響し、特に相関が高いのは、一切れ当りの重量 ($r = 0.940$)、厚さ ($r = 0.998$) であり、油脂の添加量 ($r = 0.928$)、皮の有無 ($r = 0.885$)、1回の投入量 ($r = 0.739$) であった。

11) 各調製因子から得られた重回帰式により加熱・冷却・再加熱の各所要時間が推測可能となった。

12) 真空調理によるゆで大豆は未浸漬、低レベル加水で調製が可能であり、大豆中のイソフラボン保持率は90%前後、ゆで汁または煮汁への移行は5%前後となり、通常調理に比べゆで汁への溶出が少ない。真空調理では加熱時間を延長すれば、予備浸漬せずに乾物大豆に水を加えて加熱することが可能であることが示唆された。真空調理は、長時間加熱時間を要するが、作業の簡便性、大豆中のイソフラボンを効率的に摂取するのに有用な方法である。

13) 未加熱りんごの真空調理は、シャキシャキとした食感を活かしながら甘さを補い、色もきれいに調製できる。その調理条件はシロップ濃度は30%、シロップ量はりんごの重量に対して100%量を用いた調製方法が良好であった。また、加熱をする場合は、シロップの使用量がりんご重量の50%でも可能で、材料ロスが少ないメリットがあった。さらに、未加熱の試料を冷凍し解凍することでテクスチャーが変化し、加熱に類似した食感が得られ、さらに冷凍することで保存性が向上した。シロップを用いず、りんごに砂糖をまぶして冷凍し、解凍して提供する方法も好まれた。これは、シロップを作る作業を省くことができる利点があり、調製しやすい有用な方法である。

本研究は、真空調理工程、即ち加熱、冷却、再加熱にかかわる一連の調製因子を系統的に研究し、その関連性を明らかにするとともに各種調製因子を調理科学的に検討し、その有用性を確認した。得られた結果は品質管理や作業の標準化の基礎的データとして活用が期待できる。さらに他にはない真空調理の特性を利用して従来の調理法を合理的に行うこと、また、新しい食感を付与するという実用性の高いものを提案した。

謝辞

本研究を行うにあたり、ご指導とご鞭撻を賜りました女子栄養大学安原安代教授・柴田圭子専任講師に心より感謝致します。

本研究を遂行する上で、多くの有益なご助言をいただきました東京医療保健大学峯木真知子教授に心より御礼申し上げます。

また、本研究においてお力添えを頂いた東京医療保健大学助手・小澤啓子さんに心から感謝致します。

引用文献

- 1) 谷孝之：なぜ真空調理なのか. 食品工業 15(4) 34-37 (1992)
- 2) 脇雅世：真空調理法. 調理科学 22(3) 190-195 (1989)
- 3) 久保修：外食産業の新しい調理システム. 日本調理科学会誌 30(3) 285-289 (1997)
- 4) 出口裕之：真空調理とはなにか. 専門料理 5 33-40 (1996)
- 5) 西田博：真空調理食品－特に肉製品の微生物的検討－. 食肉の科学 33(2) 221-227 (1992)
- 6) 野口阿佐子：真空調理食品の現状と今後の方向. ジャパンフードサイエンス 1 38-43 (1992)
- 7) 南波佐間浩：真空調理食品市場の可能性を探る. 食品と開発 25(2) 2-13 (1990)
- 8) Robert a. Meyer: Sous Vide Technology: American Foodservice Markets Discovering the Benefits. J RESUTAURANT & FOODSERVICE MARKETING 2(2) 51-62 (1997)
- 9) S. Ghazala: *sous vide and cook-chill processing for the food industry*. An Aspen Publication Mayland 31-41 (1998)
- 10) 厚生省：大規模施設食中毒について. 別添「大量調理施設衛生管理マニュアル」食衛第 155 号 (1997) 、
- 11) 富岡和夫：給食経営管理実務ガイドブック. 同文書院 東京, 121-128 (2005) 、
- 12) 生野世方子, 山内直樹, 芥田暁栄：豆類の真空調理について. 調理科学 24(2) 103-107 (1991)
- 13) 生野世方子, 吉村美紀, 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 19(2) 57-60 (1993)
- 14) 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. 調理科学 26(4) 299-303 (1993)
- 15) TINA B. HANSEN, SUSAN KNOCHER, DORTE JNCHER, GRETE BERTELSEN: Storage characteristics of sous vide cooked roest beef.

- 16) 内藤文子, 高橋節子, 佐藤之紀, 野口駿, 内藤博, 田中直義:
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. 家政誌
47 (2) 153-159 (1996)
- 17) 高橋節子, 内藤文子, 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. 家政誌 45 (2) 123-130
(1994)
- 18) 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).
家政誌 54 (7) 591-600 (2003)
- 19) 山口喜一: 真空調理用フィルムの特性について. 食品工業 15(4) 43-49
(1992)
- 20) 辻 二郎: 真空調理用機器について. 食品工業 15(3) 60-63 (1992)
- 21) 谷 孝之: 真空調理の全技法. 柴田書店 東京 8 (1989)
- 22) 長田銑司, 長田勇久: 真空調理で日本料理. 柴田書店 東京 72 (2002)
- 23) 新調理技術協議会: わかりやすい真空調理レシピ. 東京 柴田書店. 72
(2007)
- 24) 新調理技術協議会: わかりやすい真空調理レシピ. 柴田書店東京 100
(2007)
- 25) 新調理技術協議会: わかりやすい真空調理レシピ. 柴田書店東京 120
(2007)
- 26) J. D. SINK, H. TURGUT, O. M. MANN, D. F. WEAKLEY, J. R. ESCOUBAS: Effect of Age
and Sex on the Biophysical Properties of Fresh Beef Muscle from
Bullocks and Steers. *J Food Sci* 48 844-847 (1983)
- 27) 森田重廣: 蓄肉とその加工. 建帛社 東京 122 (1986)
- 28) Bouton P. E., Harris P. V., Shortthose w. R: THE EFFECTS OF ULTIMATE
pH ON OVINE MUSCLE: WATER-HOLDING CAPACITY.
J Food Sci 37 351-355 (1972)
- 29) Lowry, O. h., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., Randall, R. R: Protein
Masurement with the Folin Phenol Reagent.
J Biol Chem. 193 265-275 (1951)

- 30) 尾関教生, 吉田行夫, 下等貞臣, 河村孝彦, 坪内涼子, 柴田幸雄, 伊藤秀夫, 申七郎: 名古屋コーチン(名古屋種)鶏肉の食品組織学的特性(第2報). 調理科学 27(3) 183-190 (1994)
- 31) 日本病理学会編: 病理組織標本作成技術(下). 医歯薬出版, 東京 151 (1982)
- 32) 大網弘, 山本悦子: 病理標本製作法. 藤田企画出版 東京 73 (1982)
- 33) 星野忠彦, 松本エミ子, 高野敬子: 食品組織学. 光生館 東京 37 (1998)
- 34) 星野忠彦, 新妻澤夫, 玉手英夫: 牛筋組織の構成単位としての筋束の構築. 日蓄会 58(10) 817-826 (1978)
- 35) 大網弘, 山本悦子: 病理標本製作法. 藤田企画出版 東京 13 (1982)
- 36) 日科技連官能検査委員会編: 工業における官能検査ハンドブック. 日科技連出版 東京 183 (1970)
- 37) 平田なつひ, 田村朝子, 木下伊規子: 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・動物性食品に及ぼす影響. 中京女子大学研究紀要 41 85~96 (2007)
- 38) Choi, Y, Okos: Food Engineering and Process Application. Appl Sci Pub GBR 1 98~101 (1986)
- 39) J.M.Kijowski, J. M, M.G.MAST: Effect of Sodium Chloride and Phosphates on the Thermal Properties of Chicken Meat Protein. *J Food Sci* 53(2) 367-370 (1981)
- 40) 菊池榮一: 動物性たんぱく質食品. 朝倉書店 東京 153 (1994)
- 41) B.E.TUNER, D.K.LARICK: Palatability of Sous Vide Processed Chicken Breast. *Poultry Sci* 75 1056-1063 (1996)
- 42) 貝田さおり, 玉川雅章, 渋谷祥子: 牛肉の鉄板焼き調理における最適加熱条件. 家政誌 50 (2) 147-154 (1999)
- 43) 西念幸江, 柴田圭子, 安原安代: 真空調理に関する研究(第2報). 家政誌 54 (10) 867-878 (2003)
- 44) 新調理技術協議会: わかりやすい真空調理レシピ. 柴田書店 東京 15 (2007)
- 45) 日経レストラン編: 『日経レストラン外食産業辞典』. 日経 BP 社 東京 191 (1995)

- 46) 宮沢文雄, 衛藤君代, 金井美恵子, 鹿島芳子, 酒井裕子, 小池康雄, 谷孝之 : 真空調理食品の微生物学的検討と危害分析. *食品工業* 3 52-59 (1992)
- 47) 宮沢文雄, 衛藤君代, 金井美恵子, 鹿島芳子, 酒井裕子, 小池康雄, 谷孝之 : 真空調理食品の微生物汚染. *食衛誌* 35 (5) 530-537 (1994)
- 48) Ian C Munro, Melody Harwood, Jason J. Hlywka, Alison M. Stephen, John Doull, W. Gary Flamm and Herman Adlercreutz : Soy Isoflavones: A Safety Review. *Nutrition Reviews* 61 1-33 (2003)
- 49) Tong T. Song, Suzanne Hendrich and Patricia A. Murphy : Estrogenic Activity of Glycitein, a Soy Isoflavone. *J Agric Food Chem* 47 1607-1610 (1999)
- 50) 石見佳子, 池上幸江 : 大豆イソフラボンの有効性とリスク. *日本栄養・食糧学会誌* 51 294-298 (1998)
- 51) Jin-Rong Zhou, George L. Blackburn, and Steven K. Clinton : Inhibition of Murine Bladder Tumorigenesis by Soy Isoflavones via Alteration in The Cell Cycle, Apoptosis, and Angiogenesis *Cancer Res* 58 5231-5238 (1998)
- 52) Young-Hee Pyo, Tung-Ching Lee and Young-Chul Lee : Effect of Lactic Acid Fermentation on Enrichment of Antioxidant Properties and Bioactive Isoflavones in Soybean, *J Food Sci* 70 S215-S220 (2005)
- 53) Toru Izumi, Mariusz K. Piskula, Sachiko Osawa, Akio Obata, Koichiro Tobe, Makoto Saito, Shigehiro Kataoka, and Mamoru Kikuchi : Soy Isoflavone Aglycones Are Absorbed Faster and in Higher Amounts than Their Glucoside in Humans *J Nutr* 130 1695-1699 (2000)
- 54) Lori Coward, Michelle Smith, Marion Kirk and Stephen Barnes : Chemical Modification of Isoflavones in soyfood during cooking and processing. *Am J Clin Nutr* 68 (suppl) 1486S-91S (1998)

- 55) Huei-ji Wang, Patricia A, Murphy : Isoflavone Content in Commercial Soybean Food *J Agric Food Chem* 42 1666- 1673 (1994)
- 56) 荒勝俊 : 大豆及び大豆加工食品の呈味改善技術 (1) -大豆の有用性と問題点-. *New Food Industry* 42 27-35 (2000)
- 57) Shigemitsu Kudou, Yvette Fleury, Dieter Welti, Daniele Magnolate, Teiji Uchida, Keisuke Kitamura and Kazuyoshi Okubo : Malonyl Isoflavone Glycosides in Soybean Seeds (*Glycine max* Merrill) *Agric Biol Chem* 55 2227-2233 (1991)
- 58) 柴田圭子, 三好恵子, 渡邊容子, 安原安代 : スチームコンベクションによるゆでおよび蒸し加熱が大豆中のイソフラボン誘導体に及ぼす影響. *日本栄養・食糧学会誌* 59(6) 305-312, (2006)
- 59) 春日敦子, 荻原英子, 青柳康夫, 木村廣子 : 大豆イソフラボン組成の加熱加工による変化. *日本食品科学工学会誌* 53(7) 365-372 (2006)
- 60) 扇谷容子, 相澤 博, 大谷倫子, 藤田晃三 : 大豆のイソフラボン量について産地による比較.. *札幌市衛生研年報* 29 83-89 (2002)
- 61) Matsuura M, Obata A, Fukushima D : Objectionable flavor of soy milk developed during the soaking of soy beans and its control, *J Food Sci* 54 602-605 (1989)
- 62) 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りんごのコンポートの最適調理条件の決定. *家政誌* 51 (6) 521-525 (2000)
- 63) 東静電気株式会社 : 真空調理レシピ. 109 東静電気株式会社静岡 (2004)
- 64) 三輪里子, 吉中哲子 : フローチャート献立と調理. 175 弘学出版 東京 (1990)
- 65) 高橋敦子, 安原安代, 松田康子 : 調理学実習. 108 女子栄養大学出版部 東京 (2002)
- 66) 村山篤子, 茂木美智子 : レクチャー調理学実習. 163 建帛社東京 (19981)
- 67) 加藤信 : デザート菓子. 36 学校法人古屋学園 東京 (2000)
- 68) 伊藤三郎編 : 果実の科学. 103 朝倉書店 東京 (1995)
- 69) 佐多正行 : 農産加工の基礎. 160 農文協 東京 (2002)

圖表一覽

- Fig. 1 Effect of factor on heating time, cooling time and reheating time
- Fig.2 Sample part for each measurement
- Fig.3 The measurement of internal temperature
- Fig. 4 Time - temperature characteristics for chicken breast meat by vacuum packing
- Fig. 5 Variation in the sensory properties from the vacuum packing
- Fig. 6 The construction plan of water bath
- Fig. 7 The measurement of water bath temperature by thermo tracer
- Fig. 8 Time - temperature characteristics for chicken breast meat by vacuum cooking
- Fig. 9 -1 Time - temperature characteristics for chicken breast meat by vacuum cooking (75°C)
- Fig. 9 -2 Time - temperature characteristics for chicken breast meat by vacuum cooking (85°C)
- Fig. 9 -3 Time - temperature characteristics for chicken breast meat by vacuum cooking (95°C)
- Fig.10 Effect of water bath temperature on rupture stress and deformation of chicken breast meat by vacuum cooking
- Fig.11 Structure of the chicken breast meat(middle section)

by vacuum cooking ($\times 200$)

Fig.12 The measurement of end point temperature of chicken breast meat by thermo tracer

Fig.13 Variation in the sensory properties from the water bath temperature

Fig.14 -1 Effect of portion size on cooling time of chicken breast meat

Fig.14-2 Effect of thickness on cooling time of chicken breast meat

Fig.14-3 Effect of poultry fat addition on cooling time of chicken breast meat

Fig. 14-4 Effect of seasoning on cooling time of chicken breast meat

Fig.14-5 Effect of the presence of skin on cooling time of chicken breast meat

Fig. 15 The cooling time of chicken breast meat by vacuum cooking

Fig. 16-1 Effect of portion size on reheating time of chicken breast meat

Fig. 16-2 Effect of thickness on reheating time of chicken breast meat

Fig. 16-3 Effect of internal temperature of starting point on reheating time of chicken breast meat

Fig. 16-4 Effect of poultry fat addition on reheating time of chicken breast meat

- Fig.16-5 Effect of seasoning on reheating time of chicken breast meat
- Fig. 16 -6 Effect of the presence of skin on reheating time of chicken breast meat
- Fig. 16 -7 Effect of the sample weight in the water bath on reheating time of chicken breast meat
- Fig. 16-8 Effect of the number of sample in the bag on reheating time of chicken breast meat
- Fig.17 Sample preparation by vacuum cooking and boiling cooking of soybeans
- Fig.18 The retention ratios of isoflavone derivatives in cooked soybean and cooking water
- Fig.19 Effect of soaking and cooking time on sensory attribute by vacuum cooking
- Fig.20 The retention ratios of isoflavone derivatives in cooked soybean with seasoning and cooking water
- Fig.21 Sensory evaluation of the cooked and seasoned soybeans by vacuum cooking
- Fig.22 Effect of syrup concentration on weight variation of compoted apple
- Fig.23 Effect of syrup concentration and cold-storage on saccharinity of compoted apple
- Fig.24 Effect of syrup concentration and cold-storage on rupture stress of compoted apple
- Fig.25 Effect of syrup concentration on sensory evaluation of

compoted apple

Fig.26 Effect of syrup quantity on sensory evaluation of
compoted apple

Table 1 The specification of steam convection oven and
package cooker

Table 2 Effect of the vacuum packing on the heating time and
physical properties of chicken breast meat

Table 3 Difference of steam convection oven temperature on
the position

Table 4 -1 Water bath temperature at each part of water bath
(75°C)

Table 4-2 Water bath temperature at each part of water bath
(85°C)

Table 5 Effect of the heating apparatus on the heating time
and physical properties of chicken breast meat

Table 6 Effect of water bath temperature on physical
properties of chicken breast meat

Table 7 Protein contents in dripe for each chicken breast meat
at three temperature of water bath

Table 8 Protein contents in chicken breast meat at three
temperature of water bath

Table 9 Protein contents in chicken breast meat at three
temperature of water bath

Table 10 Effect of warmed-over flavor on sensory score of
chicken breast meat by vacuum cooking

- Table 11 Effect of pepper flavor on sensory score of chicken breast meat by vacuum cooking
- Table 12 Effect of portion size and water bath temperature on the heating time and physical properties of chicken breast meat
- Table 13 Effect of thickness and water bath temperature on the heating time and physical properties of chicken breast meat
- Table 14 Effect of internal temperature of starting point and water bath temperature on the heating time and physical properties of chicken breast meat
- Table 15 Effect of poultry fat percentage and water bath temperature on the heating time and physical properties of chicken breast meat
- Table 16 Effect of seasoning and water bath temperature on the heating time and physical properties of chicken breast meat
- Table 17 Effect of skin and water bath temperature on the heating time and physical properties of chicken breast meat
- Table 18 Effect of grilled surface and water bath temperature on the heating time and physical properties of chicken breast meat
- Table 19 Quantitative effect to put into the water bath at a time of heating on the heating time and physical

properties of chicken breast meat

Table 20 Effect of the number of sample in the bag and water bath temperature on the heating time and physical properties of chicken breast meat

Table 21 Correlation of some preparation factors on the heating ,cooling or rerheating time of vacuum cooking by the multiple analysis

Table 22 Comparison of calculated and observed heating time on each treatment factor

Table 23 Comparison of calculated and observed cooling time on each treatment factor

Table 24 Comparison of calculated and observed reheating time before supplying the sample

Table 25 Cooking condition for sample preparation by vacuum cooking and boiling cooking of soybeans

Table 26 Changes of the weight variation and hardness in various cooked soybeans

Table 27 Total isoflavone content and retention ratios of isoflavone derivatives in various cooked soybean

Table 28 Changes of the hardness and retention of isoflavoe on cooked and seasoned soybeans

Table 29 Total isoflavone content and retention ratios of isoflavone derivatives in various cooked and seasoned soybean

Table 30 Effect of concentration of syrup on free sugar content

of compoted apple and syrup

Table 31 Effect of storage time on the sensory score of compoted apple

Table 32 Effect of syrup concentration of sugar in syrup on physical properties of compoted apple(cooked 95°C)

Table 33 Effect of syrup concentration on free sugar content in compoted apple(cooked in 95°C) and syrup

Table 34 Effect of Storage methods on physical properties of compoted apple and syrup

Table 35 Effect of Storage methods on free sugar of compote apple and syrup

Table 1 The specification of steam convection oven and pacage cooker

		Steam convection oven
Maker		FUJIMAK
Type		FC6M6G
Outward form (mm)		847(W) × 771(D) × 757(H)
Ward of inside (mm)		711(W) × 552(D) × 657(H)
Capacity		Hotelpan(1/1size) 6 pieces
Layer		6 layer
Interval of layer		68mm
Source of electricity		Single phase 100V 50Hz
Gass expenditure (steaming)		12.2kW
Gass expenditure (hot air)		12.2kW
Total gass expenditure		12.2kW
Total electric expenditure power consumption		0.3kW
H e a t i n g m o d e	Vario steaming	30~99°C
	Steaming	100°C(Fixing)
	Hot air	30~300°C
	Combination of steam and hot air	30~300°C
	Reheating	30~300°C
	Control of internal temperature	20~99°C

		Pacage cooker
Maker		FUJIMAK
Type		FPC5535H
Outward form (mm)		550(W) × 350(D) × 420(H)
Inside form (mm)		500(W) × 300(D) × 200(H)
Capacity		35L
Source of electricity		Single phase 200V 50Hz
Heater		1.50kW × 3
Stire moter		0.015kW
Total electric expenditure		4.50kW
Electric current (Max)		13.3A
Treatment temoerature		30~100°C

Table 2 Effect of the vacuum packing on the heating time and physical properties of chicken breast meat

n=15

measurement	75°C			85°C		
	Vacuum cooking	Non- vacuum steaming in bag	Non- vacuum steaming without bag	Vacuum cooking	Non- vacuum steaming in bag	Non- vacuum steaming without bag
Time required to reach 75°C (min) ¹⁾	42. 6±0. 9 ^a	42. 4±0. 4 ^a	35. 7±2. 3 ^b	19. 9±1. 0 ^o	18. 4±0. 5 ^d	17. 7±0. 5 ^o
Heating time (min)	43. 6±0. 9 ^a	43. 4±0. 4 ^a	36. 7±2. 7 ^b	20. 9±1. 0 ^o	19. 4±0. 5 ^d	18. 7±0. 5 ^o
Cooking time (min/°C/100g)	0. 45±0. 04 ^a	0. 46±0. 00 ^a	0. 37±0. 02 ^b	0. 21±0. 01 ^o	0. 19±0. 01 ^d	0. 20±0. 01 ^o
Cooling time (min)	43. 3±0. 7 ^a	62. 5±3. 1 ^b	62. 9±3. 1 ^b	42. 8±1. 3 ^a	60. 3±1. 2 ^c	59. 2±1. 0 ^o
Yield (%)	83. 1±1. 7 ^a	81. 4±3. 0 ^b	78. 4±1. 5 ^c	85. 2±1. 9 ^d	81. 4±2. 5 ^b	79. 73±2. 9 ^o
Size (%) ²⁾	75. 2±2. 9 ^a	71. 8±1. 4 ^b	73. 8±1. 2 ^c	75. 4±1. 5 ^a	73. 2±1. 1 ^c	71. 0±1. 3 ^b
Juiciness (%)	33. 5±1. 7 ^a	28. 0±1. 1 ^b	26. 4±2. 2 ^c	38. 5±1. 4 ^d	29. 3±1. 2 ^b	28. 2±0. 5 ^b
Internal color L*	82. 6±1. 4 ^a	82. 5±1. 3 ^a	82. 4±0. 9 ^a	83. 5±1. 0 ^a	81. 6±1. 6 ^a	82. 3±0. 8 ^a
a*	1. 1±0. 2 ^a	2. 1±0. 2 ^b	1. 9±0. 2 ^a	1. 0±0. 3 ^a	2. 0±0. 2 ^b	1. 5±0. 2 ^a
b*	10. 8±0. 4 ^a	10. 1±0. 5 ^a	10. 5±0. 5 ^a	11. 1±0. 8 ^a	10. 7±0. 4 ^a	11. 1±0. 5 ^a
Rupture stress (× 10 ⁷ N/m ²)	1. 79±0. 32 ^a	2. 19±0. 39 ^b	1. 91±0. 38 ^c	1. 79±0. 44 ^a	2. 52±0. 42 ^d	1. 84±0. 38 ^a
Deformation (%)	61. 0±8. 9 ^a	67. 5±9. 7 ^b	57. 9±6. 1 ^c	62. 7±5. 0 ^a	66. 8±9. 7 ^d	60. 6±6. 2 ^a

¹⁾ Time means the internal temperature of the meat reached to 75°C.

²⁾ Size after heating(cm²) / before heating(cm²) × 100

^{a,b,c,d,e} Different letters in the same row indicate significant difference by Tukey's HSD test (p < 0.01).

Table 3 Difference of steam convection oven temperature on the position

Steam convection oven temperature	75°C		85°C	
	Front side	Inner side	Front side	Inner side
Established temperature (°C)	73		83	
Indicator temperature (°C)	75		85	
Upper layer (°C)	75.2±3.9	77.5±1.8	86.3±1.5	87.9±1.5
Middle layer (°C)	76.3±2.3	76.6±2.3	86.6±1.5	86.9±1.5
Lowest layer (°C)	76.7±2.3	75.9±1.7	87.0±1.4	86.6±1.5

Table 4-1 Water bath temperature at each part of water bath (75°C)

	Area position ¹⁾					
	①	②	③	④	⑤	⑥
Upper layer ²⁾ (°C)	75.0±0.3	75.0±0.4	75.0±0.3	75.0±0.3	75.0±0.3	74.9±0.3
Under layer ³⁾ (°C)	75.0±0.3	75.0±0.4	75.0±0.3	75.0±0.3	75.0±0.3	74.9±0.3

Table 4-2 Water bath temperature at each part of water bath (85°C)

	Area position ¹⁾					
	①	②	③	④	⑤	⑥
Upper layer ²⁾ (°C)	84.9±0.2	84.8±0.2	84.8±0.3	84.8±0.3	84.8±0.3	84.7±0.3
Under layer ³⁾ (°C)	85.0±0.2	84.8±0.3	84.9±0.3	84.8±0.3	84.8±0.3	84.7±0.3

¹⁾ part of water bath Details are shown in Fig.1.

