

食肉の加熱調理後の脂質量へ及ぼすキウイフルーツ および生姜搾汁前処理の影響

杉山 寿美, 佐藤 健司*, 廣田 彩, 岩井 沙織,
大槻 耕三*, 石永 正隆**

(広島文教女子大学人間科学部, * 京都府立大学人間環境学部,

** 県立広島女子大学生活科学部)

原稿受付平成 17 年 3 月 14 日; 原稿受理平成 17 年 7 月 25 日

Effects of Pre-Treatments with Kiwifruit Juice and Ginger Juice on the Lipid Contents in Cooked Meat

Sumi SUGIYAMA, Kenji SATO,* Aya HIROTA, Saori IWAI,
Kozo OHTSUKI* and Masataka ISHINAGA**

*Department of Nutrition and Human Science, Hiroshima Bunkyo Women's University,
Hiroshima 731-0295*

** Department of Food Sciences and Nutritional Health, Kyoto Prefectural University,
Kyoto 606-8522*

*** Department of Health Science, Hiroshima Women's University, Hiroshima 734-0003*

We examined the effects on the lipid content of pre-treating pan-fried chicken and pork with kiwifruit juice and ginger juice. The pre-treatment with kiwifruit juice significantly decreased the triglyceride content, as evaluated by a fatty acid analysis, and the cholesterol content of pan-fried pork and chicken in comparison to the figures without the pre-treatment. The pre-treatment with ginger juice only decreased the cholesterol content of the pan-fried pork. The kiwifruit juice pre-treatment significantly decreased the weight of the pan-fried meat. These different effects between the two juices could be explained by the difference in pH value between kiwifruit juice (pH 3.2) and ginger juice (pH 6.0) due to the higher susceptibility of collagen molecules to protease digestion in an acidic pH range. The results indicate that tenderizing meat by pre-treating with kiwifruit juice affected not only the texture of the cooked meat, but also its lipid content.

(Received March 14, 2005; Accepted in revised form July 25, 2005)

Keywords: pork 豚肉, chicken 鶏肉, kiwifruit juice キウイフルーツ搾汁, ginger juice 生姜搾汁, fatty acid content 脂肪酸量, cholesterol content コレステロール量.

1. 緒 言

キウイフルーツや生姜の食肉軟化効果は広く知られており, 家庭や給食施設における実際の調理過程でこれらは搾汁やみじん切りなどの形で食肉の軟化を期待して利用されている. 食肉は, 筋肉組織, 結合組織, 脂肪組織の3つの組織から構成されているが, 結合組織中のコラーゲンは食肉の硬さを決定する最も大きな要因であり, また, 結合組織には脂肪組織が存在している^{1)~3)}. キウイフルーツや生姜に含まれるシステイ

ンプロテアーゼの酵素特性および構造は明らかとなっており^{4)~8)}, さらに, キウイフルーツ搾汁および生姜搾汁のコラーゲンに対する作用は, コラーゲン分子の三重らせん部位に対するコラーゲナーゼ作用ではなく, その両端の三重らせんを形成していないテロペプチド部位への酸性条件下におけるプロテアーゼ作用であることも *in vitro* の実験で示されている⁹⁾¹⁰⁾.

これらのことから, 本研究では, キウイフルーツ搾汁, 生姜搾汁による食肉の前処理によって, 食肉の軟

化がおこるのみでなく、加熱調理過程において食肉中脂質の溶出が促進されているのではないかと推測し、これら搾汁での前処理が加熱調理後の食肉の脂肪量、コレステロール量に及ぼす影響について検討した。

2. 方 法

(1) 試 料

市販の薄切り豚ロース肉、鶏もも肉を試料とした。豚肉は、重量および厚さの補正は行わず、そのまま試料として用いた。1枚の重量は 23.6 ± 4.8 g、厚さは約1 mmであった。鶏肉は、通常調理で用いられる4 cm×3 cm×8 mm程度の大きさに切り分け、1個の重量は 21.3 ± 0.7 gであった。

キウイフルーツ、生姜は、皮を剥離した後、おろし金ですりおろし、さらしを用いてキウイフルーツ搾汁、生姜搾汁を調製し、直ちに後述の食肉の前処理に用いた。また、これら搾汁のプロテアーゼ活性の確認は、キウイフルーツ搾汁、生姜搾汁に含まれるプロテアーゼの至適pHがいずれも中性域であることから⁶⁾⁷⁾、1%カゼイン/0.1 Mリン酸緩衝液(pH 6.0)に対して行った⁵⁾¹¹⁾。キウイフルーツ搾汁、生姜搾汁を同量の1 mMジチオスレイトール溶液と混合し、その一部(100 μ lあるいは200 μ l)を1%カゼイン溶液1 mlに加えて攪拌、50℃で反応させた。5%トリクロロ酢酸溶液1.5 mlを加えて反応を停止、30分静置後、遠心分離(3,000 rpm, 10分)を行った。これを濾過し、上清の280 nmの吸収を測定した。得られた搾汁のpHは、キウイフルーツ搾汁が3.2、生姜搾汁が6.0であり、また、Fig. 1に示したようにその活性は生姜搾汁でわずかに強かったが、搾汁調製後、搾汁中プロテアーゼは直ちに自己分解をおこし搾汁調製時の活性を維持できないこと⁵⁾⁷⁾、また、本研究は実際の調理過程で利用した場合の影響の把握を目的としていることから、以下の実験では得られた搾汁の希釈による活性調整や透析によるpH調整は行わず、得られた搾汁をそのまま用いた。

