

高圧加熱による豚の角煮の物性とその皮のタンパク質の動向

Comparison of the Physical Properties of "Kakuni of Pork" cooked by High Pressure and Normal Cooking Methods and Behavior of Skin Protein

塩田 教子* 松岡 麻男*
(Kyoko Shiota) (Asao Matsuoka)

"Kakuni of Pork", one kind of "Shippoku" cookings, is usually made up by boiling pork for several hours. In order to cook it faster, the high pressure cooking was examined.

The cooking period, judged by the sensory test, necessary to obtain the same softness of pork as that of the usual cooking was searched.

Physical properties, lipid contents and the difference of tissue structure of pork cooked to the same softness was examined. Also the behavior of skin protein during the both cookings was examined by SDS-polyacrylamide gradient gel electrophoresis, because this behavior seemed to relate to the softness of cooking materials.

Results obtained were as follows :

- 1) Two hundreds grams of pork with skin and one liter of water were put in a pressure cooker, heated for 40 min., left as they were for 10 min., and then after water was changed, again heated for 20 min. and left they were for 10 min. This cooked pork with skin showed the same softness as that cooked for 4 hours by the usual method by the sensory test. Also the values of these cooked porks obtained by the rheological measurements coincided well.
- 2) Pork cooked with high pressure cooker seemed to be mild in the case of mastication and less lipid content compared with those cooked under the normal condition.
- 3) The pork skin cooked under the high pressure was highly gelatinized, but little difference was observed between two proteins obtained by normal and high pressure cookings on the electrophoretical patterns of soluble collagen and soluble protein.
- 4) It seemed to be clear that the taste of "Kakuni of Pork" was affected by the dissolution of the skin tissue and the alteration in the structure of the connective tissue during the cooking process.

豚の角煮は、中国料理の東坡肉を和風化したもので、卓袱料理の代表的なものである。常法では、長時間かけて水煮してつくられている。煮物として皮なしの豚の角煮が、圧力鍋を使ってつくられている¹⁾が卓袱料理のものに比べてかなりかたいものである。本研究は、卓袱料理の豚の角煮について、高圧加熱による早煮法を検討し、

その加熱による物性、脂肪含量、組織の相違を調べた。また一般家庭でつくられる場合は、豚皮はかたいので、除去されているが、高圧加熱によれば、口あたりのよい軟らかいゼラチン化した皮が得られたので、そのタンパク質の変化と消化率を調べて利用価値を検討した。豚皮の高圧加熱以外の加熱による可溶化タンパク質について、ディスク-ポリアクリルアミドゲル電気泳動の報告²⁾が

* 活水女子短期大学

高圧加熱による豚の角煮の物性とその皮のタンパク質の動向

ある。著者らは、先に³⁾グラジエントゲルを使用した SDS-ポリアクリルアミドグラジエントゲル電気泳動により、豚皮の可溶性タンパク質の分離を試みた。

材料および方法

1. 材料および試料の調製

材料は、市販の皮付角煮用豚肉を除毛後、約 200g の塊に切り分けた。常法の水煮法は、径 18cm 厚さ 2mm のアルミ鍋に豚肉と水 1l を入れ、沸騰後は静かに沸騰を続けるよう弱火にして1時間30分加熱した。加熱時間が長い場合は水が蒸発するので、30分ごとに 200ml の熱湯を加えて蒸発分を補った。

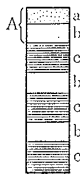


図 1. 試料の断面図

a : 皮, b : 脂, c : 肉
A : 皮付脂部

その後 15°C の水に 3 時間晒らし、再び水 1l を入れ 2 時間 30 分加熱し S1 とした。高圧加熱法は、圧力鍋 (理研 RS 2-35) に豚肉と水 1l を入れ、40 分間加熱 (0.8kg/cm², 116°C) し、10 分間蒸らしたものを S2 とした。さらに鍋の水を換え、20 分間加熱し 10 分間蒸らしたものを S3 とした。未加熱 (無処理) のものを S4 とした。試料の断面は、図 1 のように皮の下は脂と肉が交互に層をなしている。