²⁾ at the depth of 5cm in water bath

³⁾ 5cm from the base in water bath

Table 5 Effect of the heating apparatus and heating temperature on the heating time and physical properties of chicken breast meat

n=15

heating apparatus temperature measurement	75°C		85°C	
	Water bath	steam convection oven	Water bath	steam convection oven
Time required to reach 75°C (min) ¹⁾	42. 2±0. 4 ^a	36. 6±4. 3 ^b	22. 2±0. 4 ^c	19. 9±1. 5 ^d
Heating time (min)	43. 2±0. 3 ^a	37. 6±4. 3 ^b	23. 2±0. 4 ^c	20. 9±1. 5 ^d
Cooking time (min/°C/100g)	0. 45±0. 01 ^a	0. 38±0. 05 ^b	0. 23±0. 01 ^c	0. 21±0. 02 ^d
Yield(%)	82. 8±1. 4 ^a	80. 9±1. 2 ^b	84. 3±1. 6 ^c	81. 1±0. 8 ^d
Juiciness(%)	35. 3±1. 3 ^a	30. 9±0. 4 ^b	36. 3±0. 4 ^a	31. 5±0. 9 ^b
Internal color L*	83. 0±1. 0 ^a	82. 5±1. 2 ^a	82. 9±0. 8 ^a	82. 0±0. 7 ^a
a*	1. 1±0. 2 ^a	1. 2±0. 2 ^a	1. 1±0. 2 ^a	1. 2±0. 2 ^a
b*	11. 2±0. 4 ^a	10. 9±0. 6 ^b	12. 0±0. 6 ^a	11. 6±0. 3 ^a
Rupture stress(× 10 ⁷ N/m ²)	1. 36±0. 45 ^a	1. 51±0. 35 ^b	1. 28±0. 31 ^b	2. 68±1. 38 ^d
Deformation(%)	66. 5±5. 6 ^a	51. 5±5. 5 ^a	55. 4±6. 4 ^b	67. 1±11. 8 ^c

¹⁾ Time means the internal temperature of the meat reached to 75°C.

a,b,c,d Different letters in the same row indicate significant difference by Tukey's HSD test ($p < 0.01$).

Table 6 Effect of water bath temperature on heating time and physical properties of chicken breast meat
n=15

Measurement \ water bath temperature	75°C	85°C	95°C
Time required to reach 75°C (min) ¹⁾	42.6 ± 0.3 ^a	22.2 ± 0.7 ^b	17.3 ± 0.8 ^c
Heating time (min)	43.6 ± 0.3 ^a	23.2 ± 0.7 ^b	18.3 ± 0.8 ^c
Cooking time (min/°C/100g)	0.45 ± 0.034 ^a	0.23 ± 0.01 ^b	0.18 ± 0.01 ^c
Yield (%)	83.5 ± 1.1 ^a	84.6 ± 2.0 ^a	82.2 ± 2.9 ^a
Size (%) ²⁾	79.4 ± 2.3 ^a	74.7 ± 1.1 ^b	67.1 ± 2.2 ^c
Juiciness (%)	35.0 ± 1.4 ^a	37.0 ± 1.9 ^a	34.7 ± 0.5 ^a
Internal color L*	82.1 ± 1.1 ^a	81.9 ± 0.7 ^a	81.1 ± 0.6 ^a
a*	1.2 ± 0.2 ^a	1.1 ± 0.1 ^a	1.1 ± 0.2 ^a
b*	12.1 ± 0.7 ^a	12.2 ± 0.6 ^a	12.1 ± 0.8 ^a
Rupture stress (× 10 ⁷ N/m ²)	1.28 ± 0.30 ^a	1.40 ± 0.60 ^b	1.88 ± 0.74 ^c
Deformation (%)	50.2 ± 6.4 ^a	55.0 ± 11.1 ^b	68.7 ± 11.1 ^c

¹⁾ Time means the internal temperature of the meat reached to 75°C.

²⁾ Size after heating(cm²) / before heating(cm²) × 100

^{a,b,c} Different letters in the same row indicate significant difference by Tukey's HSD test ($p < 0.01$).

Table 7 Protein contents in dripe for each chicken breast meat at three temperature of water bath

n=3

	Retention (mg/ml drip) ³⁾					Retention (mg/ whole drip) ³⁾				
	Added water			Added ethanol		Added water			Added ethanol	
	suspention ¹⁾	Supernatant fluid ²⁾	Precipitation	Supernatant fluid ²⁾	Precipitation	suspention ¹⁾	Supernatant fluid ²⁾	Precipitation	Supernatant fluid ²⁾	Precipitation
75°C water bath	0.39±0.02	0.34±0.02	0.02±0.00	0.07±0.01	0.32±0.03	265.15±9.13	258.84±2.79	14.77±1.51	127.18±30.64	138.86±14.77
85°C water bath	0.37±0.04	0.39±0.01	0.02±0.00	0.08±0.01	0.32±0.03	222.80±10.76	213.88±13.55	12.90±1.54	117.12±7.89	105.25±9.60
95°C water bath	0.37±0.05	0.38±0.02	0.02±0.01	0.08±0.01	0.28±0.02	247.78±22.22	236.31±23.34	14.00±2.61	138.16±30.35	108.82±15.36

¹⁾ 1g cooked meat (raw meat) /10ml distilled water

²⁾ Skimed top after centrifugation

³⁾ Meat juice from cooked meat per package.

Table 8 Protein contents in chicken breast meat at three temperature of water bath

	Retention (mg/g) ¹⁾	
	Added water	Added ethanol
Raw meat	80.07 ± 3.80	11.53 ± 0.62
75°C water bath	23.21 ± 0.46	9.27 ± 0.97
85°C water bath	23.32 ± 0.35	9.12 ± 0.85
95°C water bath	23.64 ± 0.73	9.19 ± 0.72

¹⁾ Contents in cooked meat corresponding to 100g of raw meat.

Table 9 Protein contents in chicken breast meat at three temperature of water bath
n=3

	Retention (mg/g) ¹⁾			
	Added water		Added ethanol	
	Inside	Outside	Inside	Outside
75°C water bath	27.08±0.21	26.68±0.48	13.86±0.63	13.65±0.49
85°C water bath	27.69±0.60	27.66±0.43	14.17±0.19	13.97±0.26
95°C water bath	29.54±0.89	25.93±0.53	15.85±0.79	13.53±0.48

¹⁾ Contents in cooked meat corresponding to 100g of raw meat.

Table 10 Effect of warmed-over flavor on sensory score of chicken breast meat by vacuum cooking

n=5 panelists

heating apparatus temperature	75°C		85°C		95°C	
	Without noseclip	With noseclip	Without noseclip	With noseclip	Without noseclip	With noseclip
Color	4.2±1.1	4.0±0.5	4.1±1.1	4.0±0.5	4.7±0.9	4.3±0.5**
Tenderness/ Toughness	5.1±0.9	5.0±0.8	4.4±1.2	4.8±0.5	3.8±1.0	4.8±1.3
Texture preference	4.4±1.1	4.5±1.0	3.8±1.0	4.5±1.0**	2.9±1.0	3.5±1.0
Juiciness	4.0±1.0	4.5±1.0**	3.9±1.4	5.0±0.0**	3.4±1.2	3.5±1.0
Intensity of umami taste	4.0±0.71	3.8±0.5	3.9±0.9	4.0±0.0	3.6±1.0	4.8±0.5**
Taste preference	3.7±1.0	4.3±0.5**	3.5±0.9	4.3±0.5**	3.2±0.9	4.3±1.0**
Overall preference	3.7±1.1	4.3±1.3**	3.9±0.7	4.8±0.5**	2.9±0.7	3.3±0.5

Scales used in the sensory evaluation; 1=red, 7=brown in color; 1=weak, 7=strong in intensity of umami taste;

1=not prefer, 7=prefer in texture preference, taste preference and overall preference;

1=tough, 7=tender in tenderness/toughness; 1=dry, 7=juicy in juiciness

** Different letters in the same row (VS. without nose clip) indicate significant difference by Kruskal-Wallis test (p < 0.01).

Table 11 Effect of pepper flavor on sensory score of chicken breast meat by vacuum cooking

n=5 panelists

heating apparatus temperature measurement	75°C		85°C		95°C	
	Without pepper	With pepper	Without nosecrip	With nosecrip	Without nosecrip	With nosecrip
Color	4.2±1.1	4.0±0.8	4.1±1.1	4.0±0.8	4.7±0.9	4.3±0.5
Flavor	3.9±1.0	3.8±0.5	3.7±0.9	3.8±0.5	3.8±1.0	3.8±0.5
Flavor preference	3.7±0.9	4.8±1.5**	3.5±0.7	4.5±0.6**	3.2±0.8	4.0±0.8
Tenderness/ Toughness	5.1±0.9	4.8±1.0	4.4±1.2	5.0±0.8	3.3±1.4	3.8±1.0
Texture preference	4.4±1.1	4.8±1.5	3.8±1.0	4.8±0.5**	2.9±1.0	3.8±1.0**
Juiciness	4.0±1.0	3.8±1.0	3.9±1.4	5.3±1.0**	3.4±1.2	4.0±1.2
Intensity of umami taste	4.0±0.7	4.5±1.3	3.9±0.9	4.8±1.0**	3.6±1.0	3.8±1.0
Taste preference	3.7±1.0	4.3±1.5	3.5±0.9	4.5±1.0**	3.2±0.9	3.3±0.5
Overall preference	3.7±1.1	4.8±1.0**	3.9±0.7	5.0±0.8**	2.9±0.7	3.5±0.6

Scales used in the sensory evaluation; 1=red, 7=brown in color; 1=weak 7=strong in flavor and intensity of umami taste; 1=not prefer, 7=prefer in flavor preference, texture preference, taste preference and overall preference; 1=tough, 7=tender in tenderness/toughness; 1=dry, 7=juicy in juiciness

** Different letters in the same row indicate significant difference by Kruskal-Wallis test (p < 0.01).

Table 12 Effect of portion size and water bath temperature on the heating time and physical properties of chicken breast meat

n=15

measurement	75°C water bath				85°C water bath			
	10g	20g	50g	150g	10g	20g	50g	150g
Time required to reach 75°C (min) ¹⁾	10.6±0.4 ^a	13.8±0.7 ^b	24.5±0.7 ^c	42.0±0.7 ^d	3.6±0.3 ^e	6.7±0.3 ^f	17.0±0.4 ^g	22.4±0.3 ^h
Heating time (min)	11.6±0.4 ^a	14.8±0.7 ^b	25.5±0.8 ^c	43.2±0.8 ^d	4.6±0.4 ^e	7.7±0.3 ^f	18.0±0.4 ^g	23.4±0.4 ^h
Cooking time (min/°C/100g)	0.11±0.01 ^a	0.15±0.018 ^b	0.26±0.01 ^c	0.45±0.03 ^d	0.04±0.00 ^e	0.07±0.00 ^f	0.18±0.01 ^g	0.24±0.01 ^h
Yield (%)	82.0±2.3 ^{ab}	81.7±1.5 ^a	82.4±2.6 ^{ab}	84.5±1.2 ^{ab}	83.0±3.0 ^{ab}	82.9±1.7 ^{ab}	82.9±1.1 ^{ab}	84.1±1.8 ^b
Juiciness (%)	31.6±1.6 ^a	33.9±1.2 ^b	33.5±3.1 ^b	35.1±1.6 ^c	38.3±2.1 ^d	38.6±1.7 ^d	37.6±2.4 ^d	37.4±2.7 ^d
Internal color L*	83.2±1.0 ^a	84.3±1.1 ^a	82.1±1.1 ^a	81.1±0.6 ^a	83.4±1.3 ^a	83.3±1.6 ^a	83.8±1.1 ^a	82.9±1.1 ^a
a*	1.2±0.2 ^a	1.1±0.2 ^a	1.1±0.3 ^a	1.2±0.2 ^a	1.1±0.2 ^a	0.9±0.1 ^a	1.0±0.2 ^a	1.0±0.1 ^a
b*	11.7±0.3 ^a	11.8±1.0 ^a	11.2±0.8 ^a	12.1±0.6 ^a	12.6±0.7 ^a	12.5±0.9 ^a	12.0±1.0 ^a	12.5±0.8 ^a
Rupture stress (× 10 ³ N/m ²)	—————	1.40±0.65 ^a	1.72±0.87 ^b	1.66±0.55 ^b	—————	1.43±0.45 ^c	1.27±0.36 ^d	1.43±0.47 ^c
Deformation (%)	—————	61.1±14.3 ^a	61.9±13.3 ^a	62.3±11.2 ^a	—————	58.0±11.0 ^b	51.8±9.6 ^c	55.3±9.4 ^d

¹⁾ Time means the internal temperature of the meat reached to 75°C.

^{a,b,c,d,e,f,g,h} Different letters in the same row indicate significant difference by Tukey's HSD test ($p < 0.01$).

Table 13 Effect of thickness and water bath temperature on the heating time and physical properties of chicken breast meat n=15

thickness \ measurement	75°C water bath		85°C water bath	
	10mm	20mm	10mm	20mm
Time required to reach 75°C (min) ¹⁾	17.3 ± 0.7 ^c	42.0 ± 0.6 ^a	8.8 ± 0.4 ^d	22.0 ± 0.4 ^b
Heating time (min)	18.3 ± 0.7 ^c	43.0 ± 0.6 ^a	9.8 ± 0.3 ^d	23.0 ± 0.4 ^b
Cooking time (min/°C/100g)	0.18 ± 0.01 ^c	0.44 ± 0.02 ^a	0.09 ± 0.00 ^d	0.23 ± 0.01 ^b
Yield(%)	83.5 ± 3.7 ^{ab}	82.4 ± 1.9 ^a	83.9 ± 1.9 ^{ab}	84.8 ± 1.9 ^b
Juiciness(%)	35.5 ± 1.9 ^b	35.7 ± 1.9 ^b	35.7 ± 0.5 ^b	37.3 ± 0.5 ^a
Internal color ²⁾	L*	84.3 ± 1.6	83.0 ± 1.1	82.9 ± 0.8
	a*	1.1 ± 0.2	1.2 ± 0.2	1.0 ± 0.2
	b*	11.9 ± 1.1	11.5 ± 0.8	11.9 ± 0.6
Rupture stress (× 10 ⁷ N/m ²)	1.34 ± 0.44 ^a	1.37 ± 0.42 ^a	1.13 ± 0.48 ^c	1.25 ± 0.33 ^b
Deformation (%)	66.9 ± 10.6 ^a	66.0 ± 6.0 ^a	54.8 ± 10.2 ^b	50.7 ± 8.4 ^b

¹⁾ Time means the internal temperature of the meat reached to 75°C.

²⁾ Internal color (L,a,b value) were not significant difference

^{a,b,c,d} Different letters in the same row indicate significant difference by Tukey's HSD test ($p < 0.01$).

Table 14 Effect of internal temperature of starting point and water bath temperature on the heating time and physical properties of chicken breast meat

		n=15					
water bath temperature		75°C water bath			85°C water bath		
measurement	water bath temperature	-45°C	5°C	15°C	-45°C	5°C	15°C
Time required to reach 75°C (min)	¹⁾	50.2±0.8 ^a	43.4±1.3 ^b	42.0±0.5 ^c	27.7±0.3 ^d	23.5±0.3 ^e	22.4±0.4 ^f
Heating time (min)		51.2±1.8 ^a	44.4±1.3 ^b	43.0±0.5 ^c	28.7±0.3 ^{cd}	24.5±0.3 ^e	23.4±0.4 ^f
Cooking time (min/°C/100g)		0.50±0.03 ^a	0.46±0.03 ^b	0.43±0.02 ^c	0.28±0.01 ^{cd}	0.24±0.0 ^e	0.24±0.01 ^f
Yield (%)		83.9±0.8 ^a	83.7±2.0 ^a	84.3±2.0 ^a	83.2±2.6 ^a	84.9±2.2 ^a	84.6±3.7 ^a
Juiciness (%)		34.2±1.5 ^{ab}	34.6±1.9 ^{ab}	35.2±1.1 ^a	33.6±2.2 ^b	35.1±1.4 ^a	38.3±1.0 ^c
Internal color	²⁾						
	L*	82.0±1.1	81.2±0.5	81.4±0.9	83.5±0.9	83.5±0.7	82.3±0.8
	a*	1.1±0.3	1.0±0.2	1.0±0.2	1.2±0.3	1.1±0.2	1.0±0.2
	b*	11.1±0.9	10.9±0.5	11.0±0.5	12.1±0.8	11.5±0.4	11.6±0.5
Rupture stress (×10 ⁷ N/m ²)		1.41±0.73 ^a	1.39±0.49 ^a	1.68±0.73 ^a	2.00±0.53 ^b	1.96±0.69 ^b	1.86±0.63 ^b
Deformation (%)		56.7±12.2 ^a	55.3±9.4 ^a	58.9±12.2 ^a	64.0±6.7 ^b	62.5±9.2 ^b	60.0±10.7 ^b

¹⁾ Time means the internal temperature of the meat reached to 75°C.

²⁾ Internal color (L,a,b value) were not significant difference

a,b,c,d,e,f Different letters in the same row indicate significant difference by Tukey's HSD test ($p < 0.01$).

Table 15 Effect of poultry fat addition and water bath temperature on the heating time and physical properties of chicken breast meat

n=15

measurement	75°C water bath				85°C water bath			
	0%	10%	20%	30%	0%	10%	20%	30%
Time required to reach 75°C (min) ¹⁾	15.0±0.2 ^a	17.9±0.5 ^b	18.9±0.3 ^c	22.4±0.3 ^d	6.0±0.2 ^a	7.8±0.2 ^f	8.9±0.2 ^g	12.2±0.2 ^h
Heating time (min)	16.0±0.2 ^a	18.9±0.5 ^b	19.9±0.3 ^c	23.4±0.3 ^d	7.0±0.3 ^a	8.8±0.2 ^f	9.9±0.2 ^g	13.2±0.2 ^h
Cooking time (min/°C/100g)	0.24±0.01 ^a	0.29±0.02 ^b	0.31±0.03 ^c	0.36±0.05 ^d	0.09±0.00 ^a	0.13±0.00 ^f	0.20±0.00 ^g	0.20±0.00 ^h
Yield (%)	84.7±1.3 ^a	82.6±1.9 ^b	78.1±3.3 ^c	70.2±4.4 ^d	91.5±1.8 ^a	87.6±1.26 ^{ef}	82.4±1.1 ^b	73.7±4.1 ^g

¹⁾ Time means the internal temperature of the meat reached to 75°C.

^{a,b,c,d,e,f,g,h} Different letters in the same row indicate significant difference by Tukey's HSD test ($p < 0.01$).

Table 16 Effect of seasoning and water bath temperature on the heating time and physical properties of chicken breast meat

n=15

sample treatment measurement	75°C water bath			85°C water bath		
	Non-seasoning	1% salt	1% salt and 3% suger	Non-seasoning	1% salt	1% salt and 3% suger
Time required to reach 75°C (min) ¹⁾	42. 0±0. 5 ^a	38. 5±0. 5 ^b	47. 9±0. 5 ^c	22. 3±0. 4 ^d	20. 2±0. 3 ^e	22. 2±0. 3 ^c
Heating time (min)	43. 0±0. 5 ^a	39. 5±0. 5 ^b	48. 9±0. 5 ^b	23. 3±0. 4 ^c	21. 2±0. 3 ^d	23. 2±0. 3 ^c
Cooking time (min/°C/100g)	0. 43±0. 02 ^a	0. 39±0. 01 ^b	0. 49±0. 02 ^b	0. 23±0. 00 ^c	0. 21±0. 01 ^d	0. 22±0. 01 ^c
Yield(%)	85. 3±1. 5 ^a	90. 4±2. 0 ^b	89. 7±1. 0 ^b	86. 3±0. 8 ^a	90. 1±1. 3 ^b	90. 4±1. 4 ^b
Juiciness(%)	34. 3±0. 7 ^a	37. 2±1. 2 ^b	37. 5±1. 4 ^b	37. 0±0. 4 ^b	37. 7±0. 8 ^b	38. 2±1. 4 ^b
Internal color ²⁾ L*	83. 1±1. 1	83. 9±1. 2	83. 7±0. 8	82. 9±0. 8	83. 1±1. 4	83. 7±0. 8
a*	1. 1±0. 2	1. 1±0. 2	1. 1±0. 2	1. 1±0. 2	1. 1±0. 2	1. 1±0. 2
b*	11. 3±0. 4	11. 1±0. 5	11. 1±0. 3	12. 0±0. 6	11. 0±0. 4	11. 1±0. 3
Rupture stress(× 10 ⁷ N/m ²)	1. 53±0. 53 ^a	1. 04±0. 37 ^b	1. 01±0. 25 ^b	1. 56±0. 33 ^a	1. 10±0. 30 ^b	1. 05±0. 57 ^b
Deformation (%)	58. 7±9. 2 ^a	45. 8±8. 8 ^b	46. 5±8. 0 ^b	62. 8±5. 0 ^c	50. 4±9. 3 ^d	48. 1±9. 4 ^d

¹⁾ Time means the internal temperature of the meat reached to 75°C.

²⁾ Internal color (L,a,b value) were not significant difference

^{a,b,c,d} Different letters in the same row indicate significant difference by Tukey's HSD test ($p < 0.01$).

Table 17 Effect of skin and water bath temperature on the heating time and physical properties of chicken breast meat

n=15

sample treatment	75°C water bath		85°C water bath	
	Without skin	With skin	Without skin	With skin
Time required to reach 75°C (min) ¹⁾	42. 0±0. 3 ^a	46. 7±0. 4 ^b	22. 6±0. 5 ^c	24. 0±0. 4 ^d
Heating time (min)	43. 0±0. 3 ^a	47. 7±0. 4 ^b	23. 6±0. 6 ^c	25. 0±0. 4 ^d
Cooking time (min/°C/100g)	0. 43±0. 01 ^a	0. 47±0. 01 ^b	0. 24±0. 00 ^c	0. 25±0. 01 ^d
Yield(%)	84. 1±1. 6 ^{ab}	83. 4±2. 6 ^{ab}	85. 5±0. 9 ^a	83. 0±0. 6 ^b
Juiciness(%)	36. 7±1. 8 ^a	34. 6±3. 1 ^{ab}	37. 2±0. 3 ^b	32. 5±2. 1 ^c
Internal color ²⁾ L*	83. 1±1. 1	83. 6±1. 5	82. 9±0. 9	82. 5±1. 4
a*	1. 1±0. 2	1. 0±0. 2	1. 0±0. 2	1. 0±0. 2
b*	11. 9±0. 8	12. 8±0. 6	12. 0±0. 4	12. 3±0. 7
Rupture stress(× 10 ⁷ N/m ²)	1. 34±0. 22 ^a	1. 51±0. 35 ^b	1. 25±0. 33 ^c	2. 68±1. 38 ^d
Deformation(%)	52. 1±5. 6 ^a	61. 5±5. 5 ^a	50. 7±8. 4 ^a	67. 1±11. 8 ^c

¹⁾ Time means the internal temperature of the meat reached to 75°C.

²⁾ Internal color (L,a,b value) were not significant difference

^{a,b,c,d} Different letters in the same row indicate significant difference by Tukey's HSD test ($p < 0.01$).

Table 18 Effect of grilled surface and water bath temperature on the heating time and physical properties of chicken breast meat n=15

sample treatment measurement	75°C water bath		85°C water bath	
	Normal(non-ratment)	Grilled surface	Normal(non-ratment)	Grilled surface
Time required to reach 75°C (min) ¹⁾	43.5 ± 0.1 ^a	49.5 ± 0.3 ^b	21.6 ± 1.5 ^c	24.6 ± 0.7 ^d
Heating time (min)	44.5 ± 0.1 ^a	50.5 ± 0.3 ^b	22.6 ± 1.5 ^c	25.6 ± 0.7 ^d
Cooking time (min/°C/100g)	0.43 ± 0.01 ^a	0.49 ± 0.01 ^b	0.23 ± 0.00 ^c	0.25 ± 0.02 ^d
Yield(%)	84.1 ± 0.6 ^{ab}	82.9 ± 0.5 ^a	85.0 ± 1.0 ^b	86.4 ± 1.1 ^b
Juiciness(%)	35.5 ± 0.5 ^{ab}	34.2 ± 1.4 ^{ac}	37.4 ± 0.9 ^b	33.1 ± 2.1 ^c
Internal color ²⁾ L*	83.1 ± 1.1	83.2 ± 1.2	82.7 ± 0.7	83.0 ± 0.7
a*	1.1 ± 0.2	1.1 ± 0.2	1.0 ± 0.2	1.0 ± 0.2
b*	11.3 ± 0.4	13.0 ± 0.6	12.1 ± 0.4	12.4 ± 0.3
Rupture stress (× 10 ⁷ N/m ²)	1.55 ± 0.38 ^a	2.06 ± 0.75 ^b	1.41 ± 0.33 ^c	2.21 ± 1.16 ^d
Deformation (%)	60.0 ± 5.7 ^a	63.5 ± 10.5 ^b	56.5 ± 5.1 ^c	66.8 ± 10.6 ^d

¹⁾ Time means the internal temperature of the meat reached to 75°C.