(2) 食肉に対するキウイフルーツ搾汁、生姜搾汁での前処理と加熱調理

食肉重量の10%あるいは30%に相当するキウイフルーツ搾汁、生姜搾汁を食肉全体にまわしかけた。もみ込むなどの物理的処理は行わず、そのまま8℃に一晚保存した。その後、食肉表面に付着しているキウイフルーツ搾汁、生姜搾汁をさらしを用いて拭き取った。拭き取った後の食肉表面のpHは、食肉重量の10%、

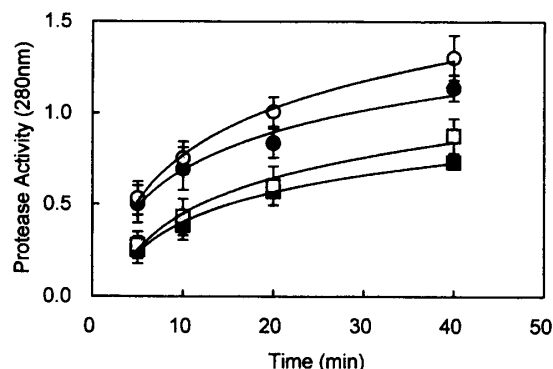


Fig. 1. Hydrolysis of casein by kiwifruit juice and ginger juice

Protease activity was assayed with 1% casein in a 0.1 M phosphate buffer at pH 6.0. To 1 ml of the casein solution was added 100 μ l of kiwifruit juice (●), 50 μ l of kiwifruit juice (■), 100 μ l of ginger juice (○) or 50 μ l of ginger juice (□), and the mixture was incubated at 50℃ for 5, 10, 20 or 40 min. The reaction was terminated by adding trichloroacetic acid to the mixture.

30%に相当するキウイフルーツ搾汁を添加した場合に豚肉で4.8 (10%添加)、4.5 (30%添加)、鶏肉で5.4 (10%添加)、5.1 (30%添加)であり、これら搾汁を添加していない豚肉の5.6、鶏肉の6.2よりも低かった。なお、生姜搾汁を添加した豚肉、鶏肉のpHは搾汁を添加していないものと同じだった。

加熱調理は、食肉重量の5%に相当するサラダ油(日清製油製：菜種油と大豆油の混合油)をフライパンに入れ、フライパンを190℃に熱して行った(ハロゲンヒーター：東芝クッキングヒーター BHP-H 36 C, 700 W)。加熱時間は、豚肉は90秒間(表45秒間、裏45秒間)、鶏肉は5分間(表3分間、裏2分間)とした。

実験は、異なる購入日の豚肉、鶏肉を用いて3回繰り返し、1回の実験における試料枚数は、食肉重量の10%、30%に相当するキウイフルーツ搾汁あるいは生姜搾汁で前処理し加熱調理したもの、未加熱の生肉、いずれの搾汁でも前処理を行わずに加熱調理したもの(コントロール)をそれぞれ3~4枚、計18~24枚とした。なお、食肉試料は1枚ごとに、調理前後の重量を測定、脂質抽出および分析に供した。

(3) 脂質の抽出と脂肪酸量の定量

脂質の抽出はホモジナイザーで均質化した試料からBligh & Dyer法によって行った¹²⁾。0.001%ブチルヒドロキシトルエンを含むクロロホルム・メタノール混液(1:2)を抽出に用いた。抽出した脂質は1.8%塩

食肉の加熱調理後の脂質量へ及ぼすキウイフルーツおよび生姜搾汁前処理の影響

化ナトリウム溶液で洗浄した後、クロロホルムに溶解して、分析まで -80°C で保存した。脂質中の脂肪酸量の測定は、既報と同様にガスクロマトグラフィーによって行った¹³⁾。抽出脂質の一部に、内部標準物質としてトリペンタデカノイン (Sigma) を加え、5%塩酸メタノール (東京化成) を用いてメチル化を行った。脂肪酸メチルエステルはガスクロマトグラフィー (GC-2010, 島津) で分析した。カラムはキャピラリーカラム DB-WAX (60 m $\times$ ϕ 0.253 mm, J&W Scientific, Folsom, CA, USA), 温度設定は 170°C から 230°C (昇温速度 $7^{\circ}\text{C}/\text{min}$) とした。トリグリセリド量として算出された脂肪酸量は調理前重量 100 g 当りに換算した。

(4) コレステロール量の定量

既報と同様に、抽出脂質の一部に内部標準物質として 5α -コレスタン (Sigma) を加えた後、25.3%水酸化カリウム/エタノール溶液によって 60°C で1.5時間ケン化を行った¹⁴⁾。冷却後、ヘキサンで不ケン化物を抽出し、ガスクロマトグラフィー (GC-17A, 島津) によって分析を行った。キャピラリーカラム XTI-5 (30 m $\times$ ϕ 0.25 mm Restek, Bellefonte, PA, USA) を用い、温度設定は 330°C 恒温とした。内部標準物質である 5α -コレスタンとコレステロール標準物質 (Sigma) から作成した検量線より求めたコレステロール量は、調理前重量 100 g 当りに換算した。