2. 実験方法

1) 官能検査

短大女子学生 20 名をパネラーに選び、卓袱料理の豚の角煮のイメージを基準として行った。試料は検査にあたって、試料に対ししょうゆ 15%, 砂糖 20%, 酒 10%, みりん 10%, 水 10% で 10 分間加熱調味した。S1 と S2 は、やわらかさについて二点識別試験を行った。S1 と S3 については、皮付脂部 (図 1 の A) はやわらかさとあぶらっさを、肉部はやわらかさについて二点識別試験を行い、同時に食味の総合評価を二点嗜好試験により調べた。

2) カードメーターによる測定

皮付脂部については、カードメーター (飯尾電機, M-301 AR) を用い、スプリングバランス 200g, 感圧軸 5.6mmφ, 可動台板の上昇速度 0.36cm/sec, 試料厚さは皮 5mm 脂部 5mm 計 10mm, 試料温度 25~30°C において皮を上面にして硬さと破断力を測定した。

3) 針入度試験器による測定

肉部の針入度は、先報⁴⁾に準じて試料温度 25~30°C において測定した。

4) レオメーターによる測定

試料は、皮付脂部と肉部に分け、それぞれ 30×30×

10mm に切り整え、フドーレオメーター (NRM-2010 J-CW) を用い、皮付脂部は皮を上面にして荷重 1kg で、肉部は荷重 1~10kg における円盤プランジャー (直径 10mm) 圧縮試験を試料温度 25~30°C で行い、先報⁴⁾に準じて弾性率、強靱性および弾力性を求めた。

5) 加熱後の重量とガス消費量の測定

加熱直後の試料を濾紙で軽く押え余分な水分を除いた後重量を測定した。全加熱過程のガス消費量の測定は、西部ガス N3 号を使用した。

6) 脂肪定量

試料は生の脂部を正方形に 1g ずつ秤り、S1 は 200 ml の三角フラスコに蒸留水 100ml と共に入れ、冷却管を付けて沸騰湯浴中で 1 時間 30 分加熱し 3 時間水に晒らし、蒸留水を換え再び 2 時間 30 分加熱したものであり、S3 は圧力鍋内に 200ml のビーカーをおき、その中に蒸留水 100ml と共に入れ、ビーカーの周りにも水を入れて 40 分間加熱し 10 分間蒸らし、ビーカー中の蒸留水を換え再び 20 分間加熱し 10 分間蒸らしたものである。未加熱脂部を S4 とした。その後それぞれ乳鉢中ですりつぶし無水硫酸ナトリウム 2g を加えて十分すり混ぜ円筒濾紙に入れ、乳鉢および乳棒はエチルエーテルを含ませた脱脂綿 0.5g を 5 回に分けてぬぐい、この綿を円筒濾紙の栓としソックスレー抽出法で 16 時間抽出を行った⁵⁾。

7) SDS-ポリアクリルアミドグラジエントゲルによる電気泳動

① 泳動用試料の調製

前記の S1, S2, S3 および S4 の皮部を細片とし、それぞれ 5g に 30°C の水 10ml を加えてホモジナイザー (日本精機 DX) で 18,000rpm, 5 分間処理し、100ml 容の三角フラスコに 10ml の水で洗い込み、25°C で 43,000×g, 30 分間遠心分離をして、上澄を 30°C の恒温器中で東洋濾紙 101 を用いて濾過したものを泳動用試料とした。

② 電気泳動は、ファルマシア製のグラジエントゲル PAA 4/30 (上端が 4% PAA, 下端が 30% PAA でグラジエントになっているもの) を用い、スラブ電気泳動装置 (ファルマシア製) を使用して行った。先報³⁾で β-メルカプトエタノール不在でも同じ泳動結果を示したので、今回もそれに準じて行った。S1, S2, S3 の皮部から調製された泳動試料は、それぞれ 0.5g に試料バッファー (0.01 M トリス・HCl-0.001 MEDTA-1% SDS-pH 8.0) を 9.5ml 添加し、S4 の皮部の泳動試料は、2g に 2 倍濃度の同試料バッファーを 2ml 添加溶解し、Sykes ら⁶⁾の方法に準じて 37°C, 2 時間のインキュベーションを行った。その後の電気泳動操作は先報³⁾に準

じて行った。染色は、クーマーシーブリリアントブルー (R-250) に一晚振とうしながら拡散染色を行った。泳動パターンは、デンストメーター (東洋科学産業社 DMV-33C) を用い、波長 565nm の吸光度を測定した。