²⁾ Internal color (L,a,b value) were not significant difference

^{a,b,c,d} Different letters in the same row indicate significant difference by Tukey's HSD test ($p < 0.01$).

Table 19 f Quantitative effect to put into the water bath at a time of heating on the heating time and physical properties of chicken breast meat

n=15

sample treatment measurement	75°C water bath			85°C water bath		
	2. 3% (5 bags) ²⁾	5. 2% (10 bags) ²⁾	12. 0% (20 bags) ²⁾	2. 3% (5 bags) ²⁾	5. 2% (10 bags) ²⁾	12. 0% (20 bags) ²⁾
Time required to reach 75°C (min) ¹⁾	42. 0±0. 5 ^a	52. 4±0. 9 ^b	79. 8±1. 5 ^c	22. 1±0. 3 ^d	24. 3±0. 8 ^d	25. 4±0. 3 ^d
Heating time (min)	43. 0±0. 5 ^a	53. 4±0. 9 ^b	80. 8±1. 5 ^c	23. 1±0. 3 ^d	25. 3±0. 8 ^d	26. 4±0. 3 ^d
Cooking time (min/°C/100g)	0. 44±0. 02 ^a	0. 57±0. 03 ^b	0. 85±0. 04 ^c	0. 23±0. 01 ^d	0. 26±0. 02 ^d	0. 26±0. 02 ^d
Yield(%)	82. 2±1. 4 ^a	81. 3±1. 6 ^a	78. 7±2. 0 ^b	84. 2±1. 3 ^c	83. 3±3. 7 ^c	82. 7±2. 1 ^c
Juiciness(%)	35. 2±1. 3 ^a	33. 5±2. 5 ^a	31. 1±1. 8 ^b	37. 0±0. 5 ^c	32. 8±2. 8 ^a	32. 4±1. 7 ^a
Internal color ³⁾ L*	83. 1±1. 1	83. 1±1. 5	84. 2±0. 9	83. 0±0. 5	83. 3±1. 5	84. 2±1. 0
a*	1. 1±0. 1	1. 1±0. 2	1. 0±0. 2	1. 1±0. 2	1. 0±0. 3	1. 0±0. 2
b*	11. 6±0. 7	11. 8±0. 9	11. 4±0. 9	11. 9±0. 6	12. 1±0. 9	11. 9±0. 7
Rupture stress (× 10 ⁷ N/m ²)	1. 41±0. 39 ^a	1. 55±0. 38 ^a	2. 06±0. 75 ^b	1. 25±0. 33 ^c	1. 51±0. 47 ^a	2. 21±0. 56 ^b
Deformation(%)	65. 2±5. 2 ^a	60. 0±5. 7 ^a	63. 5±10. 5 ^a	56. 7±8. 4 ^b	56. 5±5. 1 ^c	66. 8±10. 6 ^a

¹⁾ Time means the internal temperature of the meat reached to 75°C.

²⁾ Total sample weight(g)/water weight in water bath × 100

³⁾ Internal color (L,a,b value) were not significant difference

^{a,b,c,d} Different letters in the same row indicate significant difference by Tukey's HSD test ($p < 0.01$).

Table 20 Effect of the number of sample in the bag and water bath temperature on the heating time and physical properties of chicken breast meat

n=15

sample treatment measurement	75°C water bath			85°C water bath		
	1piece/bag	2pieces/bag	3pieces/bag	1piece/bag	2pieces/bag	3pieces/bag
Time required to reach 75°C (min) ¹⁾	41.7±0.9 ^a	44.1±0.8 ^a	48.4±0.9 ^b	22.0±0.6 ^c	22.7±0.5 ^c	23.6±0.6 ^d
Heating time (min)	42.7±0.9 ^a	45.1±0.8 ^a	49.4±0.9 ^b	23.0±0.5 ^c	23.7±0.5 ^c	24.6±0.6 ^d
Cooking time (min/°C/100g)	0.43±0.03 ^a	0.45±0.01 ^a	0.51±0.02 ^b	0.22±0.01 ^c	0.22±0.01 ^c	0.24±0.01 ^d
Yield(%)	83.7±1.6 ^a	83.5±1.4 ^a	82.6±1.2 ^b	82.1±3.0 ^b	84.7±1.5 ^a	83.9±3.7 ^a
Juiciness(%)	35.9±1.6 ^a	34.7±2.6 ^a	33.3±0.9 ^b	36.9±0.5 ^c	37.4±0.2 ^c	34.2±3.7 ^a
Internal color ²⁾ L*	83.0±1.1	82.8±1.8	82.7±1.9	82.1±0.8	83.0±0.7	82.6±1.4
a*	1.2±0.2	1.0±0.2	1.0±0.1	1.0±0.2	1.0±0.2	1.1±0.3
b*	10.8±0.8	11.3±0.6	11.8±0.5	12.0±0.7	12.6±0.3	12.4±0.5
Rupture stress(×10 ⁷ N/m ²)	1.41±0.73 ^a	1.50±0.50 ^b	1.51±0.35 ^b	1.53±0.41 ^b	1.57±0.40 ^b	1.69±0.46 ^c
Deformation(%)	53.8±6.5 ^a	54.3±7.9 ^a	55.3±6.0 ^b	56.2±5.7 ^b	58.3±8.2 ^c	61.4±8.4 ^d

¹⁾ Time means the internal temperature of the meat reached to 75°C.

²⁾ Internal color (L,a,b value) were not significant difference

^{a,b,c,d} Different letters in the same row indicate significant difference by Tukey's HSD test ($p < 0.01$).

Table 21 Correlation of some preparation factors on the heating ,cooling or reheating time of vacuum cooking by the multiple analysis

	X ₁ Portion size (g)	X ₂ Thickness (mm)	X ₃ Sample weight / water bath (%)	X ₄ Poultry fat addition (%)	X ₅ Presence of skin with:1 no added:0	X ₆ Salt addition added:1 no added:0	X ₇ Sugar addition (%) added:1 no added:0	X ₈ Internal temperature of starting point at heating (°C)	X ₉ Size / g (cm ²)	X ₁₀ Internal temperature of starting point at cooling (°C)	X ₁₁ Internal temperature of starting point at reheating (°C)	Constant term	coefficient of determination (R)
Heating time(75°C)	0.0758	0.9577	3.6305	-0.1049	5.9097	-2.8757	9.3847	-0.1722	-13.3897	—	—	8.3266	0.9433
Heating time(856°C)	0.0470	0.7094	0.4180	0.0597	1.9346	-1.0349	0.1539	-0.0570	-4.8457	—	—	-0.6930	0.9595
Cooling time	0.0724	0.8752	—	0.5789	13.4980	0.2104	2.7136	—	—	11.0691	—	-835.2979	0.9725
Reheating time	0.0751	0.7186	—	0.1951	2.2710	-1.2228	-0.1982	—	—	—	-0.0161	-6.6125	0.9734

Table 22 Comparison of calculated and observed heating time on each treatment factor

n=15

water bath temperature		75°C				85°C			
		Measurement heating time (min)	Estimated ¹⁾ heating time (min)	Error ³⁾ (%)	Absolute value ³⁾ (%)	Measurement heating time (min)	Estimated ¹⁾ heating time (min)	Error ²⁾ (%)	Absolute value ³⁾ (%)
Portion size	10g	11.6±0.4	11.6±0.2	0.03±2.4	1.8±1.3	4.6±0.4	4.6±0.5	-1.1±3.9	2.6±3.1
	20g	14.8±0.7	14.8±0.7	-0.5±0.8	0.8±0.4	7.7±0.3	7.7±0.4	0.3±1.6	1.0±1.1
	50g	25.5±0.8	25.3±0.6	-0.8±0.8	0.8±0.7	18.0±0.4	17.8±0.5	-0.7±0.1	0.8±0.8
	150g	43.2±0.8	43.0±0.2	-0.5±1.0	0.9±0.6	23.4±0.4	23.1±0.4	-1.2±1.8	1.8±1.1
Thickness	10mm	18.3±0.7	18.7±0.7	2.2±1.2	2.2±1.2	9.9±0.3	10.0±0.3	0.6±0.9	0.9±0.7
	20mm	43.0±0.6	42.8±0.6	-0.5±0.8	0.6±0.7	23.0±0.4	23.1±0.6	0.3±1.9	1.6±0.9
Internal temperature of starting point	-45°C	51.2±1.8	50.5±2.0	-1.2±2.3	1.7±1.9	28.7±0.3	28.2±0.5	-1.7±1.3	1.81±1.1
	5°C	44.4±0.9	44.0±1.3	-0.9±2.2	1.6±1.7	24.5±0.3	24.4±0.2	-0.4±1.4	1.1±0.8
	15°C	43.0±0.5	42.7±0.7	-0.7±1.9	1.3±1.6	23.4±0.4	23.3±0.3	-0.8±2.1	1.9±1.0
Number of sample in the bag	1piece/bag	42.7±0.9	42.6±0.7	-0.3±0.9	0.8±0.5	23.0±0.5	23.1±0.4	0.9±1.2	1.0±1.0
	2piece/bag	45.1±0.8	47.2±0.9	-0.4±5.2	4.6±2.5	23.7±0.5	23.9±0.8	1.4±1.5	1.9±0.8
	3piece/bag	49.4±0.9	52.3±1.4	5.9±2.8	5.9±2.8	24.6±0.6	24.8±0.5	1.0±1.5	1.5±0.8
Percentage of sample weight of the water bath	2.6%(5bags)	43.0±0.5	42.9±0.2	-0.4±1.0	0.8±0.5	23.1±0.3	23.1±0.6	0.4±1.2	1.2±0.5
	5.2%(10 bags)	53.4±0.9	53.1±1.2	-0.5±1.6	1.4±0.8	25.3±0.8	24.7±0.6	-2.7±3.9	3.8±2.9
	12.0%(20 bags)	80.8±1.5	77.9±1.9	-3.5±2.9	3.9±2.3	26.4±0.3	26.3±0.3	-0.3±0.5	0.4±0.4
Presence of skin	without skin	43.0±0.3	43.0±0.5	-0.1±0.5	0.3±0.3	23.6±0.4	23.3±0.4	-1.3±0.7	1.3±0.7
	with skin	47.7±0.4	47.9±0.6	0.6±0.7	0.7±0.7	25.0±0.4	25.1±0.4	0.3±0.7	0.6±0.6
Seasoning	Non seasoning	43.0±0.5	42.8±0.4	-0.6±0.4	0.6±0.4	23.3±0.4	23.1±0.5	-1.2±1.9	1.4±1.7
	1% salt	39.5±0.5	39.4±0.6	-0.3±1.0	0.9±0.5	21.2±0.3	21.3±0.6	0.3±2.3	1.8±1.4
	1% salt and 3% suger	48.9±0.5	48.8±0.8	-0.3±0.8	0.7±0.5	23.2±0.3	23.0±0.3	-0.7±0.5	0.7±0.5
Poultry fat addition	0%	16.0±0.2	17.9±0.3	9.5±2.8	9.5±2.8	7.0±0.3	7.6±0.1	8.7±5.7	8.7±5.7
	10%	18.9±0.5	19.3±0.7	2.6±2.4	2.8±2.1	8.8±0.2	9.0±0.2	3.2±2.1	3.3±1.9
	20%	19.9±0.3	20.5±0.3	2.8±1.1	2.8±1.1	9.9±0.2	10.1±0.3	1.9±1.4	1.9±1.2
	30%	23.4±0.3	22.7±0.3	2.9±1.2	2.9±1.2	13.2±0.2	13.2±0.3	0.0±1.7	1.4±0.9

¹⁾ Estimated from multiple expression shown Table21

²⁾ (calculation time-measurement time)/measurement time × 100

³⁾ |(calculation time-measurement time)|/measurement time × 100

Table 23 Comparison of calculated and observed cooling time on each treatment factor

n=15

Water bath temperature		75°C				85°C			
		Measurement chilling time (min)	Estimateed ¹⁾ chilling time (min)	Error ²⁾ (%)	Absolute value ³⁾ (%)	Measurement chilling time (min)	Estimateed ¹⁾ chilling time (min)	Error ²⁾ (%)	Absolute value ³⁾ (%)
Portion size	10g	5.8±0.3	5.8±0.4	0.7±6.6	5.0±4.1	16.5±0.2	17.3±0.2	5.0±1.5	5.0±1.5
	20g	15.9±0.4	15.3±0.6	-3.6±4.6	4.9±2.9	25.6±0.8	25.1±0.7	-1.8±2.3	2.3±1.7
	50g	24.1±0.6	24.6±0.9	2.0±2.1	2.5±1.5	38.6±0.4	36.6±0.9	-5.0±2.4	5.0±2.4
	150g	32.3±0.5	31.5±0.8	-2.5±2.1	2.8±1.7	42.8±0.4	42.1±0.7	-1.5±2.1	2.0±1.5
Thickness	10mm	18.6±0.2	18.0±0.5	-3.5±2.8	4.0±2.0	27.6±0.2	29.1±0.5	5.4±1.9	5.4±1.9
	20mm	32.6±0.3	30.8±0.4	-5.4±1.3	5.4±1.3	42.6±0.3	41.6±0.4	-2.2±1.1	2.2±1.1
Internal temperature of starting point	-40°C	32.7±0.3	32.4±0.3	-0.8±1.4	1.3±0.8	42.7±0.3	42.6±0.4	-0.1±0.7	0.6±0.4
	5°C	32.9±0.3	32.3±0.3	-1.8±0.9	1.8±0.9	42.7±0.3	42.7±0.4	0.0±1.1	0.8±0.6
	15°C	32.7±0.4	32.5±0.4	-0.7±1.5	1.5±0.5	42.7±0.4	42.7±0.3	0.0±0.9	0.7±0.4
Number of sample in the bag	1piece/bag	32.3±0.2	31.4±0.3	-3.2±0.3	2.0±0.3	42.3±0.2	41.3±0.3	-1.5±0.3	1.8±0.3
	2piece/bag	33.7±0.4	33.1±0.5	-1.6±1.7	1.7±1.6	42.8±0.3	42.9±0.4	0.3±1.2	0.9±0.7
	3piece/bag	34.7±0.4	33.9±0.4	-2.3±0.6	2.3±0.6	43.2±0.4	42.8±0.3	-0.9±0.7	1.0±0.6
Percentage of sample weight of the water bath	2.6%(5bags)	32.3±0.2	31.0±0.4	-3.4±0.8	2.4±0.3	42.2±0.3	41.4±0.3	-1.4±0.4	1.8±0.2
	5.2%(10 bags)	32.7±0.5	31.4±1.1	-4.0±2.9	4.1±2.7	42.6±0.6	43.0±0.6	0.9±2.2	1.8±1.5
	12.0%(20 bags)	33.1±1.1	30.2±1.0	-8.7±3.6	8.7±3.6	42.9±0.3	42.0±0.7	-2.2±1.5	2.3±1.3
Presence of skin	without skin	33.2±0.1	32.2±0.8	-2.9±2.5	2.9±2.5	43.2±0.1	43.2±1.1	0.1±2.7	2.3±0.1
	with skin	47.9±1.3	46.0±1.0	-3.9±2.3	4.1±1.9	57.9±1.3	56.9±1.3	-1.7±3.6	3.3±2.1
Seasoning	Non seasoning	32.4±0.2	31.3±0.4	-3.7±0.6	2.1±0.4	42.1±0.3	41.2±0.3	-1.2±0.3	1.6±0.2
	1% salt	33.2±0.6	30.4±0.8	-8.5±3.0	8.5±3.0	43.2±0.6	42.2±0.8	-2.3±1.8	2.3±1.8
	1% salt and 3% suger	36.7±1.2	33.6±1.0	-8.3±3.2	8.3±3.2	46.7±1.2	45.6±0.9	-2.1±2.7	2.9±1.7
Poultry fat addition	0%	18.1±0.4	16.3±0.2	-9.0±2.6	9.0±2.6	31.8±0.5	28.7±0.9	-9.6±3.4	9.6±3.4
	10%	23.3±0.8	20.9±0.4	-9.1±3.1	9.1±3.1	35.3±0.5	33.9±0.9	-3.9±3.4	4.2±3.0
	20%	28.7±0.3	27.0±0.4	-5.8±1.1	5.8±1.1	37.7±0.3	38.4±0.4	2.0±1.5	2.2±1.3
	30%	32.5±0.5	32.1±0.2	-1.1±1.1	1.2±1.0	42.4±0.6	42.4±0.1	0.0±1.2	0.9±0.8

¹⁾ (calculation time-measurement time)/measurement time × 100

²⁾ (calculation time-measurement time)/measurement time × 100

³⁾ |(calculation time-measurement time)|/measurement time × 100

Table 24 Comparison of calculated and observed reheating time before supplying the sample
n=15

treatment factor		Reheating time			
		Measurement reheating time (min)	Estimated ¹⁾ reheating time (min)	Error ²⁾ (%)	Absolute value ³⁾ (%)
Portion size	10g	4.0±0.3	3.2±0.5	-21.0±9.0	21.0±9.0
	20g	7.3±0.3	7.4±0.4	1.2±1.8	1.4±0.7
	50g	16.8±0.4	16.9±0.5	0.8±0.3	1.4±0.5
	150g	24.1±0.8	24.4±0.7	1.3±0.2	2.7±0.2
Thickness	10mm	12.4±0.3	13.0±0.27	4.6±1.4	4.6±1.4
	20mm	24.2±0.4	23.8±0.4	-1.8±1.5	2.0±1.2
Internal temperature of starting point	-45°C	24.1±0.8	23.9±0.4	-1.5±1.5	2.0±1.0
	5°C	24.2±0.3	24.3±0.7	1.4±1.2	1.7±1.1
	15°C	24.1±0.4	24.2±0.7	1.0±0.8	1.2±1.0
Number of sample in the bag	1piece/bag	24.1±0.8	24.0±0.4	0.8±1.1	1.5±0.7
	2piece/bag	24.6±0.5	24.4±0.7	-1.0±1.2	2.4±1.1
	3piece/bag	24.8±0.7	25.1±1.4	1.4±1.8	1.6±1.8
Percentage of sample weight of the water bath	2.6%(5bags)	24.0±0.3	23.8±0.4	1.1±1.5	1.0±1.2
	5.2%(10 bags)	24.0±0.5	24.3±0.5	1.3±1.5	1.6±1.2
	12.0% (20 bags)	26.2±0.7	24.7±0.8	-5.7±3.3	5.8±3.2
Presence of skin	without skin	24.1±0.3	24.7±0.5	1.6±0.5	1.7±0.3
	with skin	28.2±1.0	27.7±0.9	-1.5±1.6	1.7±1.3
Seasoning	Non seasoning added	24.1±0.4	24.2±0.7	1.0±0.4	1.1±1.1
	1% salt	23.1±0.5	23.1±0.5	-0.1±1.4	1.2±0.6
	1% salt and 3% suger	23.4±0.8	23.3±0.8	-0.1±1.4	1.0±0.9
Poultry fat addition	0%	7.2±0.4	8.6±0.1	19.8±5.6	19.8±5.6
	10%	12.2±0.3	11.6±0.2	-5.0±1.64	5.0±1.6
	20%	13.4±0.5	13.3±0.1	-0.8±2.8	3.4±1.1
	30%	14.8±0.5	15.1±0.1	2.3±3.4	3.0±2.6

¹⁾ Estimated from multiple expression shown Table21

²⁾ (calculation time-measurement time)/measurement time × 100

³⁾ [(calculation time-measurement time)/measurement time × 100]

Table 25 Cooking condition for sample preparation by vacuum cooking and boiling cooking of soybeans

sample No.	cooking methods	soaking	added water (%)	seasoning	cooking time (min)
1		soaking ¹⁾	400 ²⁾	not seasoning	60
2					120
3					180
4					240
5			70 ³⁾	not seasoning	60
6					120
7					180
8	Vacuum Cooking				240
9		not soaking	400 ⁴⁾	not seasoning	60
10					120
11					180
12					240
13			180 ⁵⁾	not seasoning	60
14					120
15					180
16					240
17		soaking ¹⁾	400 ²⁾	not seasoning	60
18					120
19	boiling cooking				180
20		not soaking	400 ⁴⁾	not seasoning	60
21					120
22					180

sample No.	cooking methods	soaking	added water (%)	seasoning	cooking time (min)
23		soaking	400 ²⁾	seasoning ⁶⁾	120
24					180
25					240
26					300
27			70 ³⁾	seasoning ⁶⁾	120
28					180
29					240
30					300
31	Vacuum Cooking	not soaking	400 ⁴⁾	seasoning ⁶⁾	120
32					180
33					240
34					300
35			180 ⁵⁾	seasoning ⁶⁾	120
36					180
37					240
38					300

1) soaking with 400% distilled water of dry soybean for 15h

2) whole soaking water

3) 70% soaking water of dry soybean

4) 400% distilled water of dry soybean

5) 180% distilled water of dry soybean

6) 1.5% salt of dry soybean, 7.5% sugar of dry soybean,

Table 26 Changes of the weight variation and hardness in various cooked soybeans $n=15$

cooking methods	soaking	added water (%)	cooking time (min)	Weight Variation	Rupture stress (10^3N/m^2)
Vacuum Cooking	soaking ¹⁾	400 ²⁾	60	2.4±0.04 ^a	2.5±0.84 ^a
			120	2.4±0.03 ^a	1.5±0.25 ^b
			180	2.4±0.04 ^a	1.0±0.25 ^c
			240	2.4±0.01 ^b	1.3±0.12 ^b
		70 ³⁾	60	2.4±0.03 ^a	3.7±0.42 ^d
			120	2.4±0.03 ^a	2.0±0.51 ^e
			180	2.5±0.07 ^a	1.6±0.40 ^b
			240	2.4±0.06 ^a	1.5±0.35 ^b
	not soaking	400 ¹⁾	60	2.3±0.03 ^c	3.3±0.73 ^d
			120	2.3±0.02 ^c	2.3±0.38 ^a
			180	2.3±0.03 ^c	2.1±0.48 ^a
			240	2.3±0.02 ^c	1.6±0.43 ^b
		180 ⁴⁾	60	2.2±0.01 ^d	3.3±0.61 ^d
			120	2.2±0.02 ^d	2.5±0.60 ^a
			180	2.2±0.01 ^d	2.0±0.37 ^e
			240	2.3±0.03 ^d	1.9±0.66 ^e
boiling cooking	soaking ¹⁾	400 ²⁾	60	2.3±0.01 ^d	4.4±1.55 ^f
			120	2.3±0.01 ^d	2.5±0.89 ^a
			180	2.3±0.00 ^d	2.3±0.38 ^a
	not soaking	400 ¹⁾	60	2.3±0.03 ^d	4.3±1.10 ^f
			120	2.3±0.01 ^d	2.6±0.51 ^a
			180	2.3±0.01 ^d	2.3±0.35 ^a

1) 400% distilled water of dry soybean

2) whole soaking water

3) 70% soaking water of dry soybean

4) 180% distilled water of dry soybean

a,b,c,d,e,f Different letters in the same column indicate significant difference by Tukey's HSD test ($p < 0.01$).