(5) 官能検査

脂質量を測定した試料と同様に調製した試料について、識別試験 (硬さ, 多汁性), 嗜好試験 (テクスチャー, 味, 総合評価) を5点評点法を用いて行った。なお, 調味は, 加熱途中で食肉重量の6%に相当する濃口醤油, 2%に相当する砂糖を加えて行った。パネルは官能検査の経験のある管理栄養士課程の女子大学生 25 名とした。

(6) 統計処理

キウイフルーツ搾汁, 生姜搾汁の添加による調理後の脂肪酸量, コレステロール量, 脂肪酸組成に対する影響についての統計処理はこれら搾汁を添加していないコントロールとの間の t 検定によって, 官能検査結果の試料間の統計処理は二元配置の分散分析および Tukey-Kramer の多重比較によって, Microsoft ExcelTM2000 (Microsoft Co.), StatViewTM5.0 (SAS Institute Inc.) を用いて行った。なお, 調理による脂肪酸組成の変化について検定は, 用いたサラダ油と食肉で割合が大きく異なるパルミチン酸およびリノール

酸について行った。

3. 結 果

(1) 脂肪酸量 (脂肪量) への影響

加熱調理後の豚肉と鶏肉の脂肪酸量を Fig. 2 に, 脂肪酸組成を Table 1 に示した。キウイフルーツ搾汁, 生姜搾汁で前処理を行っていないコントロールは通常の加熱調理に相当するものである。コントロールと加熱調理前の生肉の脂肪酸量を比較すると有意に増加しており (豚肉, 鶏肉: $p<0.05$), また, サラダ油の主要構成脂肪酸であるリノール酸の割合が高く (豚肉, 鶏肉: $p<0.01$), 豚肉および鶏肉脂質の主要構成脂肪酸であるパルミチン酸の割合が低くなっていた (豚肉: $p<0.05$, 鶏肉: $p<0.01$)。調理による食肉の脂肪量の変動要因は, 食肉からの溶出と調理に用いた油脂からの付着であることから, この脂肪酸量の増加は食肉に含まれる脂肪の溶出量よりも調理に用いたサラダ油の付着量が多いためと考えられる。

キウイフルーツ搾汁を添加した場合の加熱調理後の脂肪酸量をコントロールと比較すると, 搾汁添加量が多いほど減少率は高くなり, 豚肉では 10% 添加時にコントロールの 66.2% ($p<0.01$), 30% 添加時に 50.2% ($p<0.01$) と著しい減少を示した。また, 鶏肉の場合もコントロールより減少していたが, その減少率は豚肉の場合よりも小さいものだった。すなわち, キウイフルーツ搾汁での前処理によって調理過程による脂肪酸の減少が促進され, その程度は調理前の脂肪酸量が多い豚肉の方が脂肪酸量の少ない鶏肉よりも大きいものだった。加えて, キウイフルーツ搾汁で前処理を行った豚肉, 鶏肉の脂肪酸組成は, コントロールよりもリノール酸の割合が高く (豚肉: $p<0.05$, 鶏肉: $p<0.01$), パルミチン酸の割合が低くなっていた (豚肉, 鶏肉: $p<0.01$)。このことは, 前処理により加熱調理過程での食肉中脂肪の溶出が多くなることを示している。一方, 生姜搾汁で前処理を行った場合の脂肪酸量はコントロールよりもわずかに少なかったが有意な差は認められず, 脂肪酸組成にもコントロールとの間に有意な差は認められなかった。

(2) コレステロール量への影響

加熱調理後の豚肉と鶏肉のコレステロール量を Fig. 3 に示した。本研究で用いたサラダ油からはコレステロールは検出されず, 加熱調理過程におけるコレステロール量の変動は豚肉および鶏肉に含まれるコレステロールの変動であるといえる。コントロールと加熱調

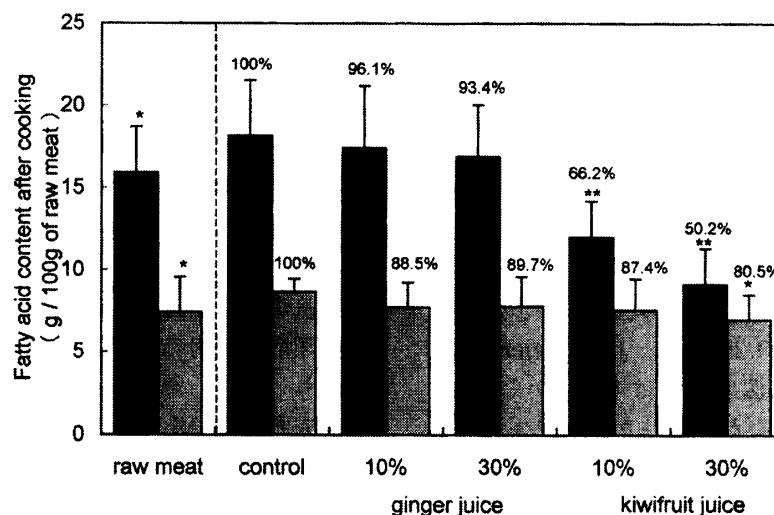


Fig. 2. Effect of pre-treating before cooking on the fatty acid content of the meat (g/100 g of raw meat)

Raw pork (■) or chicken (▨) was immersed overnight at 10°C in kiwifruit juice or ginger juice at 10% or 30% of the meat weight. The fatty acid content was calculated on the basis of that in raw meat. Columns and bars represent the mean $\pm$ standard deviation of ten determinations. The retention percentage was calculated on the basis of the control value. The difference in fatty acid content between the control and each sample was evaluated by Student's *t*-test. Superscript letters indicate the level of significance (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$).