8) Hydroxyproline の定量

Hydroxyproline (Hypro と略す) の定量は、先報⁷⁾に準じて Woessner 第 1 法に従い、皮部の加熱による可溶性コラーゲン量の変化を調べた。試料は生の皮を 1g ずつ秤り、S1 は 200ml の三角フラスコに蒸留水 100ml と共に入れ、冷却管を付けて沸騰湯浴中で 4 時間加熱したものであり、S2 は圧力鍋内に 200ml のビーカーをおき、その中に蒸留水 100ml と共に入れ、ビーカーの周りにも水を入れて 40 分間加熱し 10 分間蒸らしたものである。S3 は S2 と同様に加熱した後、ビーカー中の蒸留水を換え再び 20 分間加熱し 10 分間蒸らしたものである。加熱直後、それぞれ加熱処理皮と加熱処理液に分け、S1, S2 と S3 の皮は細片とした。S4 の皮部 1g はみじんに細片し、乳鉢中で 20 回位乳棒ですった。これらの細片した皮をその後、前記の電気泳動用試料と同様に調製し、得られたそれぞれの液中の Hypro 量を求め、加熱処理皮に残存する可溶性コラーゲン量とした。一方加熱処理液は、それぞれ熱い中に濾過し、濾液の Hypro 量を求め、加熱皮部から溶出した可溶性コラーゲン量とした。

9) トリプシン消化率

S1, S3, S4 の皮部 0.5g をそれぞれ pH 8.2 のホウ酸塩バッファー 20ml と共に 18,000rpm 5 分間ホモジナイズし、同バッファー 30ml を用いて 100ml の三角フラスコに移し入れ、結晶トリプシン (シグマ T-8003) 5mg を溶解し 39°C の恒温水槽で 1 時間振とうしながら酵素を作用させた後、10ml の反応液をとり、30% トリクロール酢酸 2ml を加えて酵素を失活させ、43,000 × g, 10 分間遠心分離し、上澄の N 量をマイクロケルダール法で測定した。トリクロール酢酸可溶 N (a mg) と試料中 N (b mg) より $b/a \times 100$ で表わした⁸⁾。

表 1. 官能検査の結果

質問：どちらがやわらかいですか。

項 目	皮 付 脂 部		肉 部	
	S 1	S 2	S 1	S 2
やわらかさ	19***	1	18***	2

S1: 4 時間水煮, S2: 40 分間高圧加熱

*** 0.1% 危険率で有意差あり

二点識別試験

質問：どちらがやわらかい (あぶらっこい) ですか。

項 目	皮 付 脂 部			肉 部		
	S 1	S 3	同 じ	S 1	S 3	同 じ
やわらかさ	9	9	2	8	11	1
あぶらっこさ	11	8	1			

二点嗜好試験

質問：どちらが豚の角煮として好ましい味がしますか。

項 目	S 1	S 3	同 じ
好ましい味	5	14	1

S3: 1 時間高圧加熱

10) 組織観察

試料の皮部については、凍結切片をつくり Daddi のズダンⅢ染色⁹⁾を行い、肉部はパラフィン包埋してアザン染色⁷⁾を行い光学顕微鏡による観察を行った。

結果および考察

1. 高圧加熱の効果

先ず常法水煮と同じやわらかさの角煮を得るための高圧加熱時間を求めた。始めに高圧加熱 40 分間、蒸らし 10 分間行った S2 は、官能検査の結果表 1 に示すように角煮としてかたいという評価を得た。さらに 20 分間高圧加熱を延ばした S3 は、S1 とほぼ同じ評価を得た。嗜好試験では有意差はなかったが S3 は S1 より総合評価が高かった。その理由として、あぶらっこさが少ないことがあげられた。

表 2. 高圧加熱の効果

機 器	試 料 物性値	皮 付 脂 部			肉 部		
		S 1	S 2	S 3	S 1	S 2	S 3
カードメーター	硬 さ $\text{dyn/cm}^2 \times 10^4$	4.72	7.55	4.77			
	破断力 $\text{dyn/cm}^2 \times 10^5$	2.83	3.96	2.40			
針入度器	針 入 度 mm				74.8	32.6	68.3
レオメーター	弾性率 $\text{dyn/cm}^2 \times 10^5$	2.67	5.92	2.59	13.71	37.80	17.91
	強靱性 $\text{dyn/cm}^2 \times 10^5$	4.12	5.64	3.11	15.05	34.98	14.37
	弾力性 (R.U.)	0.86	0.36	0.83	1.03	0.92	0.95