Table 27 Total isoflavone content and retention ratios of isoflavone derivatives in various cooked soybean

n=3

cooking methods	soaking	added water (%)	cooking time (min)	Total isoflavone content (mg/100g soy beans)	Composition ratios of Isoflavonederivatives(%)												Composition ratios of Isoflavonederivatives(%)				
					daidzein	glycitein	genistein	daidzin	glycitin	genistin	AD*	AGL*	AGE*	MD*	MGL*	MGE*	aglycon	β -glycoside	acetyl-glycoside	malonyl-glycoside	
Vacuum Cooking	soaking ¹⁾	400 ²⁾	60	254.94	2.2	0.1	0.3	27.3	1.9	27.9	1.6	2.1	1.4	14.1	0.0	20.6	2.6	57.5	5.2	34.7	
			120	229.96	2.6	0.1	0.4	35.8	2.2	32.9	2.0	1.3	1.9	7.9	0.6	12.3	3.1	70.9	5.2	20.8	
			180	259.68	2.8	0.2	0.6	40.2	2.5	39.7	2.0	0.6	3.0	3.0	0.3	5.1	3.7	82.4	5.6	8.4	
			240	232.06	2.8	0.2	0.6	42.6	2.8	41.7	2.0	0.3	2.9	1.6	0.1	2.5	3.6	87.1	5.2	4.2	
		70 ³⁾	60	279.10	1.6	0.1	0.3	23.5	2.0	22.4	1.1	2.6	1.0	20.4	0.7	24.4	2.0	47.9	4.7	45.5	
			120	286.62	2.3	0.1	0.3	35.5	2.7	35.5	2.0	1.4	1.5	5.5	0.5	12.7	2.7	73.7	4.9	18.7	
	not soaking	400 ¹⁾	60	244.63	1.3	0.1	0.3	26.2	1.8	25.3	2.9	1.6	3.1	16.2	0.7	20.7	1.6	53.3	7.5	37.6	
			120	223.03	1.7	0.2	0.3	35.4	2.2	35.7	3.3	0.9	3.7	6.0	0.2	10.7	2.2	73.3	7.7	16.9	
			180	252.69	2.1	0.2	0.4	40.4	2.5	39.3	2.9	0.6	3.7	2.9	0.3	4.8	2.7	82.2	7.2	7.9	
			240	244.81	1.8	0.2	0.4	42.4	2.7	41.7	2.7	0.2	4.1	1.2	0.2	2.4	2.5	86.8	7.0	3.8	
		180 ⁴⁾	60	272.25	1.3	0.1	0.2	26.5	2.2	26.2	2.9	1.5	2.6	19.4	1.0	21.1	1.6	54.9	7.1	36.5	
			120	274.00	1.3	0.2	0.2	36.3	2.8	35.5	3.3	0.9	3.7	4.7	0.6	10.7	1.7	74.6	7.9	15.9	
boiling cooking	soaking ¹⁾	400 ²⁾	60	289.92	2.2	0.0	1.4	28.8	1.7	30.9	1.8	2.8	1.1	12.7	0.6	18.8	3.7	61.3	2.9	32.1	
			120	274.80	2.1	0.1	1.4	36.1	2.4	38.4	2.3	1.6	1.5	6.2	0.5	9.0	3.5	76.9	3.8	15.7	
			180	266.05	1.9	0.1	1.3	40.3	2.7	42.2	2.4	0.9	1.4	3.0	0.5	4.4	3.2	85.2	3.8	7.8	
			not soaking	400 ¹⁾	60	279.38	0.5	0.0	0.2	22.2	1.4	19.5	1.7	2.8	3.0	22.1	1.0	25.6	0.7	43.1	7.4
		120	264.78	0.6	0.1	0.2	32.4	2.3	29.7	2.4	1.6	4.0	11.2	0.8	14.7	1.0	64.4	7.9	26.7		
		180	241.42	0.7	0.1	0.3	37.6	2.6	37.0	2.5	0.9	4.5	5.3	0.0	8.4	1.1	77.2	7.9	13.8		
	Dry soybeans				355.01	1.05	0.01	0.84	10.80	1.06	15.20	3.44	0.00	0.10	26.86	2.13	38.50	1.91	27.06	3.54	67.49

1) 400% distilled water of dry soybean 2) whole soaking water 3) 70% soaking water of dry soybean 4) 180% distilled water of dry soybean

* AD. 6"-O-acetyldaizidin ; AGL 6"-O-acetylglucitin ; AGE. 6"-O-acetylgenistin ; MD. 6"-O-malonyldaizidin ; MGL.6"-O-malonylglucitin ;MGE.6"-O-malonylgenistin; tr. trace.

Table 28 Changes of the hardness and retention of isoflavone on
cooked and seasoned soybeans

n=15

Cooking methods	Soaking	Added water (%)	Cooking time (min)	Weight Variation	Hardness (10^3N/m^2)
Vacuum Cooking	soaking ¹⁾	400 ²⁾	120	2.4±0.04 ac	2.3±0.82 a
			180	2.4±0.01 ac	1.7±0.52 b
			240	2.4±0.01 ac	1.4±0.30 b
			300	2.4±0.00 ac	1.3±0.36 c
		70 ³⁾	120	2.4±0.03 ac	2.4±0.49 a
			180	2.4±0.06 ac	1.9±0.48 d
			240	2.4±0.02 a	1.4±0.39 b
			300	2.4±0.03 ac	1.2±0.36 c
	not soaking	400 ¹⁾	120	2.3±0.03 b	2.5±0.52 a
			180	2.4±0.02 c	1.9±0.43 d
			240	2.4±0.08 c	1.5±0.42 b
			300	2.4±0.08 c	1.6±0.35 b
		180 ⁴⁾	120	2.1±0.01 d	3.0±0.74 e
			180	2.3±0.13 c	2.4±0.57 a
			240	2.3±0.11 c	2.1±0.51 a
			300	2.4±0.09 c	1.9±0.56 d

1) 400% distilled water of dry soybean

2) whole soaking water

3) 70% soaking water of dry soybean

4) 180% distilled water of dry soybean

^{a,b,c,d} Different letters in the same column indicate significant difference by Tukey's HSD test ($p < 0.01$).

Table 29 Total isoflavone content and retention ratios of isoflavone derivatives in various cooked and seasoned soybean

n=3

cooking methods	soaking	added water (%)	cooking time (min)	Total isoflavone content (mg/100g soybeans)	Composition ratios of Isoflavone derivatives(%)											Composition ratios of Isoflavone derivatives(%)					
					daidzein	glycitein	genistein	daidzin	glycitin	genistin	AD*	AGL*	AGE*	MD*	MGL*	MGE*	aglycon	β -glycoside	acetyl-glycoside	malonyl-glycoside	
Vacuum Cooking	soaking ¹⁾	400 ²⁾	120	254.21	0.98	0.19	0.38	38.34	2.40	37.23	2.31	0.00	4.47	6.26	0.37	9.11	1.51	75.97	6.78	15.74	
			180	241.39	1.87	0.25	0.71	34.83	2.84	47.40	2.03	0.00	4.52	1.46	0.08	4.01	2.83	85.07	6.54	5.55	
			240	236.89	1.65	0.25	0.73	36.14	2.91	47.97	1.92	0.00	4.79	1.15	0.00	2.49	2.63	87.02	6.71	3.64	
			300	233.27	1.72	0.17	0.75	37.09	3.01	49.27	1.71	0.00	4.65	0.31	0.00	1.32	2.65	89.37	6.36	1.83	
	not soaking	400 ¹⁾	70 ³⁾	120	282.08	1.00	0.17	0.34	37.13	2.86	34.83	2.37	0.00	4.10	7.40	0.82	9.39	1.51	74.41	6.47	17.61
				180	312.23	1.40	0.24	0.81	35.81	3.13	44.50	2.28	0.00	4.78	2.36	0.40	4.50	2.26	83.44	7.04	7.28
				240	324.70	1.52	0.17	0.58	38.14	3.43	46.20	2.14	0.00	4.57	0.54	0.27	2.41	2.28	87.78	6.72	3.22
				300	317.59	1.20	0.17	0.58	38.80	3.27	47.08	1.96	0.00	4.95	0.56	0.00	1.42	1.95	89.15	6.91	1.98
	not soaking	400 ¹⁾	180%	120	263.06	2.69	0.18	0.26	35.70	2.21	33.37	2.92	0.00	2.01	8.57	0.69	11.39	3.13	71.28	4.93	20.66
				180	245.76	3.04	0.22	0.65	32.08	2.70	47.77	2.18	0.65	3.51	1.81	0.12	5.28	3.91	82.55	6.33	7.21
				240	243.69	3.75	0.23	0.68	33.71	2.90	50.26	2.19	0.18	2.77	1.16	0.08	2.09	4.66	86.87	5.15	3.32
				300	251.87	3.68	0.22	0.67	34.71	3.06	50.71	2.13	0.09	2.64	0.56	0.05	1.49	4.57	88.48	4.85	2.10
not soaking	400 ⁴⁾	180%	120	284.15	2.63	0.21	0.28	37.38	2.58	33.22	3.62	0.00	3.00	7.21	0.79	9.09	3.12	73.17	6.62	17.10	
			180	309.12	2.31	0.24	0.57	33.04	3.07	45.08	2.47	0.64	4.19	2.66	0.36	5.38	3.11	81.19	7.30	8.40	
			240	314.32	2.63	0.22	0.58	34.36	3.19	47.39	2.42	0.31	4.16	1.41	0.13	3.21	3.43	84.93	6.89	4.75	
			300	285.53	2.73	0.22	0.61	34.90	3.32	49.23	2.31	0.27	4.07	0.59	0.08	1.66	3.57	87.45	6.65	2.33	
Dry soybeans				355.01	1.05	0.01	0.84	10.80	1.06	15.20	3.44	0.00	0.10	26.86	2.13	38.50	1.91	27.06	3.54	67.49	

1) 400% distilled water of dry soybean 2) whole soaking water 3) 70% soaking water of dry soybean 4) 180% distilled water of dry soybean

* AD, 6"-o-acetyl daidzin : AGL, 6"-o-acetyl glycitin : AGE, 6"-o-acetyl genistin : MD, 6"-o-malonyl daidzin : MGL, 6"-o-malonyl glycitin : MGE, 6"-o-malonyl genistin; tr. trace.

Table 30 Effect of concentration of syrup on free sugar content of compoted apple and syrup

n=3

Concentration of sugar in syrup	Fresh	10%		20%		30%		40%		50%	
Sample		Compoted apple	Syrup	Compoted apple	Syrup	Compoted apple	Syrup	Compoted apple	Syrup	Compoted apple	Syrup
Fructose (mg/g) ¹⁾	60.77 (57.4)	58.31 (44.8)	2.17 (3.2)	59.27 (36.4)	2.23 (2.0)	58.06 (31.4)	2.13 (1.0)	57.77 (30.8)	1.26 (0.4)	58.75 (27.7)	1.08 (0.3)
Glucose (mg/g) ¹⁾	27.87 (26.3)	26.39 (20.3)	1.13 (1.7)	24.40 (15.0)	1.42 (1.3)	26.02 (14.1)	0.30 (0.1)	24.06 (12.8)	0.71 (0.2)	28.76 (13.6)	0.46 (0.1)
Saccharose (mg/g) ¹⁾	17.3 (16.3)	45.37 (34.9)	64.29 (95.1)	79.26 (48.6)	108.44 (96.7)	101.08 (54.6)	207.5 (98.8)	105.67 (56.4)	307.88 (99.4)	124.60 (58.7)	367.30 (99.6)
Total sugar (mg/g) ¹⁾	105.93	130.08	67.60	162.93	112.09	185.16	209.98	187.50	309.85	212.11	368.84

¹⁾ Contents in compote (syrup before cooking) correspond to 1g of apple.

²⁾ Syrup weight 100%

³⁾ () Fructose(mg/g)(or glucose,Saccharide)/total sugar × 100

Table 31 Effect of storage time on the sensory score of compoted apple

n=10 panelists

Stored time	10% syrup		20% syrup		30% syrup		40% syrup		50%	
	0	1week	0	1week	0	1week	0	1week	0	1week
Tenderness/Toughness	3.7±1.3	4.0±1.1	3.6±1.3	3.4±1.5	4.4±1.3	4.6±0.7	4.6±1.2	4.4±1.0	4.1±1.2	4.1±1.2
Texture preference	3.3±1.0	3.2±1.1	3.6±1.0	3.4±1.2	3.8±1.0	4.3±0.8**	3.4±0.9	3.5±0.8	3.6±0.8	3.6±0.8
Soure	3.2±1.5	3.1±1.2	3.6±1.3	3.0±1.5	3.2±1.1	3.0±1.1**	2.8±1.4	2.9±1.9	3.5±1.5	3.4±1.2
Sweety	2.3±1.2	2.3±0.9	3.6±1.0	3.3±0.8	4.6±1.1	5.2±0.6	5.6±0.7	5.6±0.8	4.7±1.0	5.4±0.5**
Sweety preference	2.7±1.0	2.6±1.0	3.8±1.0	3.8±1.3	3.9±1.0	4.2±0.6	3.2±1.0	3.4±1.2	3.7±0.9	3.6±0.8
Overall preference	2.6±1.1	2.4±1.0	3.5±0.9	3.3±1.2	3.7±1.2	4.0±0.9	3.2±1.0	3.6±1.2	3.7±0.8	3.5±0.7

Scales used in the sensory evaluation; 1=tough, 7=tender in tenderness/toughness; 1=weak 7=strong in sour and sweety; 1=not prefer, 7= prefer in texture preference , sweety preference and overall preference .

** Different letters in the same row indicate significant difference by Kruskal-Wallis test (p < 0.01).

Table 32 Effect of syrup concentration of sugar in syrup
on physical properties of compoted apple(cooked 95°C)
n=15

Concentration of sugar in syrup	Syrup weight ¹⁾		Weight variation ²⁾	Saccharinity	pH	Rupture stress (× 10 ⁵ N/m ²)
20%	25%	Compoted apple	105.4±0.6 ^a	12.8±0.4 ^a	3.9±0.1 ^a	5.18±1.71 ^a
		Syrup	74.8±3.8 ^y	14.3±0.7 ^y	3.8±0.1 ^y	—————
	50%	Compoted apple	105.8±1.4 ^a	15.6±0.4 ^b	3.9±0.1 ^a	4.97±1.63 ^a
		Syrup	87.2±2.0 ^w	16.0±0.6 ^y	3.8±0.1 ^y	—————
30%	25%	Compoted apple	103.5±0.5 ^{ab}	14.8±0.2 ^c	3.8±0.1 ^a	4.42±1.07 ^a
		Syrup	84.1±2.9 ^x	17.8±0.5 ^y	3.8±0.1 ^y	—————
	50%	Compoted apple	103.7±0.9 ^{ab}	16.6±0.3 ^d	3.9±0.1 ^a	4.16±1.01 ^a
		Syrup	91.3±0.9 ^y	21.7±0.4 ^y	3.8±0.1 ^y	—————
40%	25%	Compoted apple	101.7±0.9 ^b	16.2±0.2 ^d	3.8±0.1 ^a	5.04±1.43 ^a
		Syrup	91.7±1.9 ^y	21.5±1.1 ^y	3.8±0.1 ^y	—————
	50%	Compoted apple	102.2±0.7 ^b	18.4±0.3 ^e	3.9±0.1 ^a	4.41±1.41 ^a
		Syrup	95.0±1.3 ^z	26.8±0.6 ^y	3.8±0.1 ^y	—————

¹⁾ Apple weight × 50(25)/100

²⁾ Cooked weight / raw weight × 100

a,b,c,d: According to the compoted apple, different letters in the same column indicate significant difference by Tukey's HSD test (p < 0.05).
v,w,x,y: According to the syrup, different letters in the same column indicate significant difference by Tukey's HSD test (p < 0.01).

Table 33 Effect of syrup concentration on free sugar content in compoted apple(cooked in 95°C) and syrup

n=3

Concentration of syrup	Fresh	20%				30%				40%			
Syrup weight		25%		50%		25%		50%		25%		50%	
		Compoted apple	Syrup	Compoted apple	Syrup	Compoted apple	Syrup	Compoted apple	Syrup	Compoted apple	Syrup	Compote	Syrup
Fructose (mg/g) ¹⁾	63.51 (59.4)	53.47 (43.2)	34.2 (32.1)	51.08 (37.6)	31.61 (21.4)	52.70 (38.5)	41.92 (26.1)	52.65 (34.6)	35.66 (17.1)	53.75 (37.4)	45.6 (22.2)	53.28 (29.8)	38.90 (14.0)
Glucose (mg/g) ¹⁾	24.86 (23.3)	17.01 (13.7)	11.68 (11.0)	20.82 (15.3)	12.77 (8.6)	17.35 (12.69)	15.62 (9.74)	19.92 (13.1)	15.2 (7.3)	19.49 (13.6)	17.37 (8.4)	20.88 (11.7)	16.92 (6.08)
Saccharose (mg/g) ¹⁾	18.53 (17.3)	53.22 (43.0)	60.52 (56.9)	63.80 (47.0)	103.34 (70.0)	66.69 (48.8)	102.80 (64.1)	79.42 (52.3)	157.33 (75.6)	70.34 (49.0)	142.96 (69.41)	104.74 (58.5)	222.50 (79.9)
Total sugar (mg/g) ¹⁾	106.91	123.70	106.40	135.70	147.72	136.74	160.34	151.98	208.2	143.58	205.97	178.90	278.32

¹⁾ Contents in compote (syrup before cooking) correspond to 1g of apple.

²⁾ () Fructose(mg/g)(or glucose,Saccharide)/total sugar × 100

Table 34 Effect of Storage methods on physical properties of compoted apple and syrup

n=15

Storage methods	Syrup weight ¹⁾		Weight varetion ²⁾	Saccharinity	pH	Rupture stress ($\times 10^5 \text{N/m}^2$)
Freezed -25°C 1week	25%	Compoted apple	108.6±1.4 ^a	15.4±0.4 ^a	4.1±0.0 ^a	5.06±0.58 ^a
		Syrup	62.9±4.6 ^v	16.6±0.6 ^v	6.0±0.1 ^v	—————
	50%	Compoted apple	113.9±0.7 ^b	17.1±0.1 ^b	4.0±0.0 ^a	4.99±0.45 ^a
		Syrup	69.8±1.9 ^w	21.1±0.2 ^w	5.6±0.1 ^w	—————
	Sugar ³⁾	Compoted apple	100.3±0.3 ^c	21.0±0.2 ^c	4.1±0.0 ^a	5.05±0.32 ^a
		Syrup	—————	36.4±1.2 ^x	5.7±0.0 ^w	—————
No stored	50%	Compoted apple	120.4±0.5 ^d	15.2±0.2 ^a	5.7±0.2 ^b	5.17±0.65 ^a
		Syrup	59.3±1.0 ^x	24.8±0.3 ^y	6.1±0.1 ^v	—————
Refrigerated 5°C 1week	50%	Compoted apple	121.4±0.4 ^d	17.3±0.2 ^b	5.6±0.1 ^b	5.08±0.61 ^a
		Syrup	54.2±1.6 ^y	22.8±0.2 ^w	6.0±0.0 ^v	—————

¹⁾ Apple weight $\times 50 / 100$

²⁾ Compote weight / Apple weight $\times 100$

³⁾ Sprinkled sugar was 15% of apple weight.

a,b,c,d: According to the compoted apple, different letters in the same column indicate significant difference by Tukey's HSD test ($p < 0.05$).

v,w,x,y: According to the syrup, different letters in the same column indicate significant difference by Tukey's HSD test ($p < 0.01$).

Table 35 Effect of Storage methods on free sugar of compoted apple and syrup

n=3

Concentration of sugar in syrup	Fresh	30%				Sugar		30%			
		25%		50%		15% ³⁾		50%		50%	
Freezed		Freezed		Freezed		No stored		Refrigerated			
Syrup weight	Apple	Compoted apple	Syrup	Compoted apple	Syrup	Compoted apple	Syrup	Compoted apple	Syrup	Compoted apple	Syrup
Fructose (mg/g) ²⁾	58.93 (57.4)	56.49 (37.5)	23.49 (21.4)	57.43 (32.7)	16.96 (10.5)	57.15 (28.7)	30.00 (8.3)	57.77 (44.6)	1.70 (1.2)	56.81 (30.1)	1.65 (1.2)
Glucose (mg/g) ²⁾	25.97 (25.3)	22.78 (15.1)	8.78 (8.0)	24.33 (13.9)	6.46 (4.09)	25.68 (12.9)	10.70 (3.0)	27.78 (21.5)	0.00 (0.0)	25.73 (13.6)	0.00 (0.0)
Saccharide (mg/g) ²⁾	17.72 (17.3)	71.19 (47.3)	77.59 (70.6)	93.76 (53.41)	138.21 (85.5)	116.61 (58.5)	320.19 (88.7)	43.84 (33.9)	144.65 (98.8)	106.51 (56.34)	131.68 (98.8)
Total sugar (mg/g) ²⁾	102.62	150.46	109.86	175.53	161.63	199.41	360.89	129.38	146.35	189.04	133.34

¹⁾ The samples stored at each method for 1w.

²⁾ Contents in compote (syrup before cooking) correspond to 1g of apple.

³⁾ suger weight/apple weight × 100

⁴⁾ ()Fructose(mg/g)(or glucose,Saccharide)/total sugar × 100

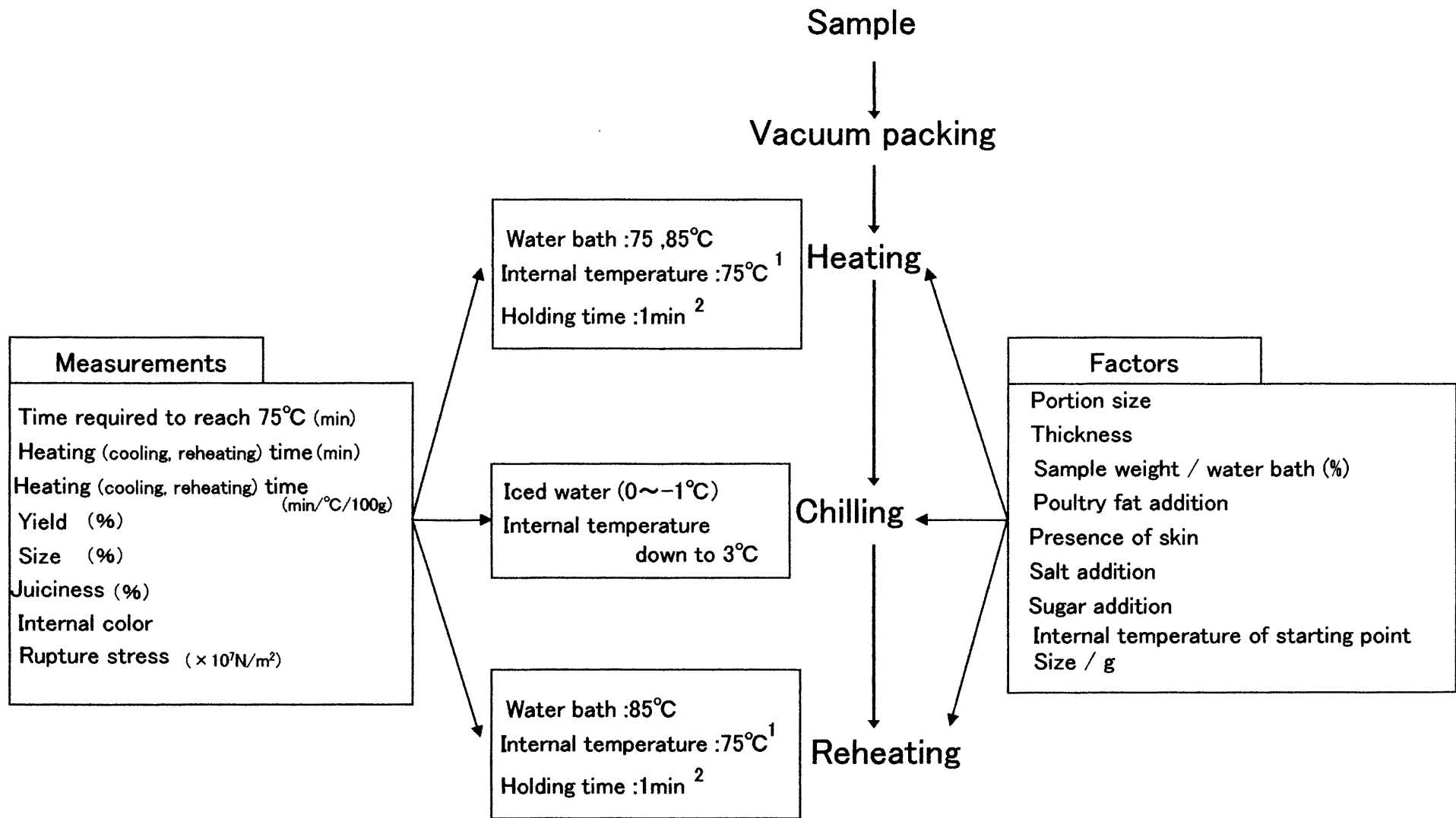
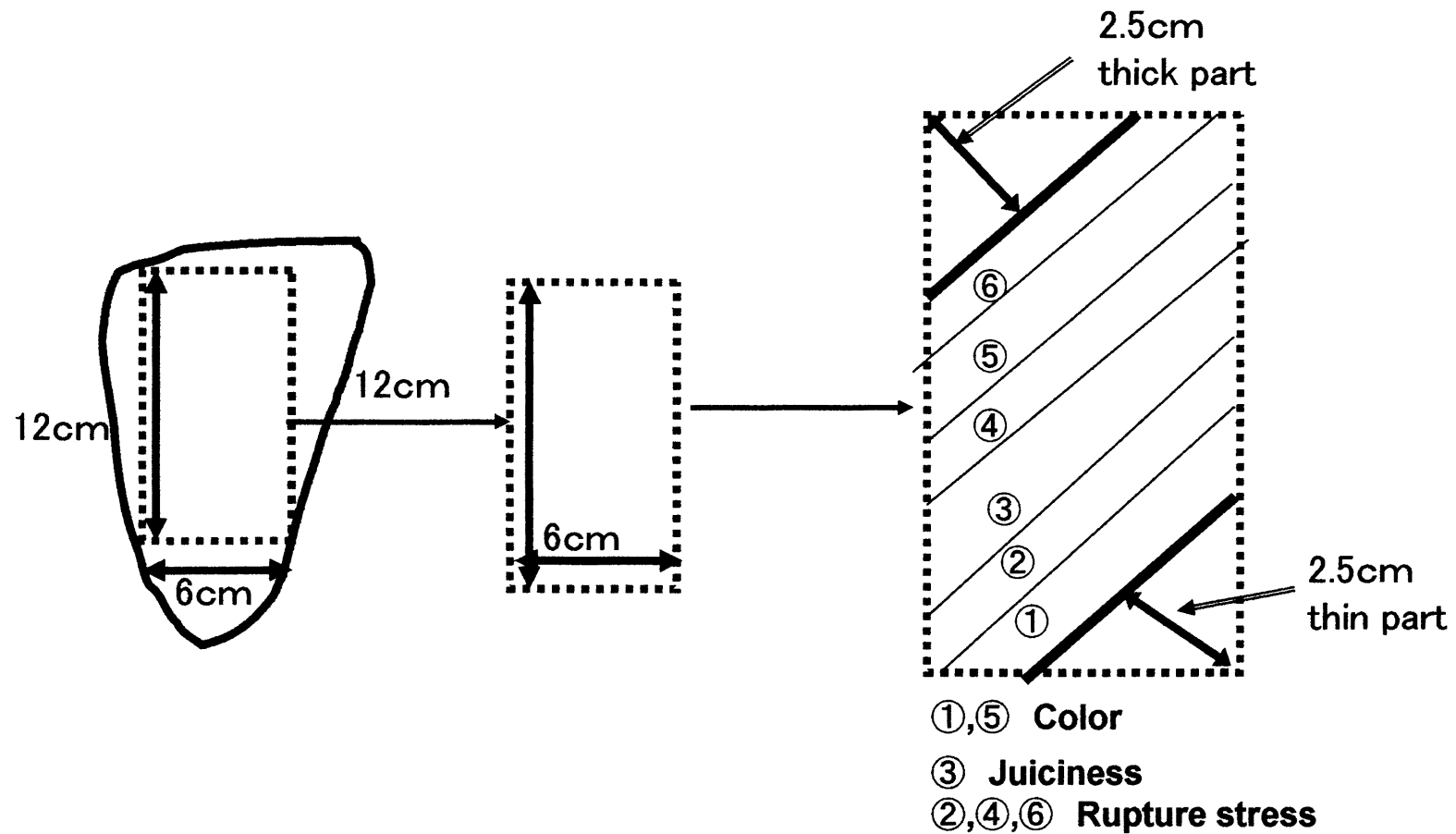


Fig. 1 Effect of factor on heating time, cooling time and reheating time

¹ Internal temperature of the sample at the end of cooking ² Holding time after the internal temperature had reached 70°C



* ①~⑥ sample were used for measurements.