理前の生肉に含まれるコレステロール量に有意な差は認められず、食肉に含まれるコレステロールが加熱調理過程で溶出しないことが確認された。

一方、キウイフルーツ搾汁を添加した場合の加熱調理後のコレステロール量は、コントロールと比較して、豚肉では10%添加時に80.2% ($p < 0.01$), 30%添加時に70.0% ($p < 0.01$)に減少し、食肉中コレステロールが溶出していることが認められた。また、鶏肉の場合はコントロールとの間で有意な差が認められたものの、その減少はわずかなものだった。

生姜搾汁を10%あるいは30%添加した場合をコントロールと比較すると、豚肉のコレステロール量はコントロールの89.4% ($p < 0.01$), 89.8% ($p < 0.01$)に減少していたが、減少率はキウイフルーツ搾汁を添加した場合よりも低いものだった。

(3) 重量変化

Table 2に加熱調理による食肉の重量変化を示した。加熱調理によって食肉重量は減少し、コントロールと生姜搾汁を添加した場合の重量は豚肉、鶏肉ともに加熱前の約75%となり、両者の間に差は認められなかった。調理過程における重量減少の主要因は水分と脂肪

の溶出によるものであるが、Fig. 2に示したように、コントロールおよび生姜搾汁を添加した場合は調理加熱前後の脂肪酸量に有意な差が認められないことから、これらの重量減少の主要因は水分減少であると推察された。一方、キウイフルーツ搾汁を添加した場合には豚肉、鶏肉ともに重量は約65%に減少し、コントロールよりも約10%減少率が高く、有意な差が認められた(豚肉、鶏肉： $p < 0.01$)。

(4) 官能検査

Fig. 4に豚肉、鶏肉のそれぞれの試料に対する官能検査の結果を示した。識別試験では食肉重量の30%に相当するキウイフルーツ搾汁を添加した場合に、豚肉、鶏肉ともに硬さで有意な差が認められ、「やわらかい」と判断された($p < 0.05$)。また、鶏肉ではキウイフルーツ搾汁を添加した場合に、有意な差は認められなかったものの多汁性が低いと判断される傾向にあった。嗜好試験の結果では、食肉重量の10%あるいは30%に相当するキウイフルーツ搾汁、30%に相当する生姜搾汁を添加した場合のテクスチャー、味、総合評価の評点の平均が「やや好き」と「どちらでもない」の中間にあり、有意な差は認められなかったものの、

食肉の加熱調理後の脂質量へ及ぼすキウイフルーツおよび生姜搾汁前処理の影響

Table 1. Fatty acid composition of cooked meat (%)

		Control	Pre-immersed				Raw meat	Cooking oil
			10% ginger juice	30% ginger juice	10% kiwifruit juice	30% kiwifruit juice		
Pork	14 : 0	0.5±0.4	0.8±0.0	0.8±0.0	0.8±0.0	0.8±0.0	0.8±0.0	—
	16 : 0	21.0±0.4	21.1±1.3 ^{n.s.}	20.5±0.5 ^{n.s.}	19.8±0.1 ^{**}	19.8±0.7 ^{**}	21.8±0.5 [*]	8.6±0.1
	16 : 1	0.9±0.0	1.0±0.1	1.0±0.0	1.0±0.0	1.0±0.1	1.0±0.1	0.1±0.0
	18 : 0	14.5±0.0	14.7±0.1	15.1±0.5	14.4±0.5	14.0±0.2	16.2±0.1	3.3±0.1
	18 : 1	49.7±0.8	49.2±0.9	49.5±0.3	49.9±0.6	50.2±0.4	49.7±0.7	42.0±0.1
	18 : 2	11.6±0.7	11.5±0.4 ^{n.s.}	11.5±1.0 ^{n.s.}	12.3±0.4 [*]	12.3±0.4 [*]	9.5±0.4 ^{**}	40.1±0.3
	18 : 3	0.9±0.0	0.7±0.0	0.6±0.1	0.8±0.1	0.9±0.1	0.0±0.0	5.3±0.0
	20 : 1	0.7±0.0	0.7±0.0	0.7±0.0	0.7±0.0	0.7±0.0	0.8±0.1	0.6±0.1
	20 : 4	0.2±0.2	0.3±0.0	0.3±0.0	0.3±0.0	0.3±0.1	0.2±0.2	—
Chicken	14 : 0	0.8±0.2	0.8±0.2	0.8±0.3	0.6±0.1	0.5±0.1	0.7±0.1	—
	16 : 0	18.4±1.3	16.1±2.1 [*]	16.1±1.3 [*]	15.4±0.7 ^{**}	12.0±1.8 ^{**}	20.6±1.0 ^{**}	8.6±0.1
	16 : 1	5.2±1.5	3.9±1.3	3.8±0.8	4.2±0.9	2.6±1.1	6.4±0.8	0.1±0.0
	18 : 0	5.0±0.2	4.9±0.3	4.8±0.2	4.3±0.4	4.1±0.4	5.2±0.5	3.3±0.1
	18 : 1	45.4±2.1	46.8±1.4	47.5±0.7	47.3±0.7	47.3±1.1	45.8±2.1	42.0±0.1
	18 : 2	22.1±1.4	23.6±1.9 ^{n.s.}	23.6±1.9 ^{n.s.}	25.0±1.0 ^{**}	28.8±1.8 ^{**}	19.3±0.8 ^{**}	40.1±0.3
	18 : 3	1.7±0.6	2.2±0.7	2.0±0.4	2.0±0.3	3.4±0.9	0.8±0.1	5.3±0.0
	20 : 1	0.4±0.1	0.3±0.1	0.4±0.0	0.4±0.0	0.5±0.1	0.2±0.0	0.6±0.1
	20 : 4	1.0±0.4	1.4±0.3	1.0±0.2	0.8±0.2	0.8±0.1	1.0±0.4	—