高圧加熱による豚の角煮の物性とその皮のタンパク質の動向

表 3. 加熱による重量と脂肪の変化およびガス消費量

試料	S 1	S 3	S 4
加熱後の重量(%)	75.5	68.5	
脂肪層の脂肪抽出量(%)	52.2	44.4	66.5
ガス消費量 (l)	818.0	365.0	

S4: 無処理

機器測定による物性は、表 2 に示すように、皮付脂部では S2 がカードメーターの硬さ、破断力とも S1 に比べて高い値を示し、S3 は両者とも差はなかった。レオメーターの弾性率、強靱性、弾力性においては、S1 に比べて S2 は弾性率と強靱性が高く、弾力性は低い。しかし S3 では三項目ともあまり差がなかった。肉部では S1 に比べて S2 が針入度が低くレオメーターの弾性率と強靱性がともに高い値で、かたいことを示し弾力性は低かった。S3 は弾力率が少し高く強靱性が少し低く、物性がややかたいことを示し、針入度と弾力性が低かったことと併せて先報⁴⁾の分析から S3 はもろく、S1 はやわらかい物性を示していた。以上の結果から S3 の高圧加熱時間が適当と思われたので、総調理時間を検討すると、S1 の約 440 分に対して S3 は約 110 分要したので加熱時間を 1/4 に短縮できたことになる。

一般に圧力鍋で加熱すると縮むといわれているが、表 3 に示すように、加熱後の重量は S1 に比べて S3 が僅かに軽かった。また官能検査の総合評価の差の理由として、S1 に比べて S3 はあぶらっこさが少ないことが関係していたので脂肪含量を測定してみると S3 の方が確かに少なかった。ガス消費量は、S3 の場合約 55% 節約できた。

表 4. 皮の加熱による可溶性コラーゲン量の変化

Hypro mg/皮 1g	可溶性コラーゲン	
	残存量	溶出量
S 1	12.88	15.08
S 2	17.66	7.49
S 3	13.21	14.13
S 4	0.37*	

注 (材料豚皮の水分: 62.6%, T.N.: 62.8mg/g, Hypro: 430mg/g) 残存量: 加熱処理後の皮中の含有量, 溶出量: 皮の加熱処理による溶出量, * 無処理皮中の含有量

2. 高圧加熱による皮部のタンパク質の動向

1) 皮部の加熱による可溶性コラーゲン量の変化

一般に可溶性コラーゲンやその熱変性物であるゼラチンの測定は、その特有アミノ酸である Hypro を定量する方法が行われている。生皮のタンパク質は殆どコラーゲンからなり²⁾ その中で不溶性コラーゲンが大部分を占めている¹⁰⁾ ことが報告されているが、著者らも表 4 に示すように、確かに S4 中には可溶性コラーゲンは極少量しか含有していない。皮部は加熱することにより不溶性のコラーゲンが可溶化し、その一部が溶出してくる。S2 では皮に残存している割合は多いが S1 と比べて可溶化した全コラーゲン量は若干少なかった。S1 と S3 はほぼ同量で生皮のコラーゲンの約 64% が可溶化され、その中皮に残存するのが約 30% で加熱溶出したものが約 34% であった。