Fig . 2 Sample part for each measurement

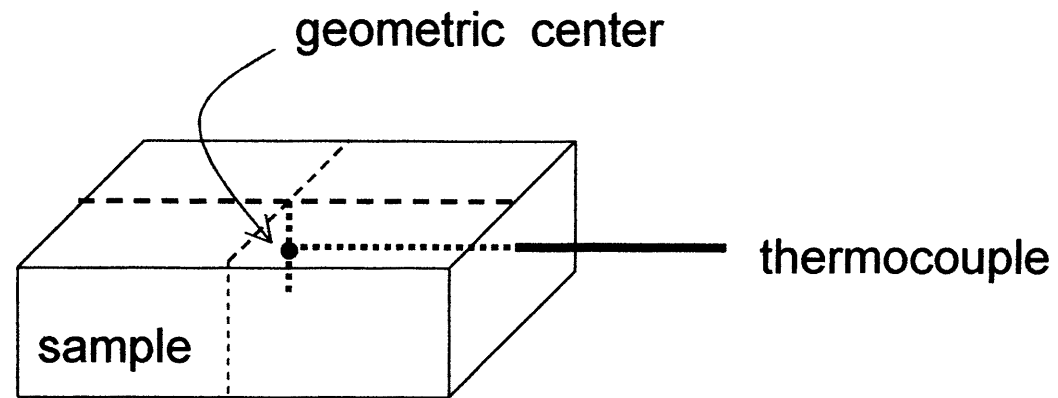


Fig . 3 The measurement of internal temperature

75°C-Vacuum cooking	42.6 min required to reach 75°C
75°C-Non- vacuum steaming in bag	42.4 min required to reach 75°C
75°C-Non- vacuum steaming without bag	35.7 min required to reach 75°C
85°C-Vacuum cooking	19.9min required to reach 75°C
85°C-Non- vacuum steaming in bag	18.4 min required to reach 75°C
85°C-Non- vacuum steaming without bag	17.7 min required to reach 75°C

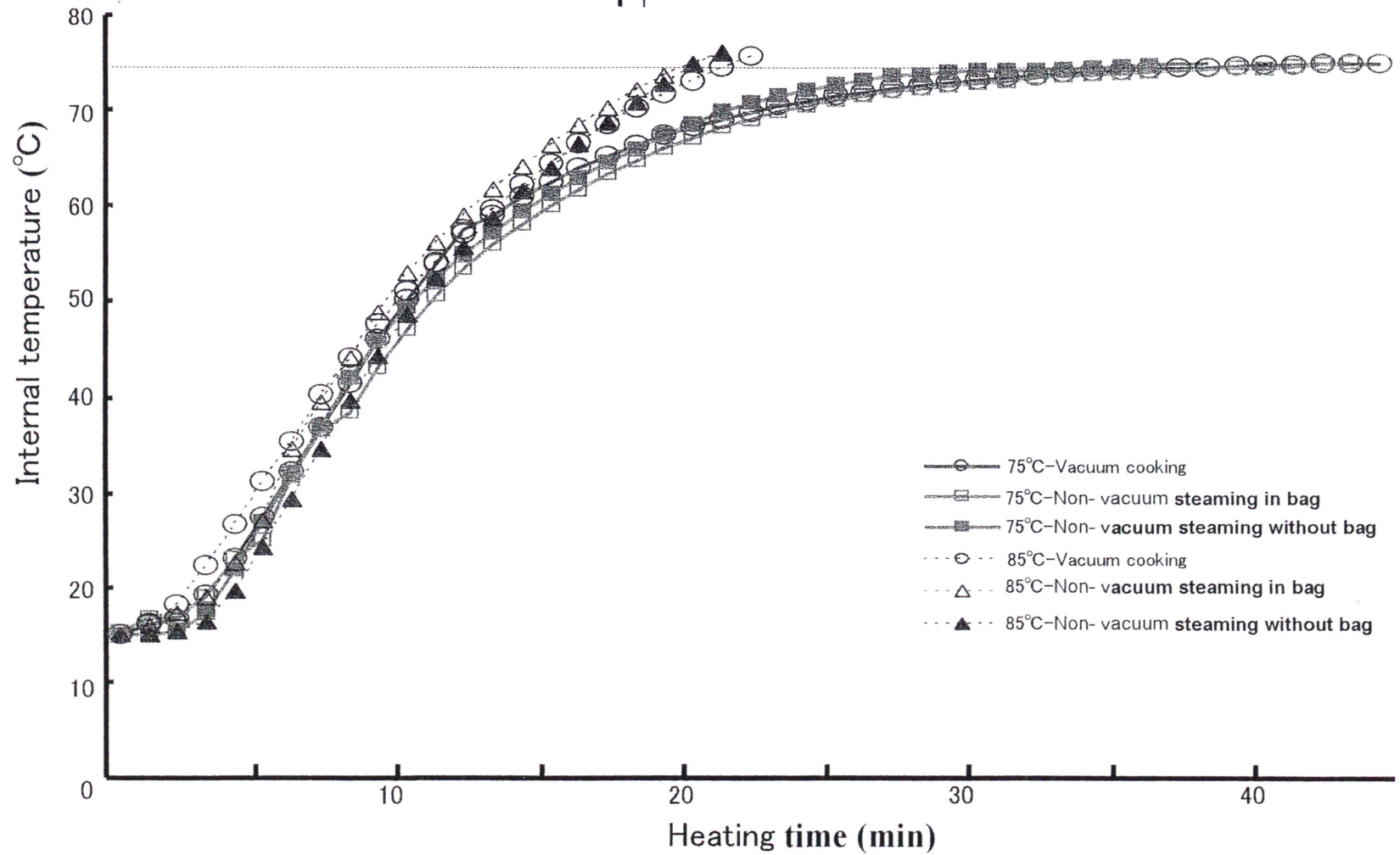


Fig . 4 Time - temperature characteristics for chicken breast meat by vacuum packing

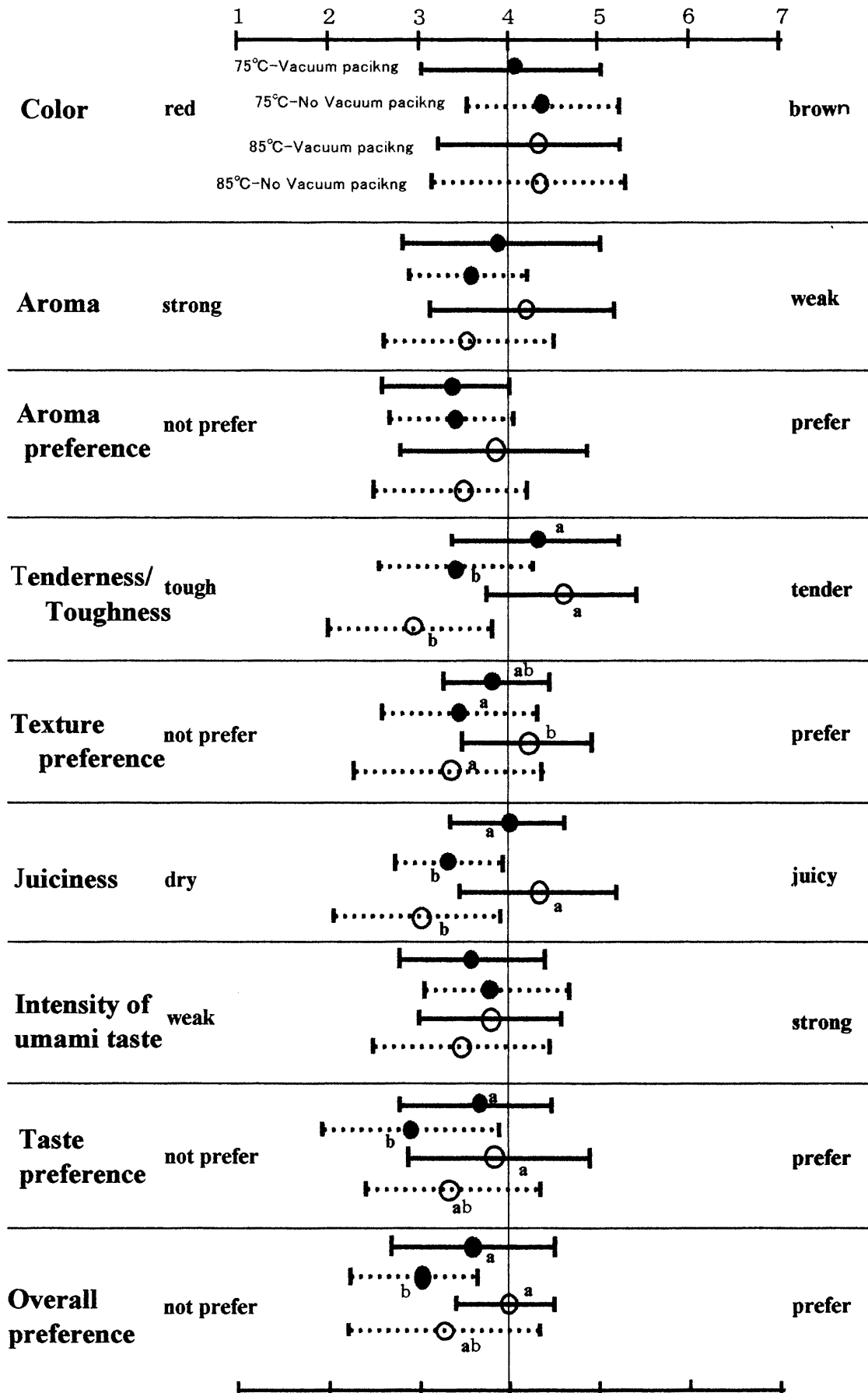


Fig. 5 Variation in the sensory properties from vacuum packing

^{a,b} Different letters in the same row indicate significant difference by Kruskal-Wallis test ($p < 0.01$).

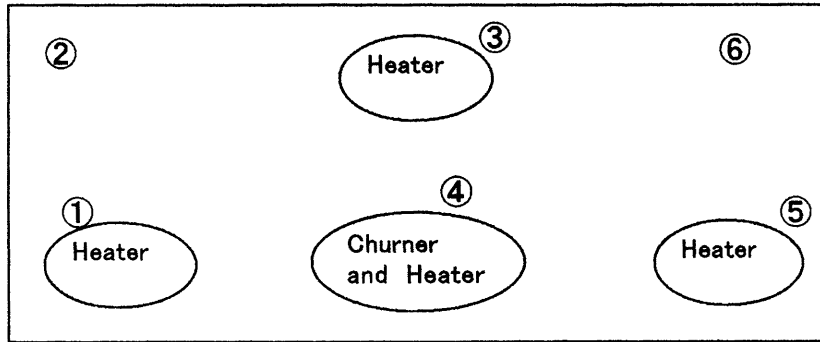


Fig. 6 The construction plan of water bath

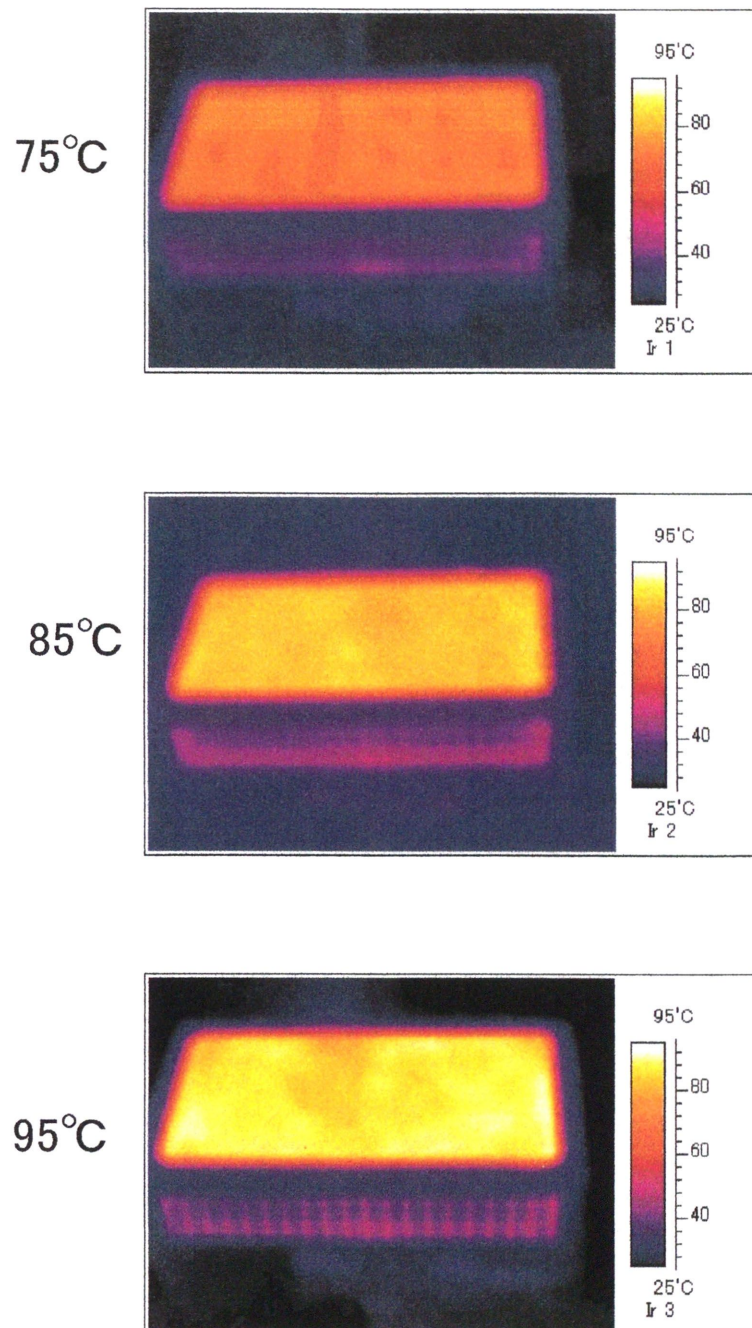


Fig. 7 The measurement of water bath temperature by thermo tracer

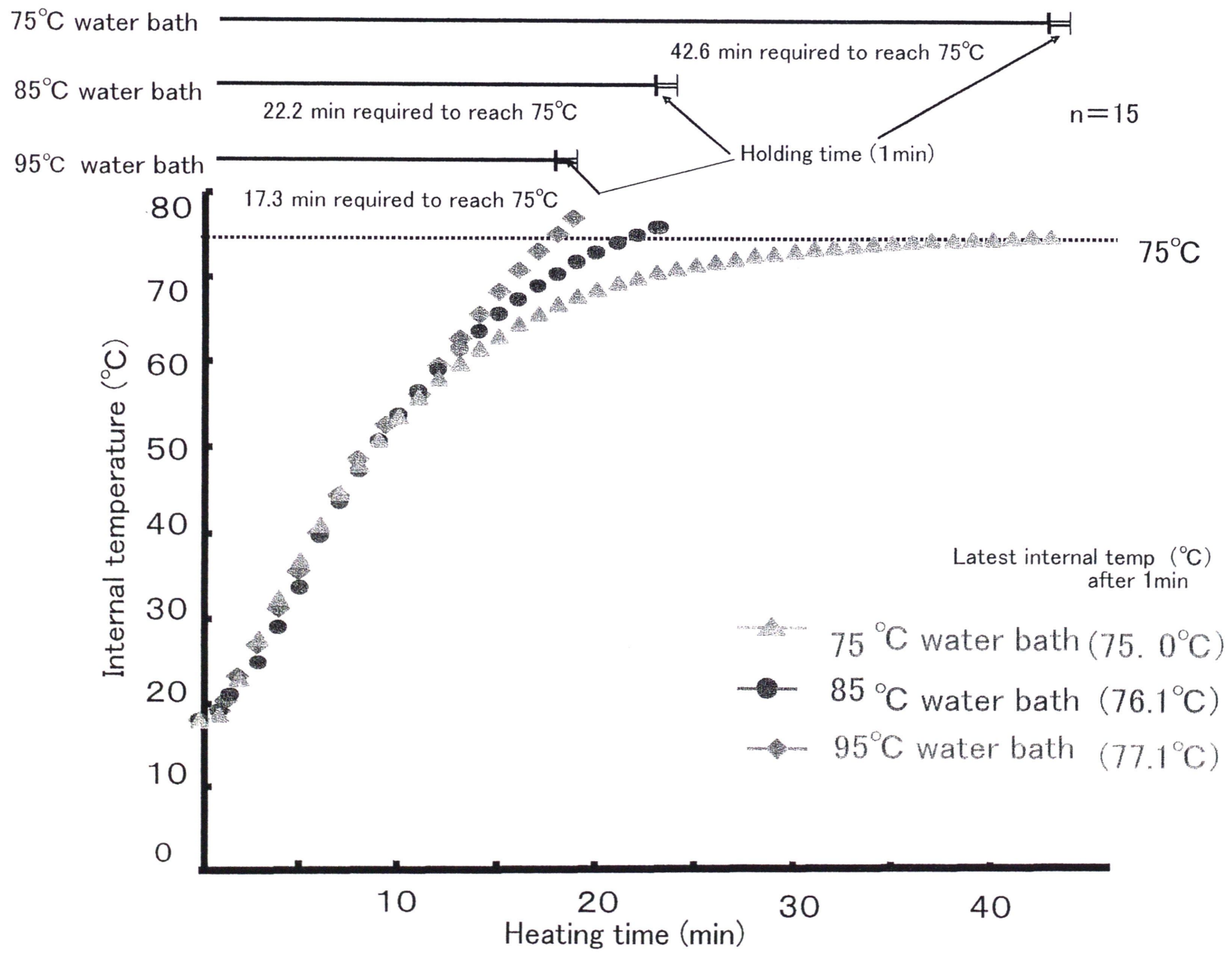


Fig . 8 Time - temperature characteristics
for chicken breast meat by vacuum cooking

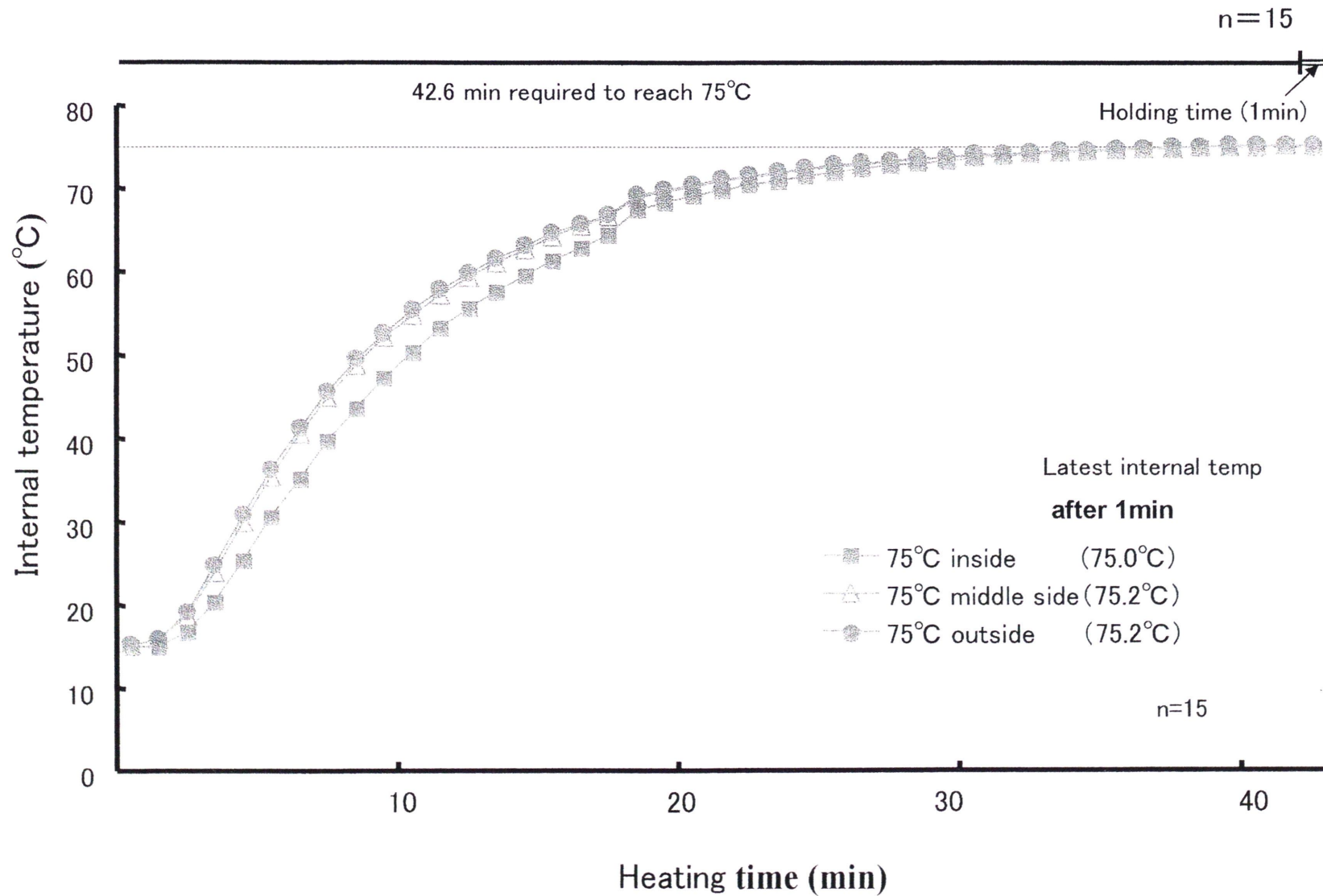


Fig . 9-1 Time - temperature characteristics for chicken breast meat by vacuum cooking (75°C)

