

すりゴマのテクスチャーおよび物性に及ぼす 磨砕時間の影響

武田 珠美, 登口満知子*, 福田 靖子**,
畑 江 敬子*, 島田 淳子***

(聖カタリナ女子短期大学, *お茶の水女子大学生生活科学部,
** 静岡大学教育学部, *** 昭和女子大学大学院)

原稿受付平成 12 年 5 月 1 日; 原稿受理平成 12 年 11 月 4 日

Effect of Grinding Time on the Texture and Physical Properties of Sesame Seeds

Tamami TAKEDA, Machiko NOBORIKUCHI,* Yasuko FUKUDA,**
Keiko HATAE* and Atsuko SHIMADA***

St. Catherine Women's Junior College, Hojo, Ehime 799-2496

** Faculty of Life Science, Ochanomizu University, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8610*

*** Faculty of Education, Shizuoka University, Shizuoka 422-8017*

**** Graduate School, Showa University, Setagaya-ku, Tokyo 154-0004*

The effect of grinding time on the texture and physical properties of sesame seeds was studied. Sesame seeds were roasted at 200°C for 10 min in an electric oven and automatically ground in an mortar equipped with a wooden pestle revolving 40 times per minute for 5, 10, 15, 20, 30 and 50 min.

The ground sesame seeds were defatted and separated with six sieves differing in opening (26-850 μm). As the grinding time was prolonged, the weight of finer fractions with a particle size less than 53 μm increased. The amount of oil exuded from the ground seeds was determined by absorbing on paper, reaching 12.3% in the first 5 min of grinding and increasing to 22.9% after continuous grinding for 50 min.

The roasted sesame seeds formed an oily, soft and smooth paste after grinding, and its stickiness increased as the grinding time was increased up to 30 min as judged by a sensory test. However, there was no difference in the total preference.

The changes in scores evaluated by the sensory test for the ground sesame seeds generally corresponded with the change in the amount of exuded oil for the oiliness, MMD measured with a friction tester for the graininess, and texturometer readings for the hardness and degree of adhesiveness.

(Received May 1, 2000; Accepted in revised form November 4, 2000)

Keywords: sesame seed ゴマ種子, grinding する, texture テクスチャー, physical properties 物性, grinding time 磨砕時間.

1. 緒 言

ゴマ種子は、脂質含量が高く油脂原料として用いられるのみならず、炒ることにより特徴ある香りを生じることから、食品としても利用されている。また、近年にはゴマに特有のリグナン類が種々の生体調節機能を有することが明らかになり¹⁾、注目されている。調理には炒りゴマを粒状のままだけではなく、すったり、

ペースト状にして利用され、それらの市販品が年々増加している。著者等は世界のゴマ種子の調理法について調査研究し、日本には個々の料理に合わせて、ほどよく炒ったゴマを自由自在なすり加減で使う、独自の文化があることを明らかにした²⁾³⁾。

ゴマを炒ることにより機能特性が変化することに関して、福田等は抗酸化性⁴⁾⁵⁾および活性酸素消去作

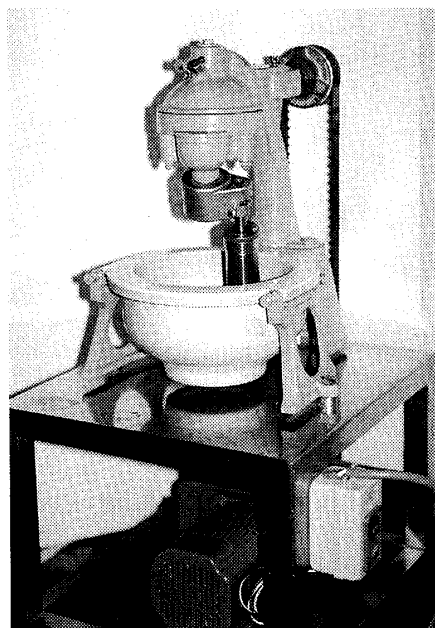


Fig. 1. Electric machine used for grinding the sesame seeds

用⁶⁾の向上を報告した。ゴマの嗜好特性については竹井等がゴマ香の成分解明^{7)~9)}を行い、著者等は炒ることによる呈味成分¹⁰⁾やテクスチャーの変化¹¹⁾を検討し、調理の種類と適する炒り条件との関係を明らかにした。しかしながら、炒ったゴマをすり鉢とすりこぎによって磨砕する際の変化および各調理に適する磨砕条件については、日本のゴマの食文化の特徴をなす部分であるにもかかわらず、全く研究されていない。炒りゴマを軽く磨砕したものはふりかけや、まぶす調理にそのまま用いる。さらに磨砕してあえものやたれにだしと調味料でのばして用い、ペースト状に磨砕してゴマ豆腐やドレッシングとして用いるなど、実際の調理では目的に応じて、いろいろな磨砕状態のすりゴマが経験的に使われている。