Each piece (about 20 g in weight) of raw meat was pre-immersed in kiwifruit juice or ginger juice at 10% or 30% of meat weight at 8°C overnight. Each value is the mean±standard deviation of four determinations. The difference in 16 : 0 or 18 : 2 between control and each sample was evaluated by Student's *t*-test. Superscript letters indicate the level of significance (**p*<0.05, ***p*<0.01, ^{n.s.}not significantly different *p*>0.05).

コントロールおよび食肉重量の10%に相当する生姜搾汁を添加した場合の「やや好き」よりも低い傾向にあった。

4. 考 察

(1) 脂肪酸量（脂肪量）への影響

本研究では、内部標準物質としてトリペンタデカノインを用いて脂肪酸量の測定を行い、脂肪酸量をトリグリセリド量として算出した。この方法は乾燥重量法による粗脂肪量の測定よりも精度が高く、また、食肉中脂質のほとんどはトリグリセリドで構成され、リン脂質は2~3%である¹⁵⁾。従って、本研究で得られた脂肪酸量はほぼ脂肪由来とみなしてよいと考えられ、本論文中では脂肪量として考察する。

前述のように、キウイフルーツ搾汁での前処理が調理加熱過程における脂肪の溶出を促進することが示され、脂肪組織が存在している結合組織に対してキウイフルーツ搾汁中のプロテアーゼが作用したと考えられ

た。その一方で、生姜搾汁を添加した場合には有意な脂肪の溶出は認められなかった。我々は前報で、コラーゲン分子がpH依存性の構造変化を示すことに着目し、コラーゲン分子に対するキウイフルーツ搾汁、生姜搾汁の影響について、様々なpH条件下で*in vitro*の実験を行った¹⁰⁾。その結果、コラーゲン分子が緩い構造となる酸性条件下ではキウイフルーツ搾汁と生姜搾汁はいずれもコラーゲン分子のテロペプチド部位に対して強いプロテアーゼ作用を示す一方で、密な構造となる中性条件下ではほとんど作用できないことを明らかにした。また、Fig. 1に示したようにカゼインに対するプロテアーゼ活性は、生姜搾汁がキウイフルーツ搾汁よりもわずかに強い。これらのことから、生姜搾汁を添加した場合よりもキウイフルーツ搾汁を添加した場合で脂肪溶出量が多かった要因は、キウイフルーツ搾汁の添加により食肉表面のpHが低下し、pH依存性の構造変化を示すコラーゲンで構成される結合組織が搾汁中プロテアーゼの作用を受けやすくなったこ

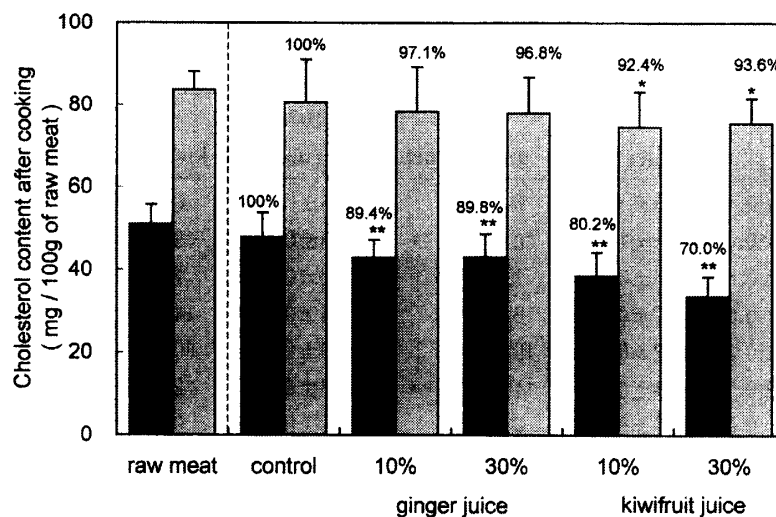


Fig. 3. Effect of pre-treating before cooking on the cholesterol content of the meat (mg/100 g of raw meat)

Raw pork (■) or chicken (▨) was immersed overnight at 10°C in kiwifruit juice or ginger juice at 10% or 30% of the meat weight. The cholesterol content was calculated on the basis of that in raw meat. Columns and bars represent the mean $\pm$ standard deviation of ten determinations. The retention percentage was calculated on the basis of the control value. The difference in fatty acid content between the control and each sample was evaluated by Student's *t*-test. Superscript letters indicate the level of significance (* p < 0.05, ** p < 0.01).