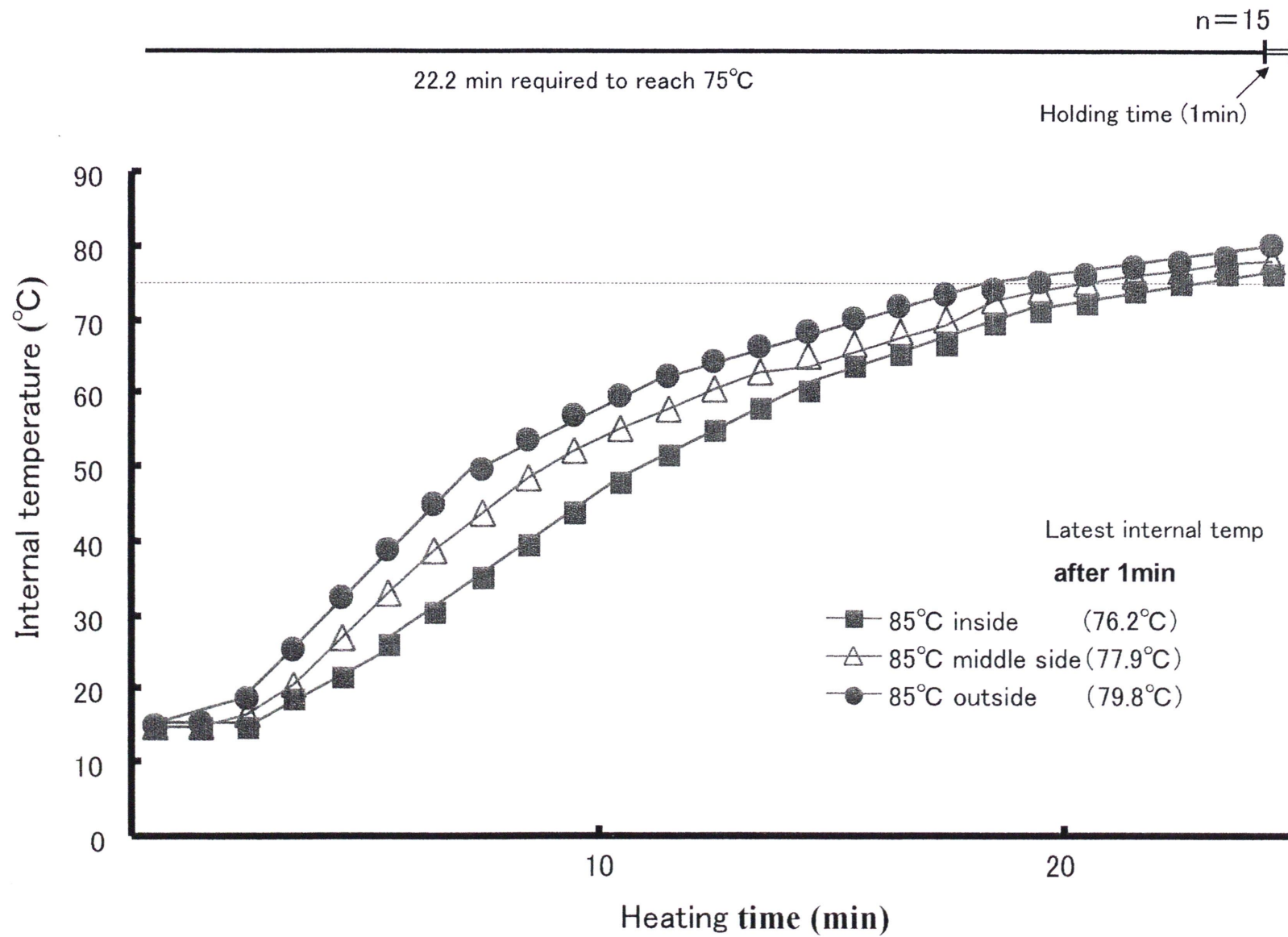


Fig . 9-2 Time - temperature characteristics for chicken breast meat by vacuum cooking (85°C)

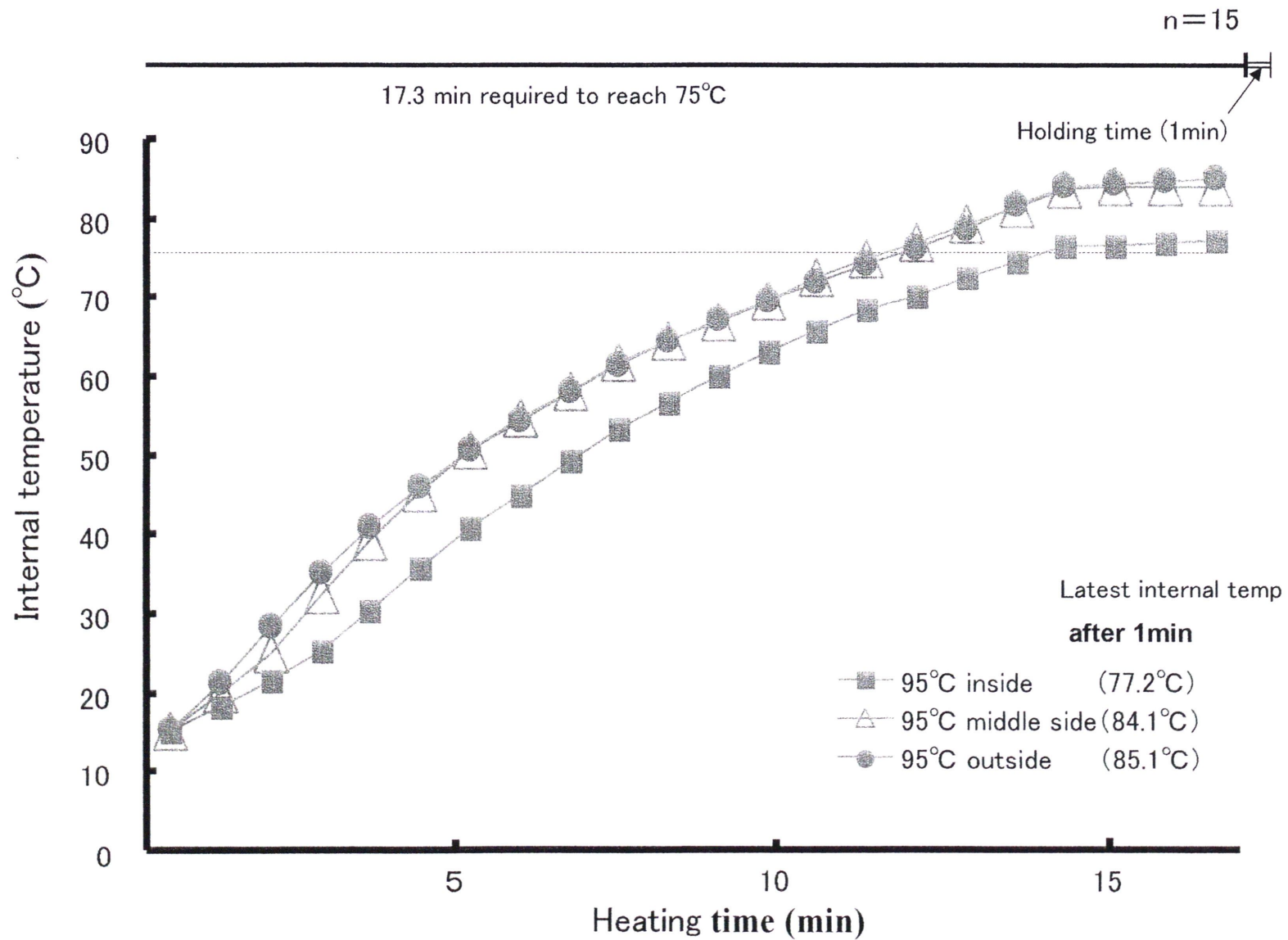


Fig . 9-3 Time - temperature characteristics for chicken breast meat by vacuum cooking (95°C)

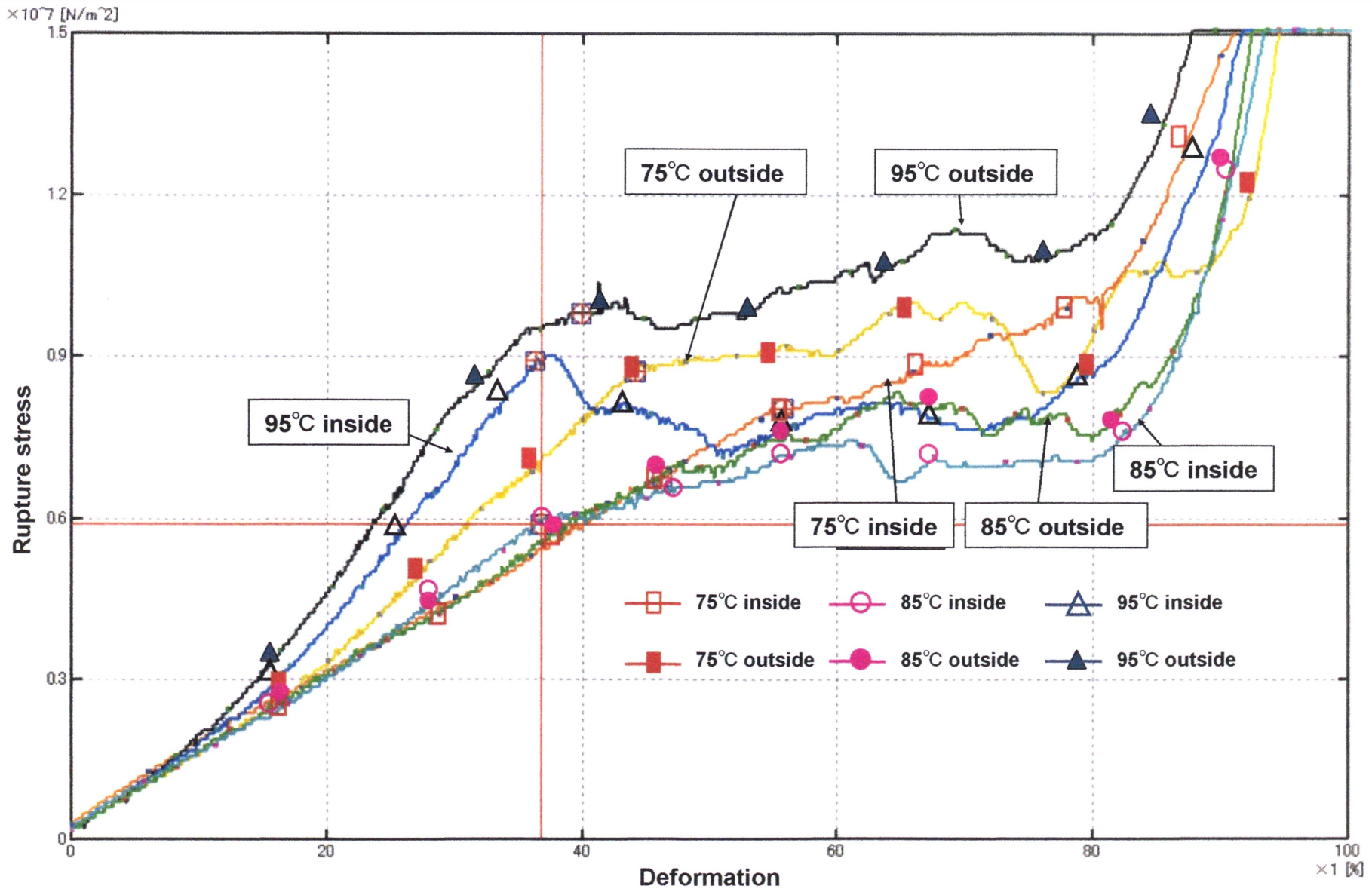


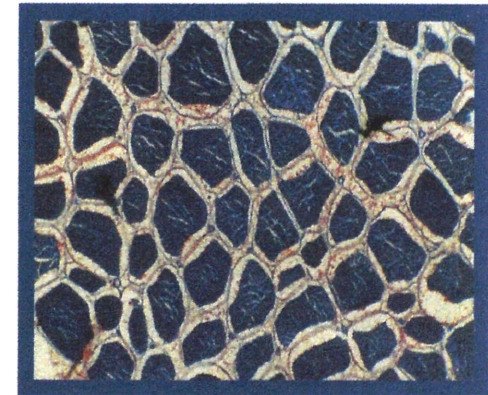
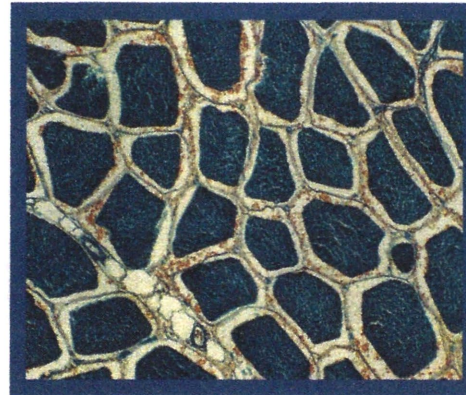
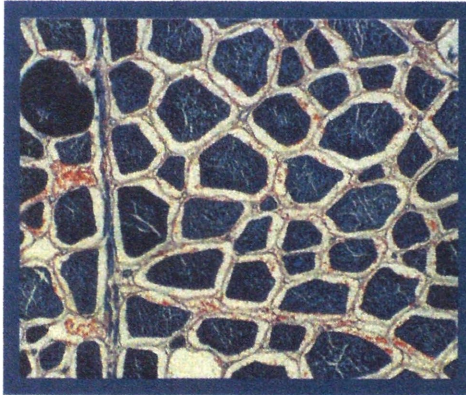
Fig. 10 Effect of water bath temperature on rupture stress and deformation of chicken breast meat by vacuum cooking

75°C water bath

85°C water bath

95°C water bath

Inside



Outside

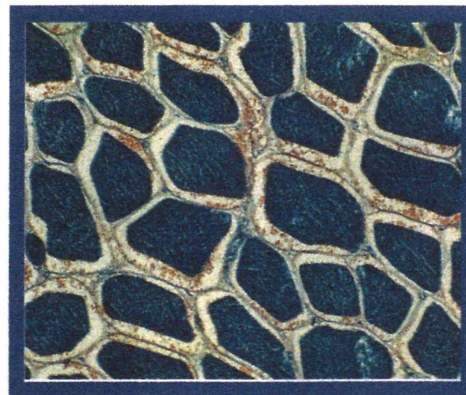
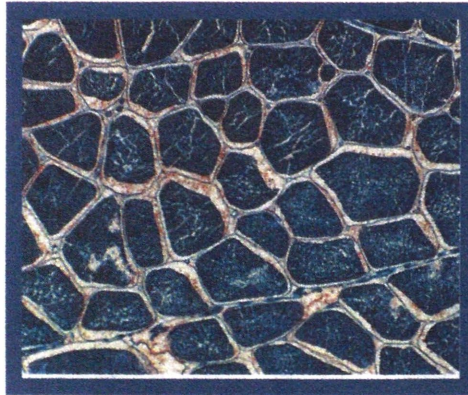


Fig .11 Structure of the chicken breast meat (middle section)
by vacuum cooking (× 200)

Cross sections of the muscle fibers were viewed by optical microscopy after Masson trichrom staining .

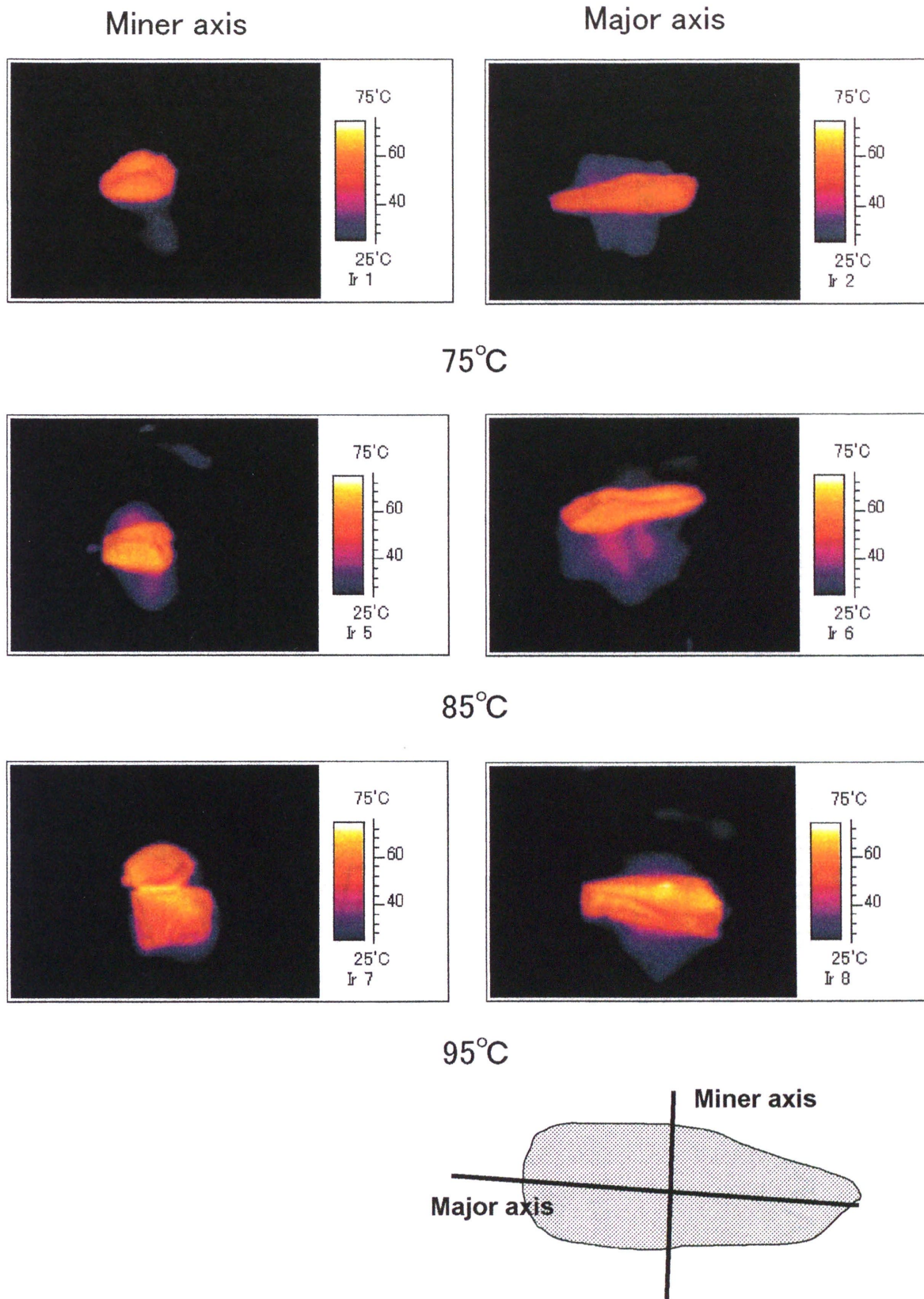


Fig.12 The measurement of end point temperature of chicken breast meat by thermo tracer

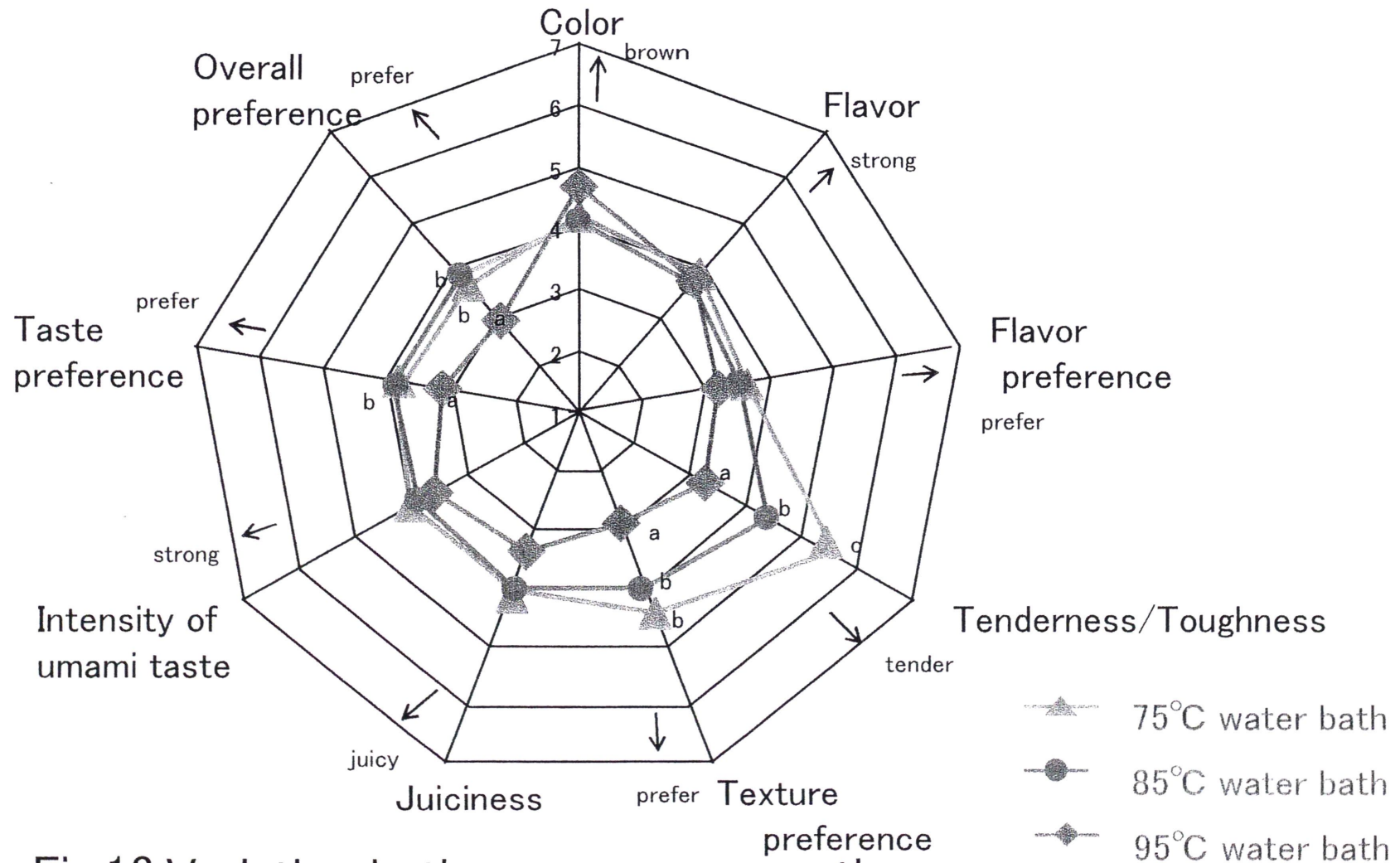
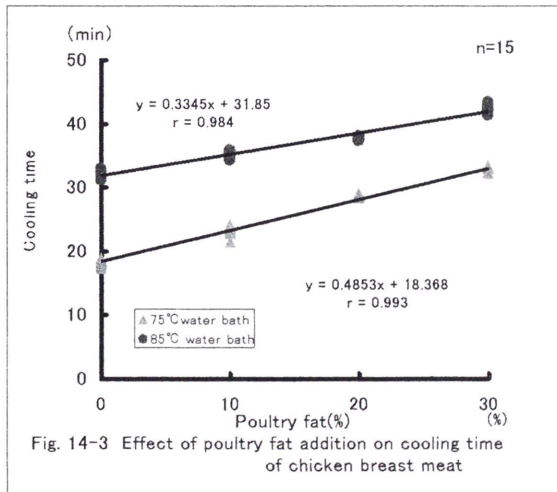
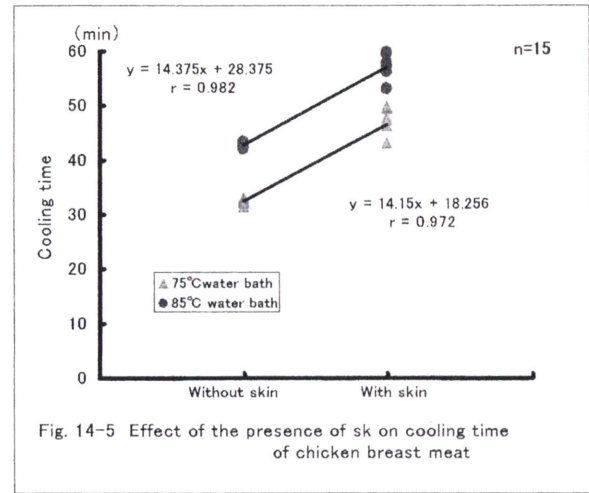
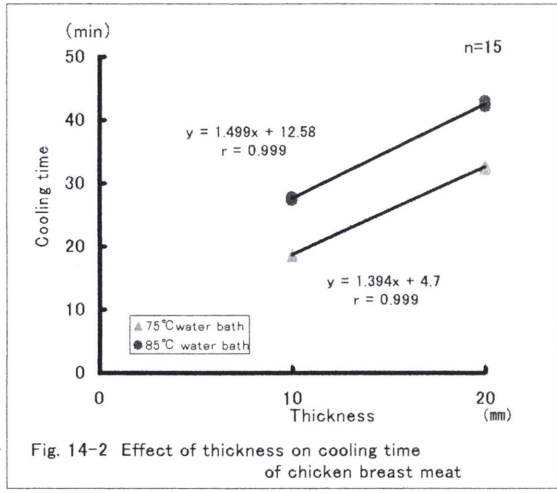
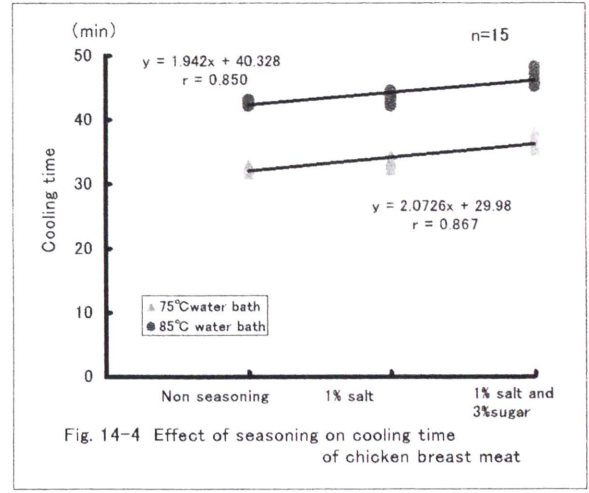
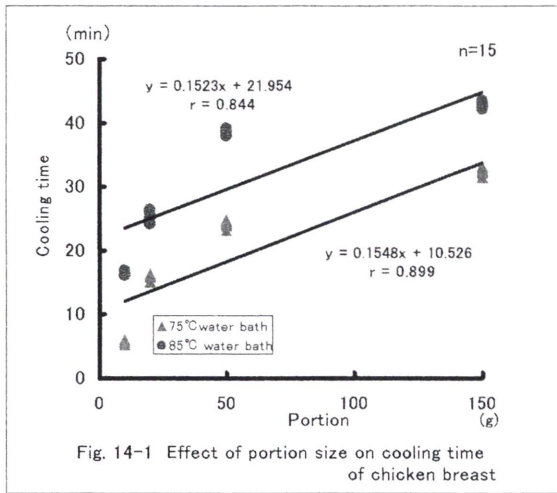


Fig.13 Variation in the sensory properties from the water bath temperature

Scales used in the sensory evaluation; 1=red, 7=brown in color; 1=weak 7=strong in aroma and intensity of umami taste; 1=not prefer, 7=prefer in aroma preference, texture preference taste preference and overall preference; 1=tough, 7=tender in tenderness/toughness; 1=dry, 7=juicy in juiciness.