2) 加熱処理皮の可溶性タンパク質の電気泳動

皮部の可溶性タンパク質の電気泳動の方法は、SDS-ポリアクリルアミドグラジエントゲルで行い、その結果

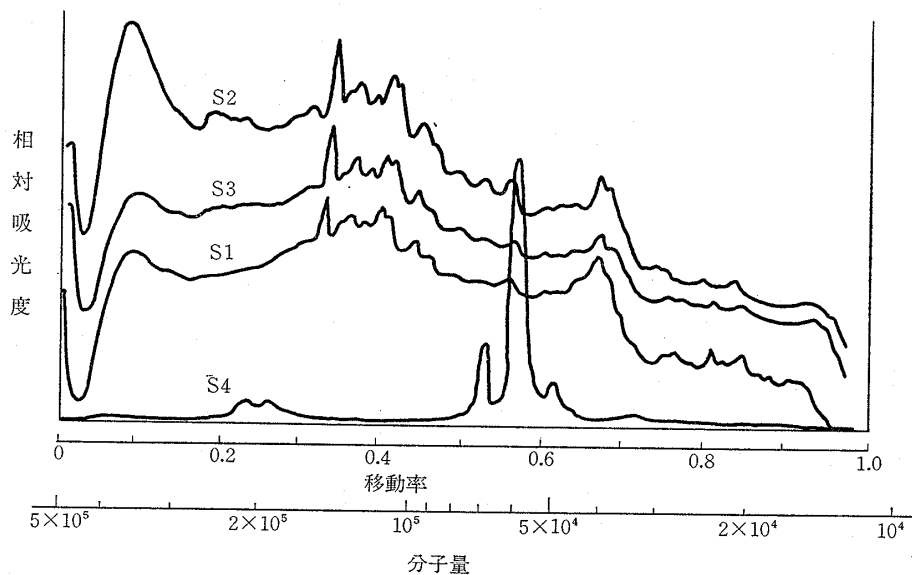


図 2. 加熱処理皮可溶性タンパク質の泳動パターン

表 5. 加熱した皮のトリプシン消化率

試料	S1	S3	S4
消化率%	65.22	69.30	16.00

を図2に示した。さらに分子量を求めるため、分子量測定用標準タンパク質を試料と同時に泳動し、移動率と分子量の関係を図2の下部に表示した。

生の皮S4の可溶性タンパク質は、大部分が分子量6万のもので占められていたが、20万、22万の高分子量のものも僅かながら含有していた。しかし先に述べたように生皮中の可溶性コラーゲンは極少量である。加熱処理後のS1, S2, S3の皮部は、分子量の異なる多くの種類の可溶性タンパク質を含んでいた。また、生の皮では僅かしか認められない高分子量の可溶性タンパク質が加熱処理皮には多量に存在することが確認された。これらの結果は、生の皮に多量に含まれる不溶性コラーゲンが加熱により可溶化し、さらに一部は部分的に加水分解され低分子化したことを示唆している。S1とS3の皮部の可溶性タンパク質の電気泳動パターンは、殆ど同じであったが、S2の皮部はこれらのものと異なり、分子量30~40万領域のタンパク質を多く含んでいた。

3) 加熱した皮部のトリプシン消化率

加熱による皮部の消化率は、表5に示すようにS1とS3はかなり消化されやすい。この結果高圧加熱によってやわらかい、口あたりの良い製品が得られれば、除去

することなく利用することが望ましいと思われた。

3. 組織と物性の関係

図3に示すように皮部の凍結切片では、無処理のものはコラーゲン線維がよくわかり、いかにもかたそうに見えるが、S1とS3では線維が殆どほどけて細分化し、さらに溶解しているのが観察された。これはコラーゲン線維がゼラチン化し、やわらかくなったことを示した。肉部は図4に示すように無処理肉は結締組織がアニリン青に好染しているが、S1とS3はそれが一部アゾカルミンの赤い顆粒に変化したのがみられ、これもコラーゲン線維がゼラチン化した状態と思われる。そしてS3の方は内筋周膜の間隙まで赤い顆粒が充満していた。これが物性で示されたもろさの原因と思われた。

要 約

卓袱料理の豚の角煮は、常法では長時間かけて水煮してつくられるので、高圧加熱による早煮法を検討した。まず官能検査でほぼ同じやわらかさの角煮を得るための高圧加熱時間を求め、その角煮について物性、脂肪含量および組織の相違を調べた。また一般家庭では豚皮はかたいので除去されるが、高圧加熱した場合の嗜好や軟化に関係するタンパク質の動向を電気泳動で調べ、消化率も求めて利用価値を検討した。