Table 2. Retention of weight of meat after cooking (%)

	Control	Pre-immersed			
		10% ginger juice	30% ginger juice	10% kiwifruit juice	30% kiwifruit juice
Pork	74.6 $\pm$ 3.1	74.2 $\pm$ 3.5 ^{n.s.}	76.5 $\pm$ 3.7 ^{n.s.}	66.6 $\pm$ 5.9**	64.0 $\pm$ 6.4**
Chicken	74.1 $\pm$ 6.9	74.7 $\pm$ 3.0 ^{n.s.}	75.7 $\pm$ 3.4 ^{n.s.}	68.3 $\pm$ 4.0**	62.2 $\pm$ 4.4**

Each piece (about 20 g in weight) of raw meat was pre-immersed in kiwifruit juice or ginger juice at 10% or 30% of meat weight at 10°C overnight. Retention percentages were calculated on the basis of raw meat. Each value is the mean $\pm$ standard deviation of ten determinations. The difference in the change in weight between control and each sample was evaluated by Student's *t*-test. Superscript letters indicate the level of significance (** p < 0.01, ^{n.s.} not significantly different p > 0.05).

とが要因であると考えられた。

なお、酸性条件下での湿式加熱によってコラーゲンのゼラチン化（可溶化）が促進されることから¹⁶⁾、キウイフルーツ搾汁が付着した状態での加熱によってコラーゲンの可溶化が促進され、脂肪溶出量が大きくなることも考えられる。しかしながら、本研究は前処理後に搾汁を拭きとって乾式加熱を行っており、加えて、本研究の予備実験で、加熱処理によって酵素活性を失

活させたキウイフルーツ搾汁を添加した場合の溶出量に有意な差が認められないことも確認している。従って、キウイフルーツ搾汁を添加した場合に認められる脂肪量減少は、加熱調理時のキウイフルーツ搾汁のpHの直接的な影響ではなく、加熱前の酸性条件下でのキウイフルーツ搾汁中プロテアーゼによるコラーゲンのテロペプチド部位に対する作用に伴うものであると考えられた。

食肉の加熱調理後の脂質量へ及ぼすキウイフルーツおよび生姜搾汁前処理の影響

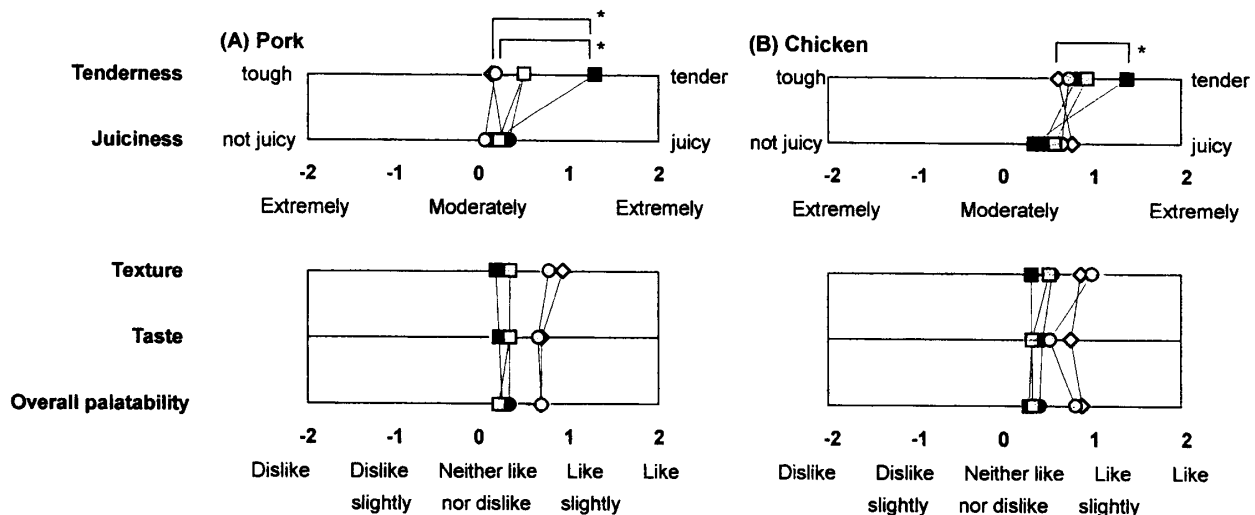


Fig. 4. Sensory evaluation of meat pre-treated with kiwifruit juice and ginger juice

Control (◇), 10% kiwifruit juice (●), 30% kiwifruit juice (■), 10% ginger juice (○), and 30% ginger juice (□). Raw pork or chicken was immersed overnight at 10°C in kiwifruit juice or ginger juice at 10% or 30% of the meat weight, before the pre-treated meat was pan-fried at 180°C. Data are based on a scoring method evaluated by 25 panelists. The upper chart shows the intensity of palatability, and the lower chart shows the preference. Superscript letters indicate the level of significance (* $p < 0.05$).