本研究では、炒りゴマを磨砕することによって物性がどのように変化し、それがテクスチャーにどのように影響するかを明らかにするため、モデル化したすり鉢とすりこぎを用いて磨砕時間の異なるすりゴマを調製し、各種の物性測定を試み、官能評価との関連を調べた。

2. 実験方法

(1) すりゴマ試料の調製

1996年中国産の洗い白ゴマ（かどや製油）を用い、前報¹⁰⁾の結果に基づき、200℃で10分間焙煎した。焙煎後室温に放冷し、攪拌擂潰機（第16号石川工場）

を改良したゴマすり機（Fig. 1）で磨砕した。すなわち、すり目の入った陶磁器製の乳鉢に炒りゴマ20gを入れ、直径3.8cmの木製すり棒により40回転/分で5、10、15、20、30および50分間磨砕し、6種類のすりゴマ試料を調製した。各試料は0.5gを円形状に塗布して写真撮影した。

(2) 粒度分布

ふるい分け法により、粒度分布を測定した。各すりゴマ試料をソックスレー脂質抽出器によりヘキサンで10時間脱脂した。それぞれの脱脂したすりゴマ試料約6gを用い、6種類のふるい（目開き：26、53、105、210、425および850 μ m）を重ねた揺動式ふるい振とう器（RV-2 小林理化工機）により、350rpmで40分間振動させた。各ふるいに残った脱脂したすりゴマ試料の重量の全重量に対する百分率（%）を求めた。

(3) バルク密度

各すりゴマ試料を、小シャーレ（17mm ϕ ×13mm）にすり切り充填し、重量を測定した。単位体積あたりの重量を求め、バルク密度（g/cm³）とした。

(4) 表面付着油量

各すりゴマ試料約0.5gをパルプ紙（天ぶら敷き紙 T-7A サンナップ）に塗布し、別のパルプ紙をかぶせ、さらに上下にろ紙各5枚を重ねた。クリープメータ（RE-3305 山電）により、ロードセル20kgおよびプランジャー50mm ϕ を用い、15kgの荷重を1分間かけて、パルプ紙およびろ紙に吸着した油の重量を測定し、すりゴマの重量に対する割合（%）を、表面付着油量とした。

(5) 色

各すりゴマ試料を円形の石英セルに充填し、測色色差計（1000 DP 日本電色工業）を用いて反射光によりL値、a値およびb値を測定した。5分間磨砕のすりゴマ試料をコントロールとして各すりゴマ試料の色差を算出した。

(6) 摩擦係数の平均偏差（MMD）

摩擦感テスター（KES-SE カトーテック）を用いた。すりゴマ試料1gを蒸留水10mlで希釈し、液体用試料台に入れた。摩擦静荷重25gとなるローラーセンサーを使用し、試料上を1mm/sで30mm移動させた。その中央部20mmの測定曲線から、摩擦係数の平均偏差（MMD）¹²⁾を求めた。

(7) 降伏値および流動特性

コーンプレート型粘度計（RE 550 U 東機産業）を

すりゴマのテクスチャーおよび物性に及ぼす磨砕時間の影響

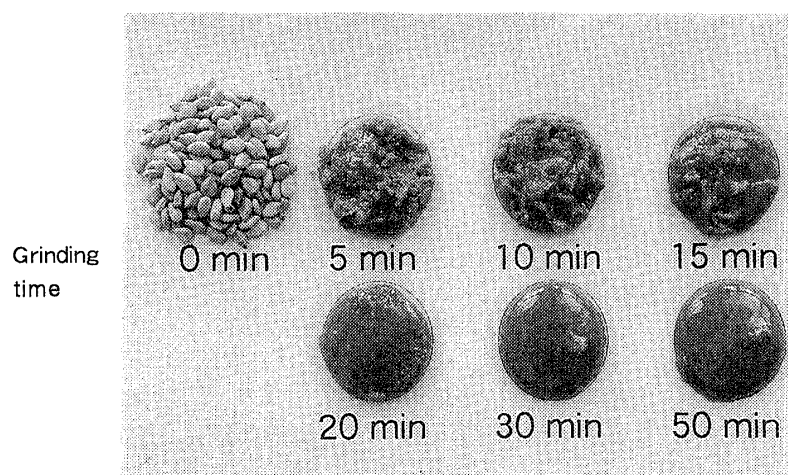


Fig. 2. Visual change in the sesame seeds during grinding

用い、ばね緩和法¹³⁾により降伏値を測定した。前処理として0.1 rpmで120 s 負荷をかけ、20 s 放置後ロールアップを10~50%として測定を行った。ローターは3°コーン（半径14 mm）を使用し、温度を25℃に制御した。

すり速度・応力の測定には、コーンプレート型粘度計（RE 550 H 東機産業）を用いた。ローターは3°コーン（半径14 mm）を使用し、回転数および測定時間を0.1 rpm 120 s、0.2 rpm 60 s、0.4 rpm 40 s、0.8 rpm 30 s および1.0 rpm 20 s とし、履歴流動曲線を求めた。温度を25℃に制御した。データ処理は、粘度計測・データ処理プログラム（TOP 2 B, 東機産業）によった。