^{a,b,c} Different letters in the same properties indicate significant difference by Kruskal-Wallis test ($p < 0.01$). n=10 panelists



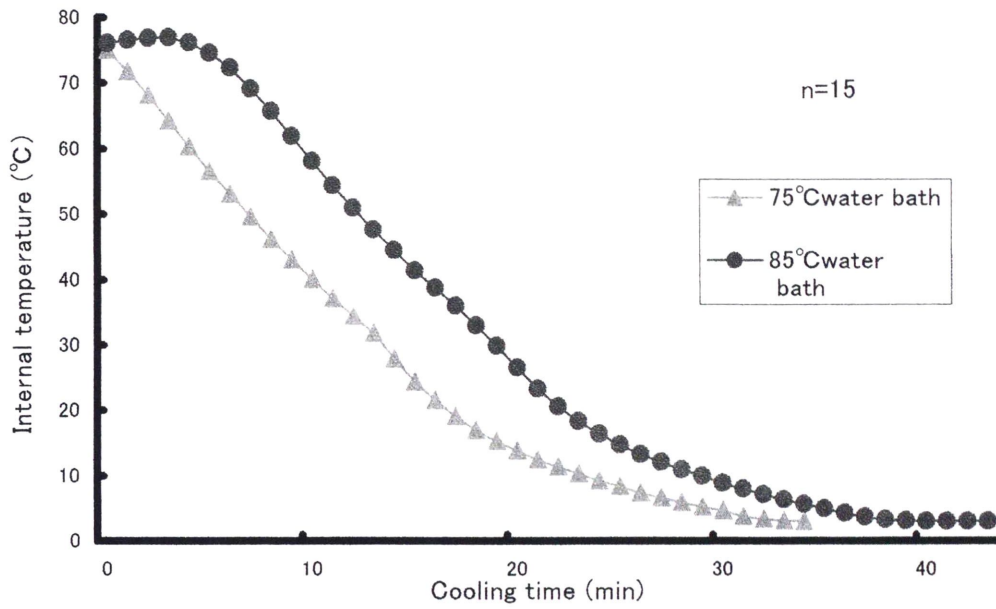
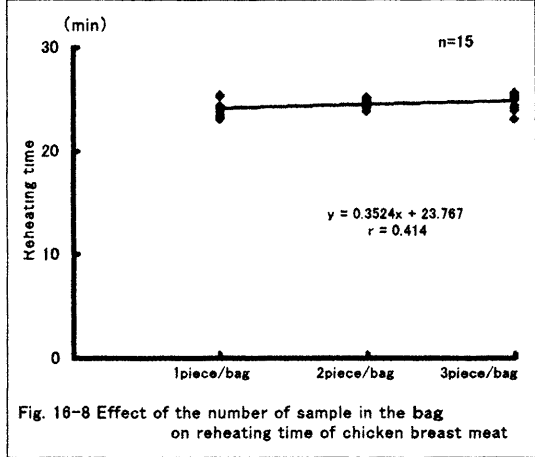
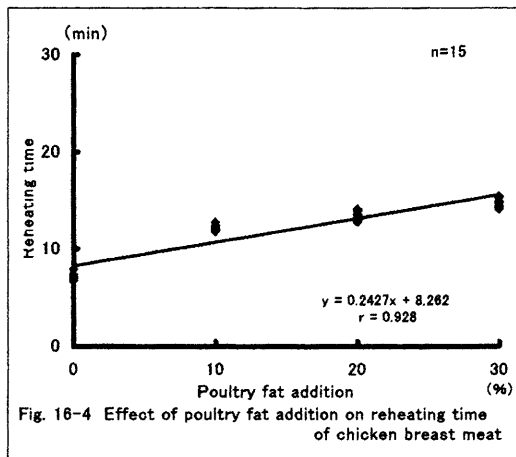
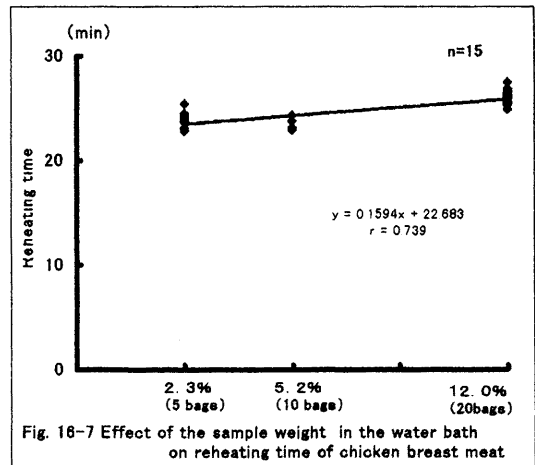
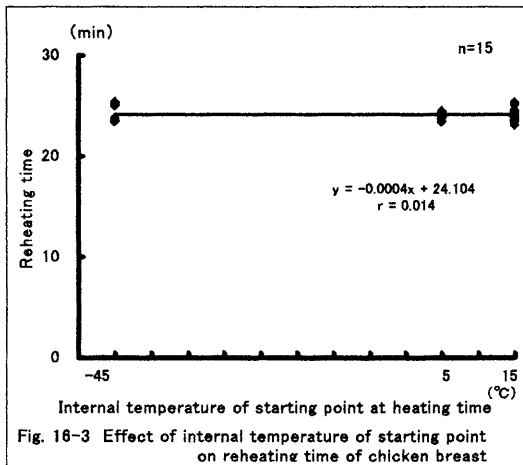
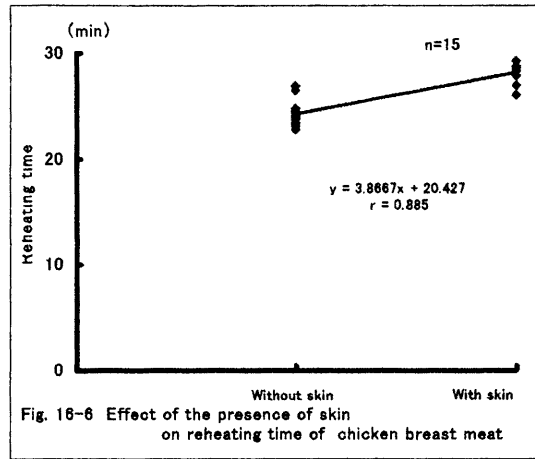
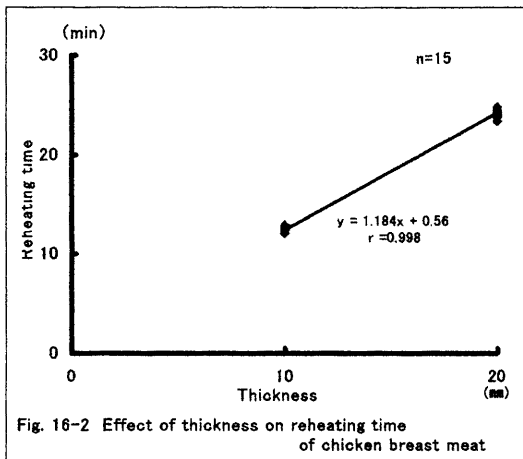
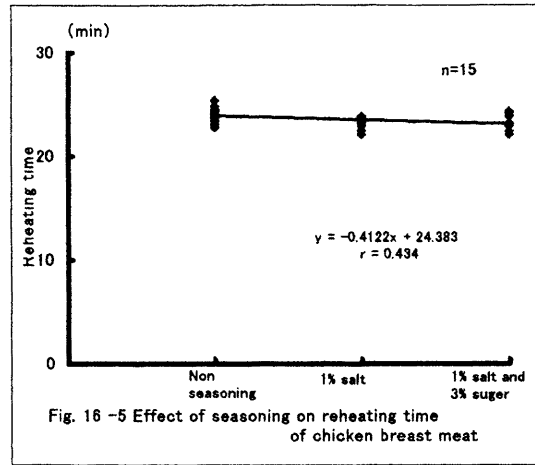
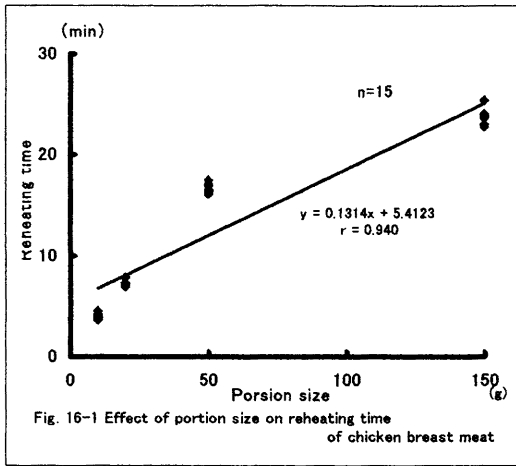


Fig . 15 The cooling time of chicken breast meat by vacuum cooking



Reheating method(Fig.16-1~8): water bath temperature at 85°C, endpoint temperature at 75°C, holding time for 1min

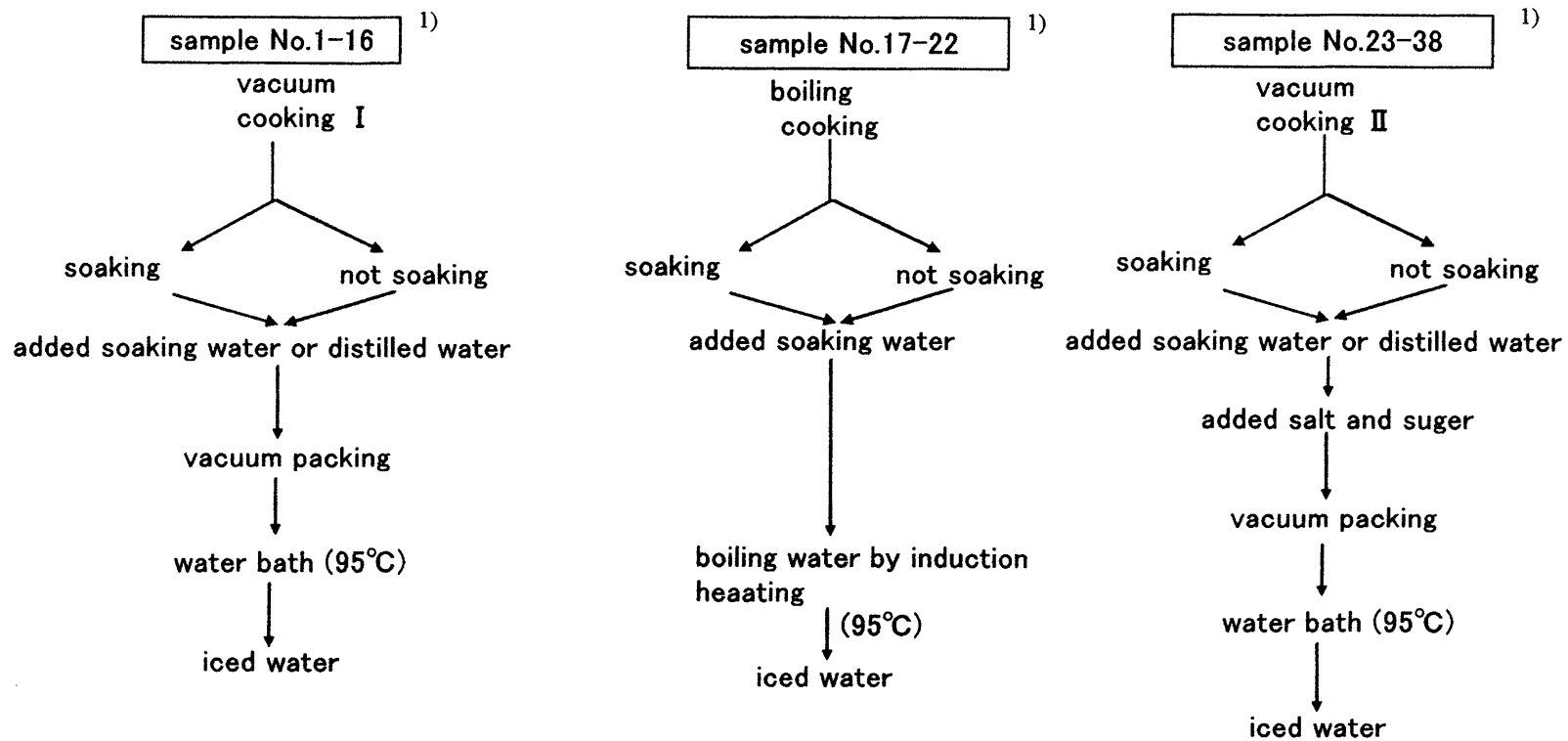


Fig..17 Sample preparation by vacuum cooking and boiling cooking of soybeans

1) Details are shown in Table 1

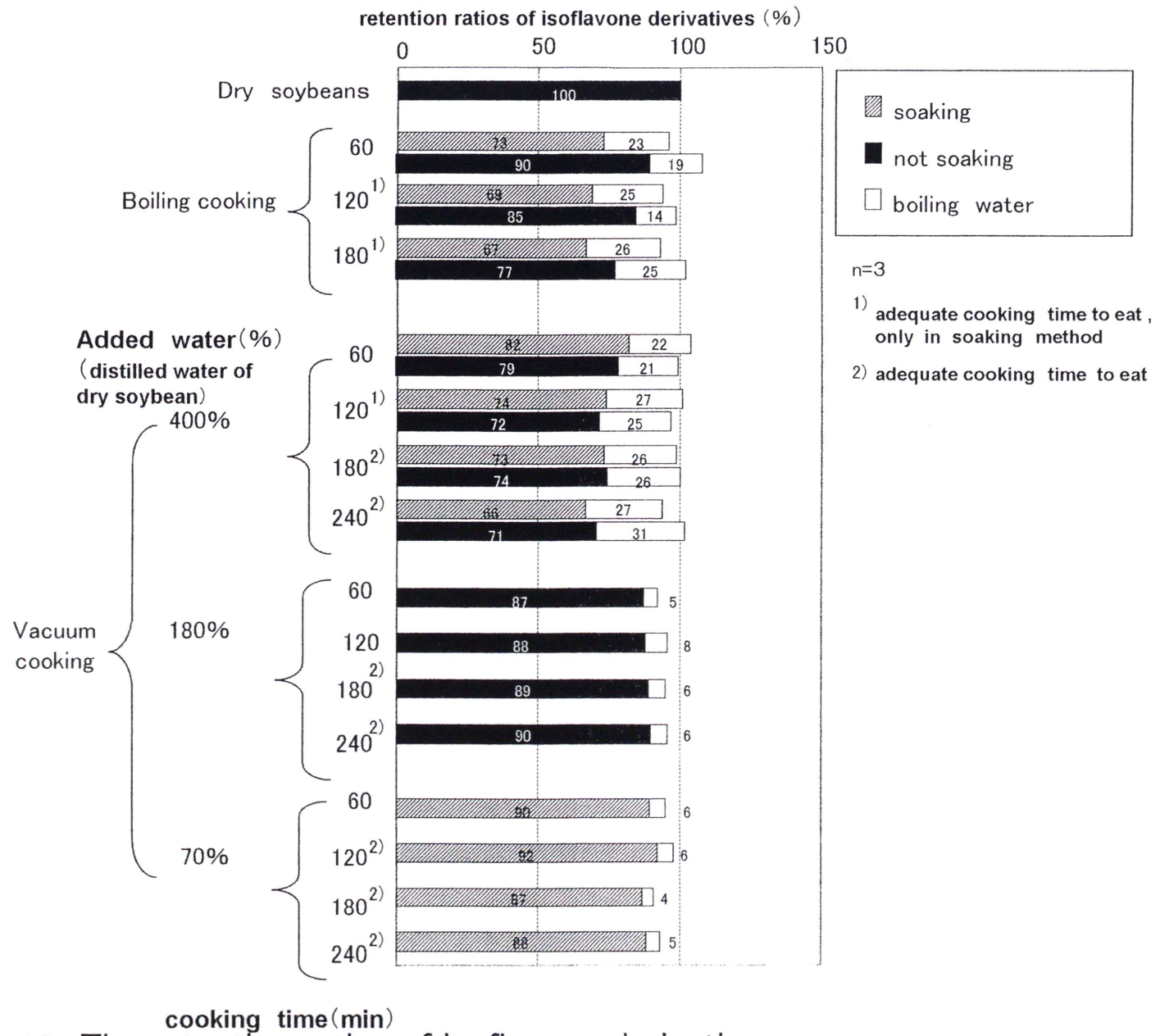


Fig.. 18 The retention ratios of isoflavone derivatives in cooked soybean and cooking water

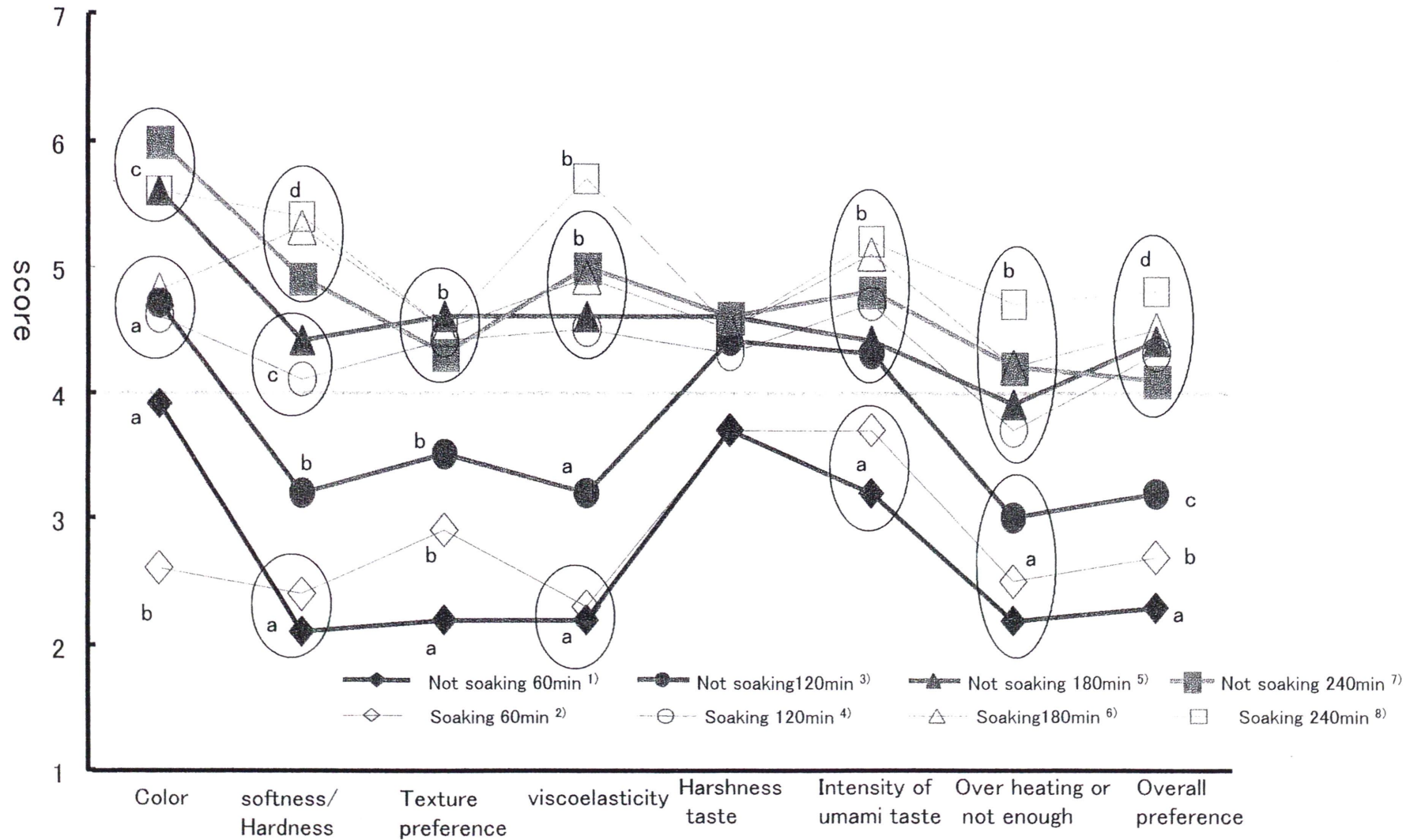


Fig.. 19 Effect of soaking and cooking time on sensory attribute by vacuum cooking

Data based on scoring methods by 15 panelists.

Scales used in the sensory evaluation; 1= extremely rigit, 7= extremely dark in color; 1= extremely hard 7= extremely soft in tenderness/toughness; 1=not prefer, 7= prefer in texture preference and overall preference; 1=weak 7=strong in viscoelasticity , Harshness taste and intensity of umami taste; 1=not enough, 7=over heating in texture and flavor . 1) 2),3) 4),5),7),8) Details are shown sampleNo.5-8,13-16 in Fig. 1and Table1

** Different letters in the same properties indicate significant difference by Kruskal-Wallis test ($p < 0.01$). $n=10$ panelists

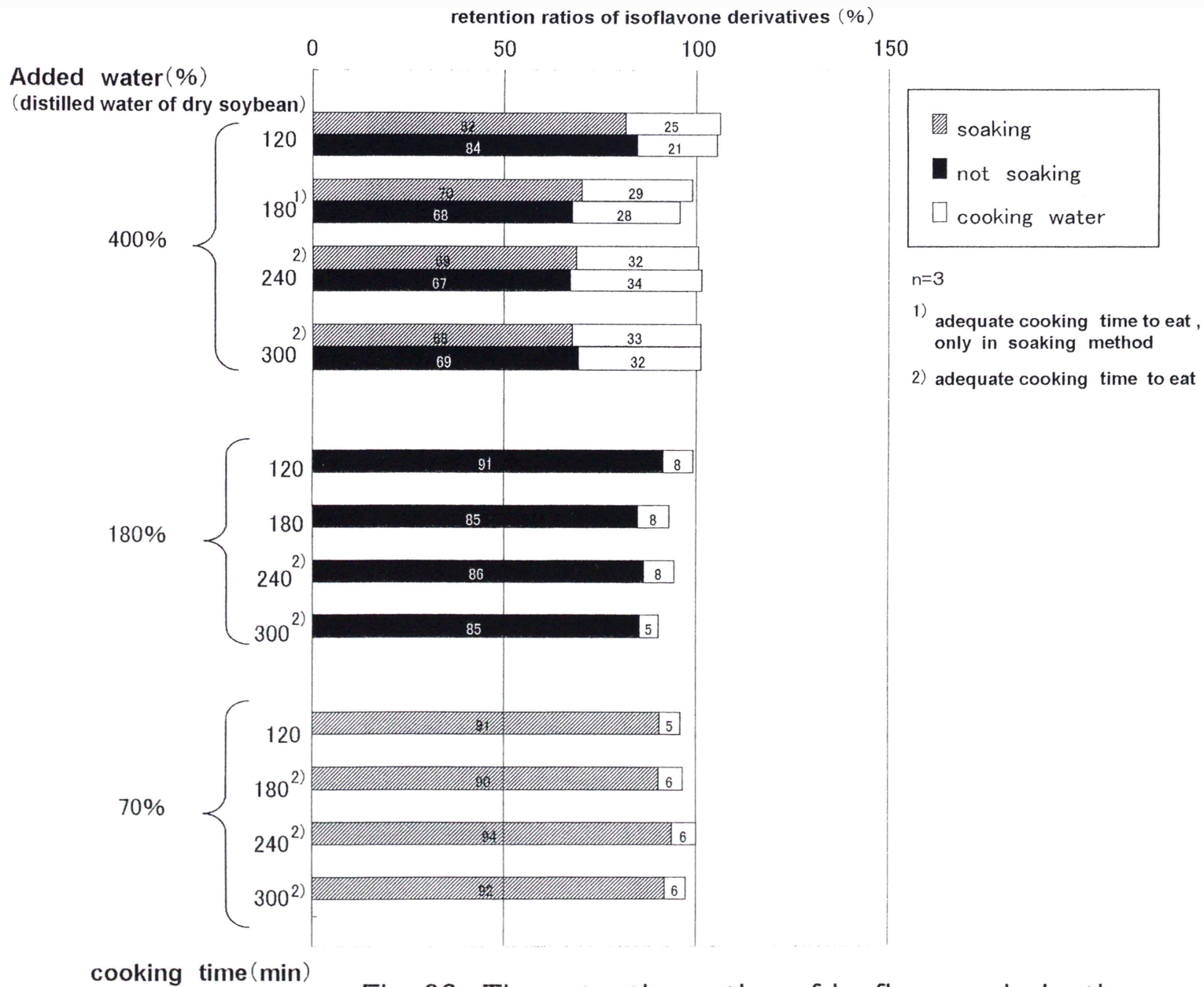


Fig. 20 The retention ratios of isoflavone derivatives in cooked soybean with seasoning and cooking water