(2) コレステロール量への影響

これまでに、食肉に含まれるコレステロールは加熱調理過程でサラダ油や食肉に含まれる脂肪に溶解して溶出するものの、その溶出量はわずかであることが示されている^{[4], [17], [18]}。本研究においても Fig. 3 に示したように、食肉中のコレステロール量はコントロールでは減少せず、また、キウイフルーツ搾汁での前処理は豚肉に含まれるコレステロール量を減少させたものの、その減少率は前述の脂肪減少率 (Fig. 2) よりも小さいものだった。これは脂肪組織に局在する脂肪とは異なり、細胞膜の構成成分であるコレステロールは脂肪組織と筋肉組織に同様に存在するためと考えられる。

一方、筋肉組織に対するキウイフルーツ搾汁、生姜搾汁の作用は多く報告されており、いずれも筋原繊維に対して高い活性をもつことが示されている^{[19]~[21]}。従って、キウイフルーツ搾汁、生姜搾汁で前処理を行った場合のコレステロール量の減少は、搾汁中プロテアーゼが結合組織のみでなく、筋肉組織にも作用した結果と考えられる。特に、生姜搾汁で前処理を行った場合は、前述のように脂肪量の減少が少ないことから結合組織に対するプロテアーゼ作用は低いと考えられ、生姜搾汁の前処理で認められたコレステロールの溶出は結合組織よりも筋肉組織へ対するプロテアーゼ作用の結果であると推察された。なお、キウイフルーツ搾汁での前処理は食肉表面の pH が低下することから、筋

肉内プロテアーゼが筋肉組織を分解することによってコレステロールの溶出がより促されたことも考えられる^[10]。

(3) 重量変化と官能検査

キウイフルーツ搾汁での前処理によって加熱調理過程での重量減少が促進され、食肉重量の 30% に相当するキウイフルーツ搾汁を添加した場合、コントロールとの差は豚肉で 10.6%、鶏肉で 11.9% であった (Table 2)。一方、この場合の食肉 100 g 当たりの脂肪減少量のコントロールとの差は、豚肉で 9.0 g、鶏肉で 1.7 g であった (Fig. 2)。すなわち、キウイフルーツ搾汁前処理による重量減少と脂肪減少の促進の程度は、豚肉ではほぼ同程度であるが鶏肉では大きく異なっていた。このことから、キウイフルーツ搾汁で前処理した場合、重量減少率促進の主要因は、高脂肪含量の豚肉では脂肪の溶出であり、低脂肪含量の鶏肉では水分の溶出であると推察され、このことは官能検査によりキウイフルーツ搾汁で前処理を行った鶏肉の多汁性が低いと判断される傾向にあったことと一致していた。

また、官能検査の結果において、食肉重量の 10% あるいは 30% に相当するキウイフルーツ搾汁、30% に相当する生姜搾汁を添加した場合は、豚肉、鶏肉ともに嗜好評価が低い傾向にあった。30% に相当するキウイフルーツ搾汁を添加した場合は、コントロールよりも有意に「やわらかい」と識別されており、これは

キウイフルーツ搾汁によって結合組織および筋肉組織が分解された結果であると考えられるが、生姜搾汁を添加した場合は前述のように結合組織に対するプロテアーゼ作用が低いと考えられ、嗜好評価には筋肉組織分解によるテクスチャーの変化が大きく影響した可能性が考えられる。これは、フライパン焼きが食肉の筋肉組織分解の程度をテクスチャーの差としてはっきりと認識できる調理方法であったことも影響しているだろう。

本研究の結果、食肉の軟化を目的として用いられる植物搾汁での前処理はテクスチャーのみでなく、脂質量、水分量などの食品成分量に影響を及ぼすことが明らかとなり、結合組織および脂肪組織を多く含む食肉に対して、食肉の軟化と脂肪量減少を同時に達成する植物搾汁での前処理を適応することは有益であると考えられた。今後、嗜好評価に及ぼすテクスチャーの影響が小さく、食肉に含まれる脂肪を適度に溶出し軟らかく仕上げるのが望ましいと推察される東坡肉や牛すじ煮込み等を対象として、プロテアーゼを含む植物搾汁を利用した最適な調理条件について、搾汁処理時間や調味料による pH の制御、加熱方法などをさらに検討する必要がある。

5. 要 約

キウイフルーツ搾汁、生姜搾汁による食肉の前処理が加熱調理後の脂肪酸量、コレステロール量へ及ぼす影響について、豚ロース肉、鶏もも肉を試料として実験を行った。加熱調理後の豚肉、鶏肉の脂肪酸量（脂肪酸量）およびコレステロール量はキウイフルーツ搾汁の前処理によって有意に減少した。一方、生姜搾汁での前処理は、加熱調理後の豚肉のコレステロール量を減少させた。キウイフルーツ搾汁での前処理は、調理後の食肉の重量減少を促進した。キウイフルーツ搾汁と生姜搾汁で認められたこの差は、酸性条件下ではコラーゲン分子がプロテアーゼ作用を受けやすい構造となることから、キウイフルーツ搾汁（pH 3.2）と生姜搾汁（pH 6.0）の pH の差によるものと考えられ、酸性条件下での結合組織に対するプロテアーゼ作用によって、結合組織に蓄積している脂質の溶出が増加したといえる。すなわち、キウイフルーツ搾汁の前処理による食肉の軟化は、調理後の食肉のテクスチャーのみでなく、脂質量にも影響を及ぼすことが示された。