1) 40分間高圧加熱後、水を換えて再び20分間加熱した角煮(S3)は、常法の4時間水煮(S1)とほぼ同じや

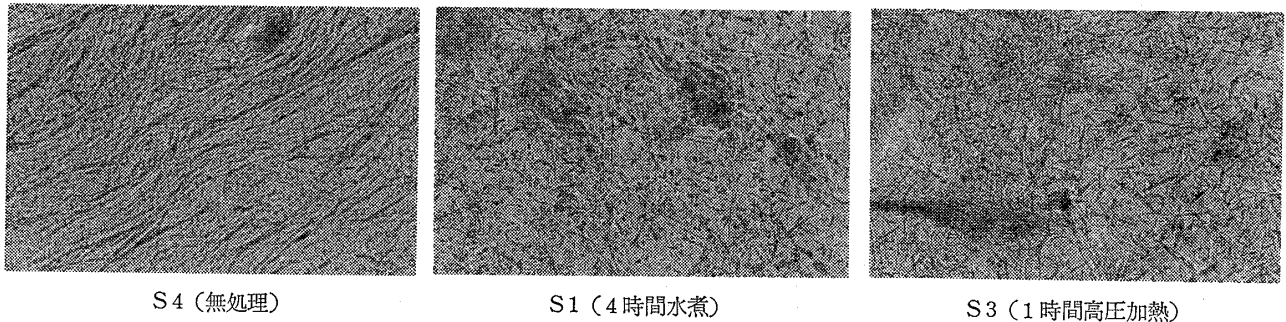


図 3. 角煮の皮の組織学的比較 (ズダンⅢ染色, ×50)

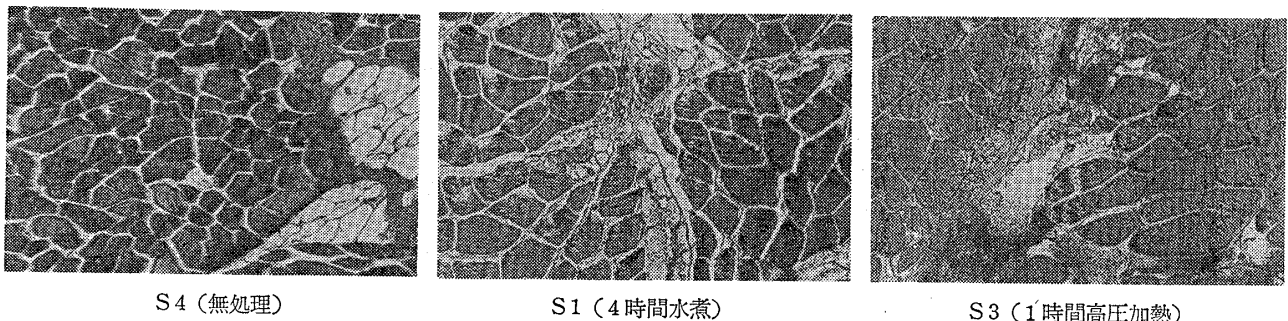


図 4. 角煮の肉の組織学的比較 (アザン染色, ×50)

高圧加熱による豚の角煮の物性とその皮のタンパク質の動向

わらかさの製品が得られた。機器による物性測定でも、ほぼ同じ性質をもつものであることを示した。

2) 高圧加熱されたS3は、S1に比べて重量と脂肪含量は僅かに低値を示した。またガス消費量と調理所要時間は、常法の45%と25%であった。

3) S3の皮部の可溶性コラーゲン量は、S1の皮部とほぼ同量であり、また両者の可溶性タンパク質の電気泳動パターンもほぼ同じであった。

4) 高圧加熱によると、豚皮は短時間にゼラチン化し、製品の口あたりをよくし、消化率も高く、利用価値が認められた。

5) 組織は、S3の皮部のコラーゲン線維がほぐれて細分化し、さらに一部溶解していた。これが物性を口あたりよりやわらかさに変えた。肉部では結締組織が顆粒化し内筋周膜の間隙にも顆粒が充満し、これがもろさの原因と思われた。

本研究は、昭和60年4月第32回日本家政学会九州支部総会において発表した。

文献

- 1) 理研編著：圧力鍋クッキングブック，静岡，20 (1984)
- 2) 杉田浩一・比護和子：昭和女子大学生生活科学紀要，第442号，111 (1976)
- 3) 松岡麻男・塩田教子：活水論文集，28，19(1985)
- 4) 塩田教子：調理科学，17，247 (1984)
- 5) 小原哲二郎他編集：食品分析ハンドブック，建帛社，130 (1975)
- 6) Sykes, B. C. and Bailey, A. J.: Biochem. Biophys. Res. Comm., 43, 340 (1971)
- 7) 吉松藤子・塩田教子・成田裕美：家政誌，27，467 (1976)
- 8) 京大農・食品工学教室編：食品工学実験書，上巻，養賢堂，520 (1970)
- 9) 慶大医・病理学教室編：病理組織標本の作り方，医学書院，156 (1971)
- 10) 杉田浩一・比護和子・柴田由美子・長谷川恵子：昭和女子大学生生活科学紀要，第514号，86 (1982)

(昭和60年9月18日受理)