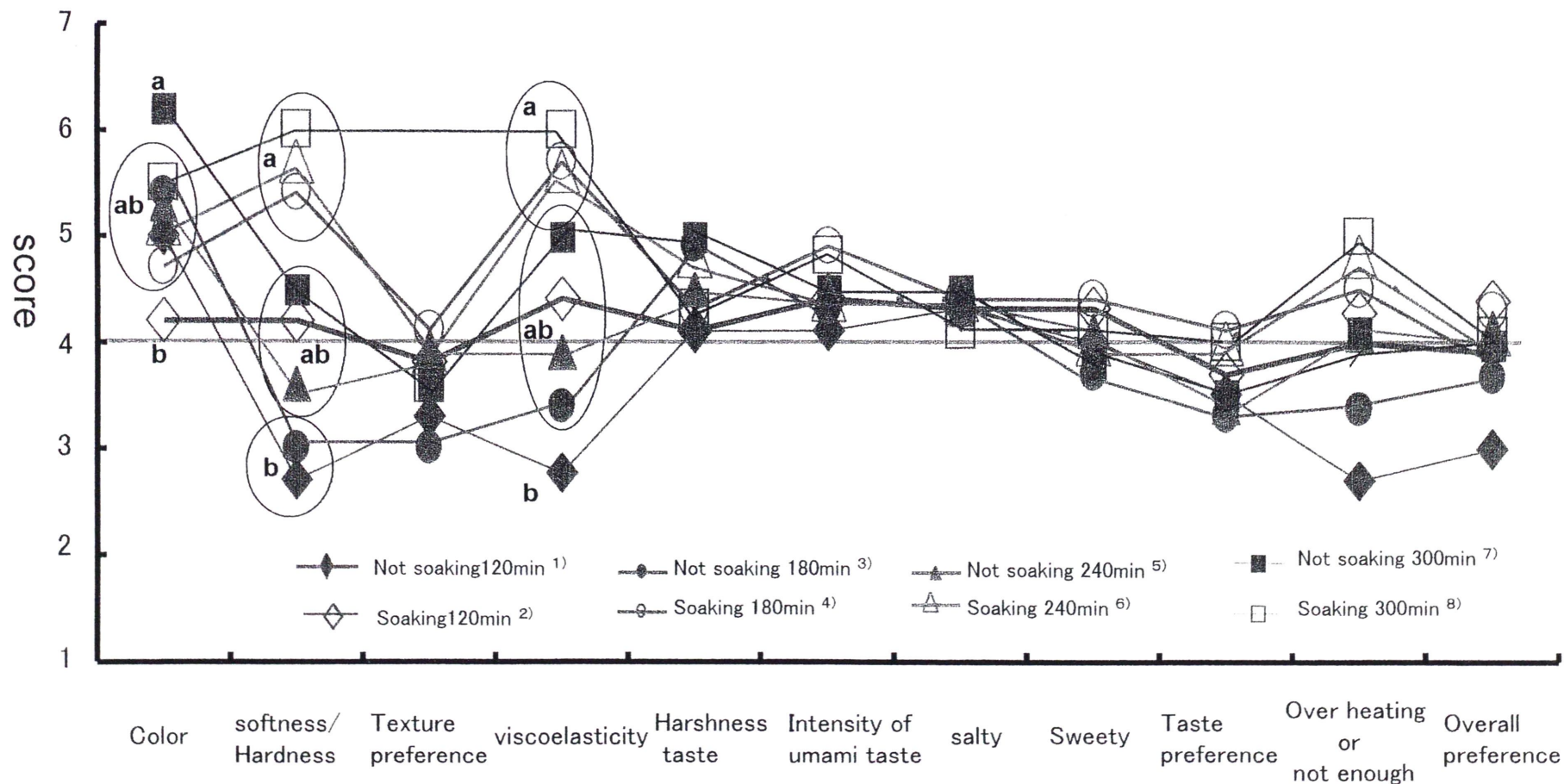


Fig. 21 Sensory evaluation of the cooked and seasoned soybeans by vacuum cooking

Scales used in the sensory evaluation; 1= extremely righth, 7= extremely dark in color; 1= extremely hard 7= extremely soft in tenderness/toughness; 1=not prefer, 7= prefer in texture preference and overall preference; 1=weak 7=strong in viscoelasticity, Harshness taste and intensity of umami taste; 1=not enough, 7=over heating in texture and flavor.

^{1), 2), 3), 4), 5), 7), 8)} Details are shown sample No. 27-30, 35-38 in Fig. 1 and Table 1

** Different letters in the same properties indicate significant difference by Kruskal-Wallis test ($p < 0.01$). n=10 panelists

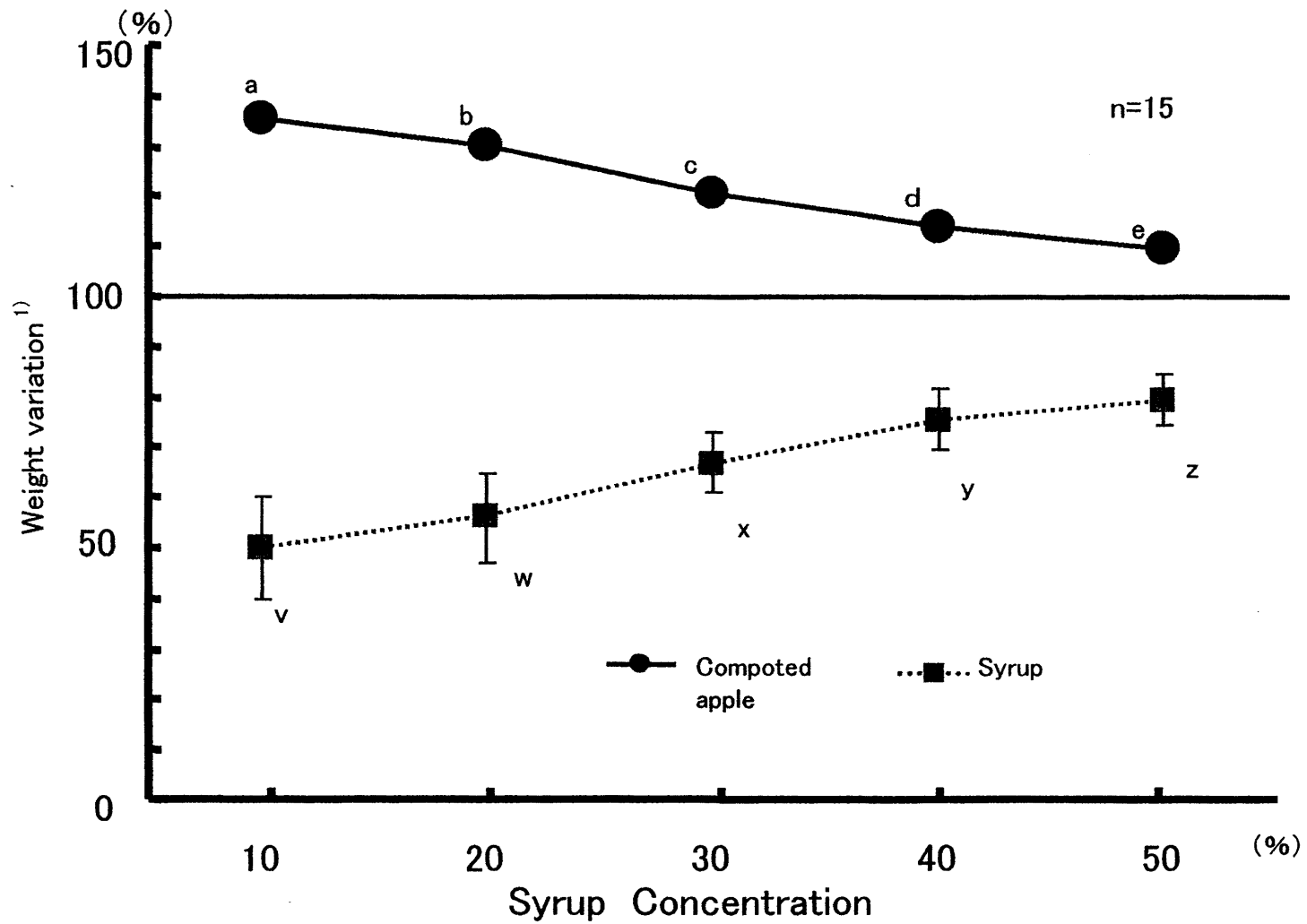


Fig. 22 Effect of syrup concentration on weight variation of compoted apple

1) Cooked weight / Fresh weight × 100

a,b,c,d,e Different letters in the same properties indicate significant difference by Tukey's HSD test (p < 0.01).

v,w,x,y,z Different letters in the same properties indicate significant difference by Tukey's HSD test (p < 0.01).

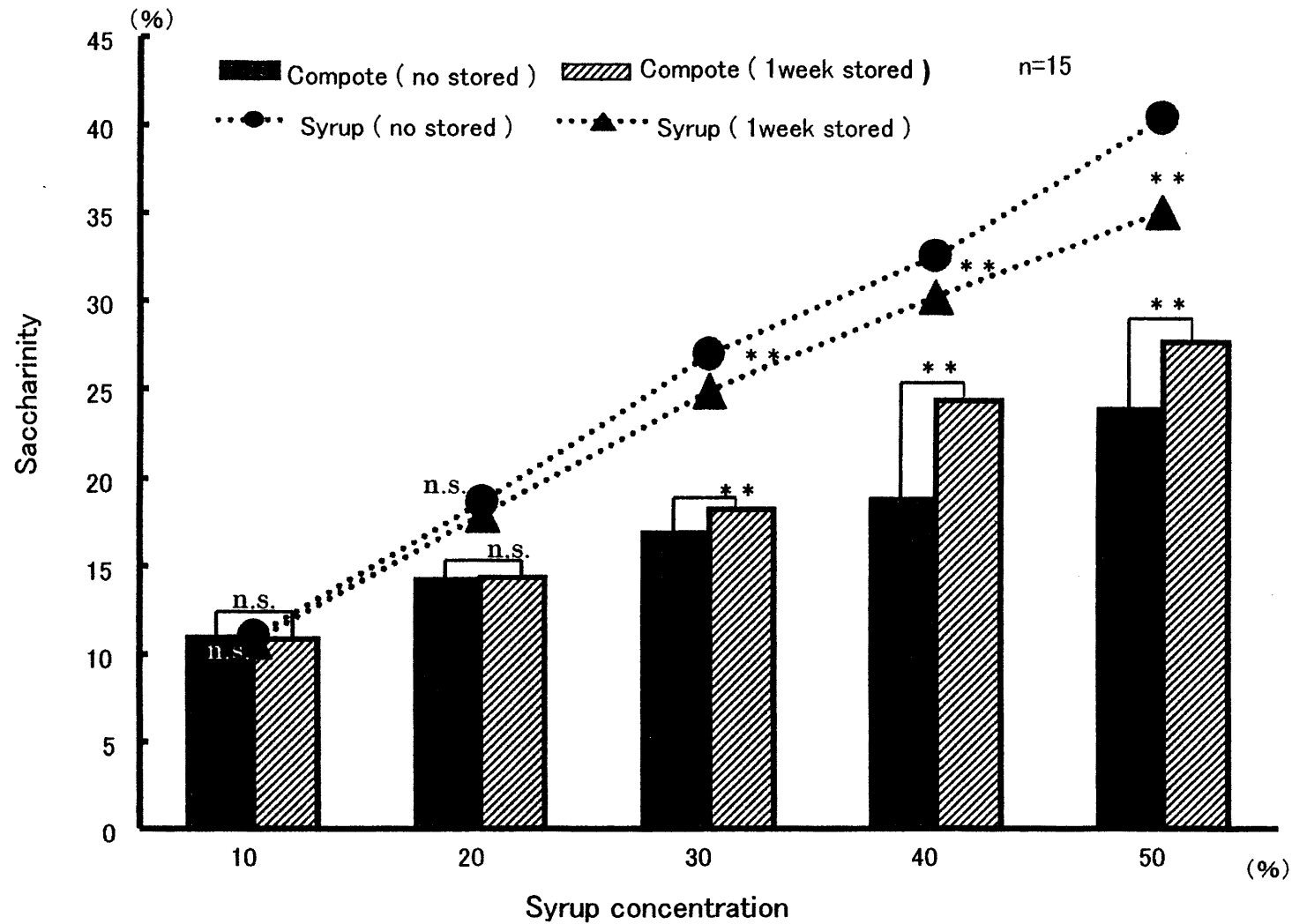


Fig. 23 Effect of syrup concentration and cold-storage on saccharinity of compoted apple

** Different letters in the same properties indicate significant difference by Tukey's HSD test ($p < 0.01$).

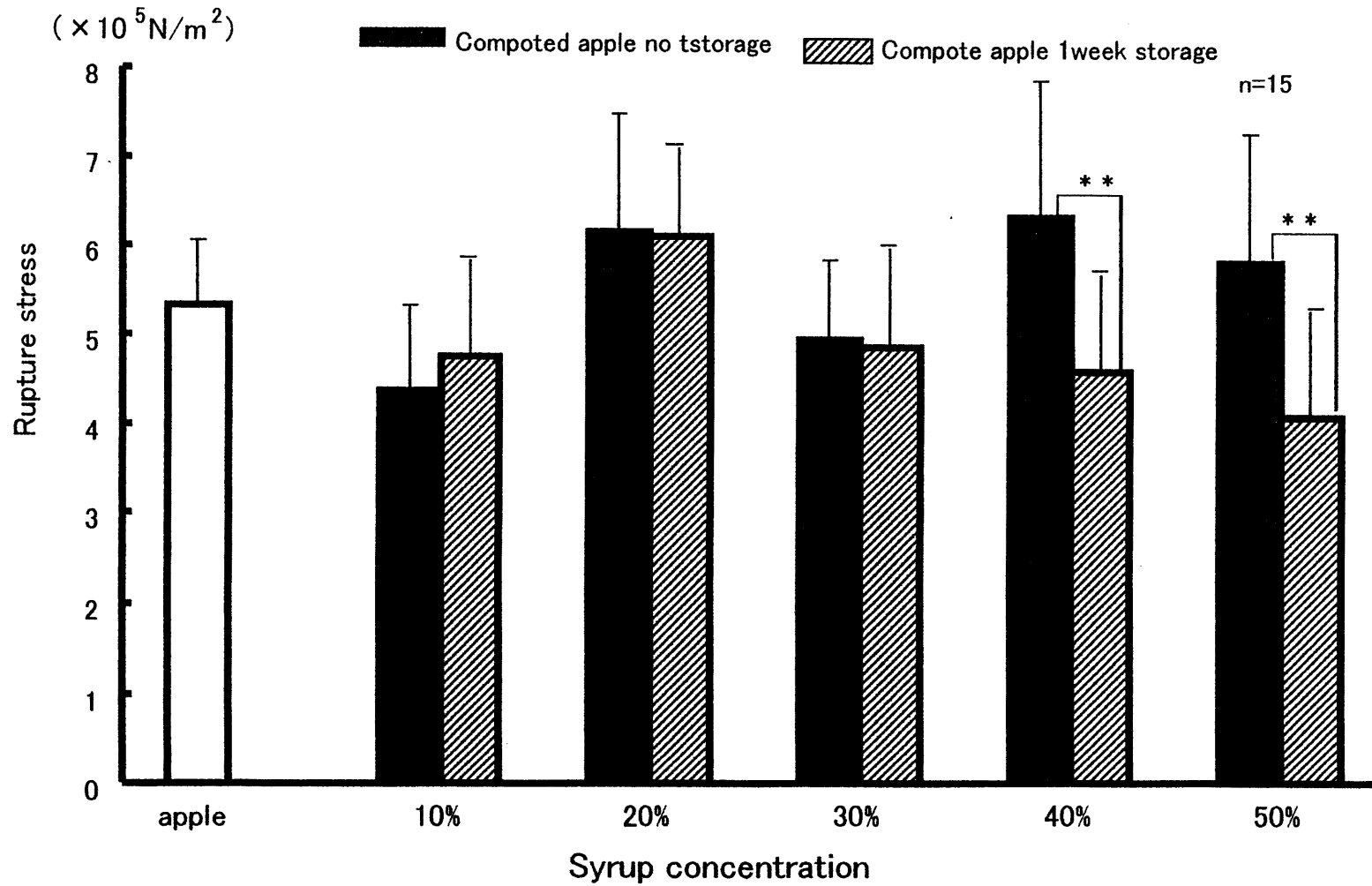


Fig. 24 Effect of syrup concentration and cold – storage on rupture stress of compoted apple

** Different letters in the same properties indicate significant difference by Tukey's HSD test ($p < 0.01$).

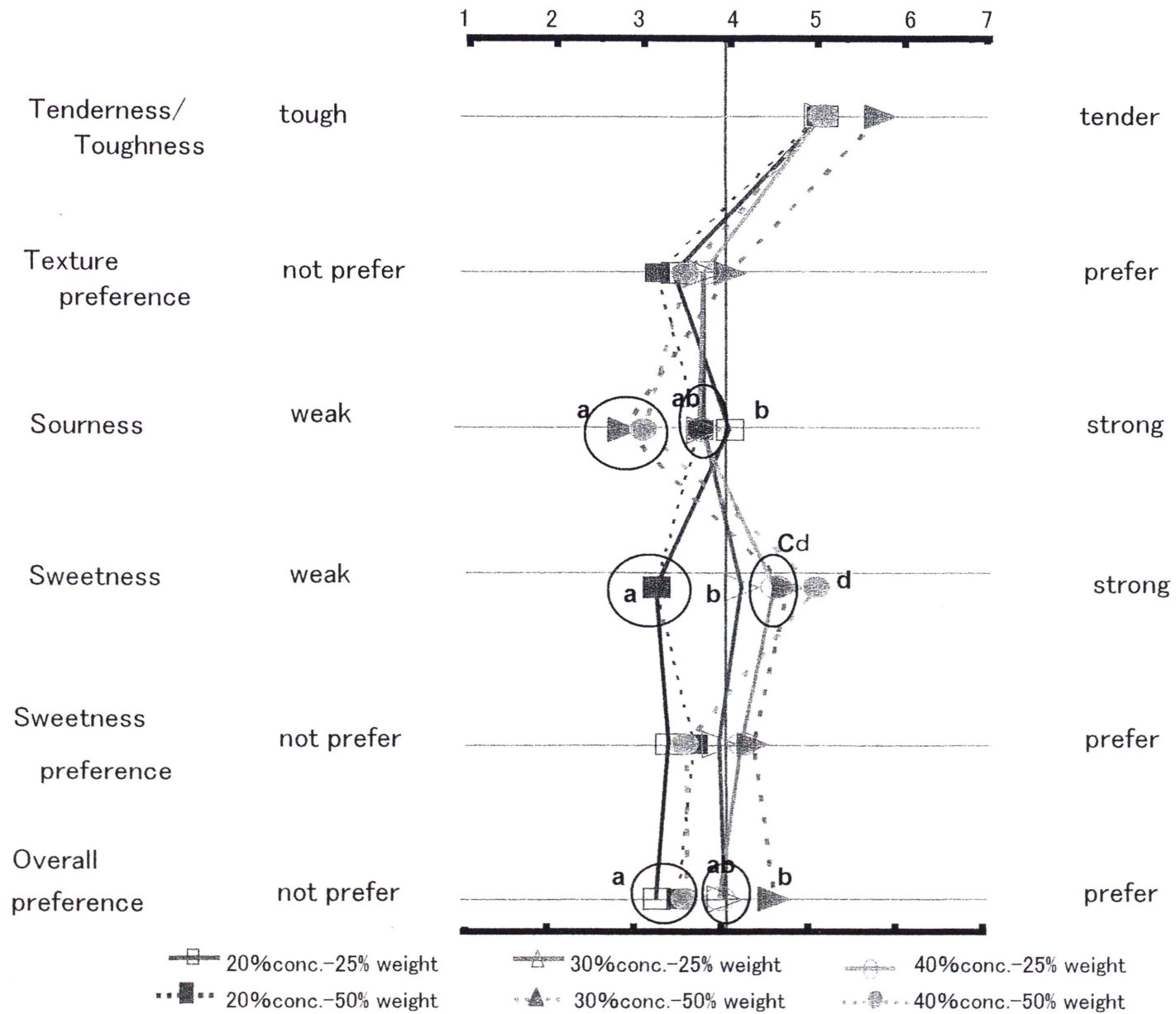


Fig. 25 Effect of syrup concentration on sensory evaluation of compoted apple (cooked 95°C)

^{a,b,c,d} Different letters in the same properties indicate significant difference by Kruskal-Wallis test ($p < 0.01$). $n=10$ panelists

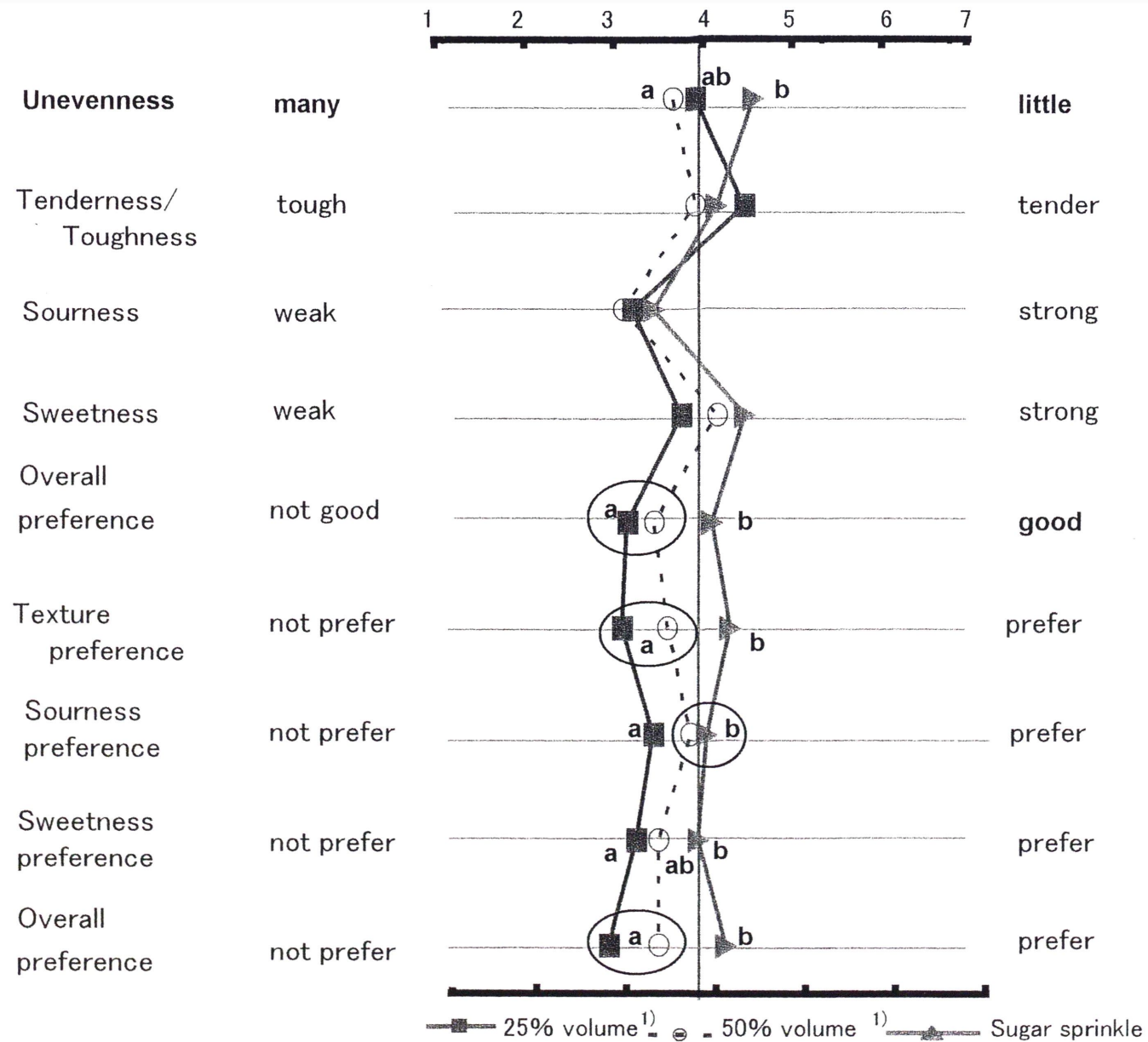


Fig. 26 Effect of syrup quantity on sensory evaluation of compoted apple

1) Syrup weight = Fresh apple weight × 25% (50%)

a,b,c Different letters in the same properties indicate significant difference by Kruskal–Wallis test (p < 0.01). n=10 panelists