本研究は、文部省科学研究費補助金・若手研究

(B) 13780099 によって行ったものである。

引 用 文 献

- 1) 沖谷明紘：『肉の科学』，朝倉書店，東京，59-87 (1996)
- 2) Miller, J. E.: Chemistry of the Collagen and Their Distribution, in *Extracellular Matrix Biochemistry* (ed. by Piez, A. K., and Reddi, H. A.), Elsevier Applied Science, New York, 41-81 (1984)
- 3) Cross, H. R., Carpmeter, Z. L., and Smith, G. C.: Effects of Intramuscular Collagen Elastin on Bovine Muscle Tenderness, *J Food Sci.*, **38**, 998 (1973)
- 4) Praekelt, U. M., Mckee, R. A., and Smith, H.: Molecular Analysis of Actinidin, the Cysteine Proteinase of *Actinidia chinensis*, *Plant Mol. Biol.*, **10**, 193-202 (1988)
- 5) Sugiyama, S., Ohtsuki, K., Sato, K., and Kawabata, M.: Purification and Characterization of Six Kiwifruit Proteases Isolated with Two Ion-Exchange Resins, *Biosci. Biotech. Biochem.*, **60**, 1994-2000 (1996)
- 6) Sugiyama, S., Ohtsuki, K., Sato, K., and Kawabata, M.: Enzymatic Properties, Substrate Specificities and pH-Activity Profiles of Two Kiwifruit Proteases, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **43**, 581-589 (1997)
- 7) 市川芳江，佐々初世，道喜美代：ショウガたん白分解酵素の分離精製，栄養と食糧，**26**，377-383 (1973)
- 8) Ohtsuki, K., Taguchi, K., Sato, K., and Kawabata, M.: Purification of Ginger Proteases by DEAE-Sepharose and Isoelectric Focusing, *Biochim. Biophys. Acta*, **1243**, 181-184 (1995)
- 9) Ohyama, H., Enomoto, T., and Mitsunaga, S.: Variety of Kiwifruit Protease and Their Collagenolytic Activity, *Nihon Eiyo Shokuryo*, **50**, 57-62 (1997)
- 10) Sugiyama, S., Hirota, A., Okada, C., Yorita, T., Sato, K., and Ohtsuki, K.: Effect of Kiwifruit Juice on Beef Collagen, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **51**, 27-33 (2005)
- 11) Anson, M. L.: The Estimation of Pepsin, Trypsin, Papain, and Cathepsin with Hemoglobin, *J. Gen. Physiol.*, **22**, 79-89 (1938)
- 12) Bligh, E. G., and Dyer, W. J.: A Rapid Method of Total Lipid Extraction and Purification, *Can. J. Biochem. Physiol.*, **37**, 911-917 (1959)
- 13) 杉山寿美，石永正隆：調理による豚肉の脂肪酸量と脂肪酸組成の変化，家政誌，**50**，1119-1126 (1999)
- 14) 杉山寿美，徳山留美，泊野有紀子，石永正隆：豚肉に含まれる脂肪酸量と調理方法のコレステロール量の変化に対する影響，家政誌，**51**，387-394 (2000)
- 15) Small, D. M., Oriva, C., and Tercyak, M. A.: Chemistry in the Kitchen. Making Ground Meat More Healthful, *N. Engl. J. Med.*, **324**, 73-77 (1991)
- 16) 杉田浩一，白井邦郎，和田敬三，川村 亮：食品中コラーゲンの加熱による変化，食工誌，**24**，37-41 (1977)
- 17) Synder, M. P., Story, M., and Trenkner, L. L.: Reducing

食肉の加熱調理後の脂質量へ及ぼすキウイフルーツおよび生姜搾汁前処理の影響

- Fat and Sodium in School Lunch Programs: The LUNCHPOWER! Intervention Study, *J. Am. Diet. Assoc.*, **92**, 1087-1091 (1992)
- 18) Love, J. A., and Prusa, K. J.: Nutrient Composition and Sensory Attributes of Cooked Ground Beef: Effect of Fat Content, Cooking Method, and Water Rinsing, *J. Am. Diet. Assoc.*, **92**, 1367-1371 (1992)
- 19) 西山一朗：精製アクチニジンによる筋原繊維タンパク質分解作用の pH 依存性, 家政誌, **52**, 1083-1089 (2001)
- 20) 妻鹿絢子, 三橋富子, 藤木澄子, 荒川信彦：生姜プロテアーゼの筋原繊維蛋白質に及ぼす影響, 家政誌, **34**, 79-82 (1983)
- 21) Lee, Y. B., Sehnert, D. J., and Ashmore, C. R.: Tenderization of Meat with Ginger Rhizome Protease, *J. Food Sci.*, **51**, 1558-1559 (1986)