(8) 硬さ、付着性および付着度

テクスチュロメーター（GTX-2 全研）により測定した。すりゴマ試料を平皿上でワッシャーを用いて円柱形（直径10 mm、高さ2.5 mm）に成型し、50 mmφプランジャーで、クリアランス0.1 mmとして圧縮し、硬さおよび付着性を測定した。また付着性を硬さで除したパラメーターを付着度とした。

(9) 官能検査

5, 15, 30 および50 分間磨砕した4種のすりゴマ試料を用い、順位法による官能検査を行った。まず、100 ml 三角フラスコに試料1 gを入れてパラフィルムで覆い、外観によるあぶらっさを評価させた。また、すりゴマ試料をワッシャーを用いて円柱形（直径10 mm、高さ2.5 mm）に成型しラップをのせ、人差し指で押しつぶして硬さを評価させた。以上の成型および検査は、すべて20℃ RH 65%の恒温恒湿室において行った。

さらに試料約0.3 gをスプーンに入れて供し、食したときのあぶらっさ、ざらつきの強さ、ねばさおよび総合的な好ましさを評価させた。試料と試料の間にはクラッカーを食べて37℃のぬるま湯で口をすすぐように指示した。これらの評価は個別ブースで赤ライト下で行った。

パネルはお茶の水女子大学教職員および学生10名とし、午後2時から4時の間に行った。有意差検定はKendallの一致性の係数¹⁴⁾およびNewellとMacFarlaneの検定法¹⁵⁾によった。

(10) 統計処理

物性値は、Super ANOVER (Abacus Concepts, Inc.)を用いて、分散分析の後LSDによる有意差検定を行った。

3. 結果および考察

(1) 磨砕による物性の変化

炒りゴマを磨砕するとFig. 2のように、ゴマの種皮や胚乳部が破碎され、5分間磨砕することにより不均一な大きさの粒子が分散し、全体がねっとりした状態を呈するようになった。磨砕時間が増すほど表面が光沢を帯び、なめらかになることが観察された。

このように外観の異なるすりゴマ試料について、粒度分布、バルク密度、表面特性およびレオロジーの測定を試みた。

1) 粒度分布

磨砕前の炒りゴマは長径の平均値が2,520 μm 、短径平均値が1,450 μm であったが、破碎した種子の粒度分布（Fig. 3）によると、5分間磨砕したすりゴマ試料は、425~850 μm の粗い部分は全体のわずか20

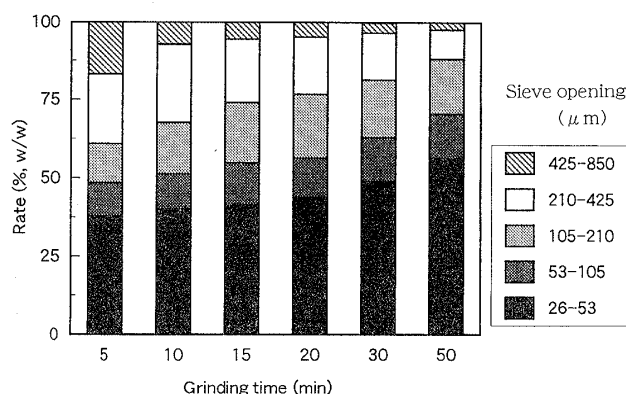


Fig. 3. Particle-size distributions of ground sesame seeds

Table 1. Change in the bulk density of sesame seeds by grinding

Grinding time (min)	Bulk density (g/cm ³)
0	0.54±0.04 ^a
5	0.84±0.03 ^b
10	0.93±0.01 ^c
15	0.92±0.01 ^{cd}
20	0.94±0.01 ^{cd}
30	0.95±0.02 ^{de}
50	0.98±0.02 ^e

Different letters within the same column show significant differences ($p < 0.05$).

%となり、53 μm 未満の部分が約40%生じた。すなわち磨砕し始めてから最初の5分間で急激に組織の破壊が起こること、その後の50分間は徐々に組織の破壊が進み、53 μm 未満の部分が56%まで増加して細粉化していくことがわかった。磨砕時間とともに小粒子への均一化がすすむといえる。しかし50分間磨砕したゴマにも425~850 μm の粗い部分が2.5%ほど残存しており、いずれのすりゴマ試料も非常に広い粒度分布を有する粒子から成ることがわかった。

2) バルク密度

すりゴマ試料の粒子の充填状態をバルク密度により調べた。5分間の磨砕により磨砕前の0.54 g/cm³から0.84 g/cm³へと著しく増加し、10分間の磨砕では0.93 g/cm³となった (Table 1)。10分以降もバルク密度はごくわずかながら増加する傾向にあった。磨砕時間が長くなるほど、小粒子が増加してコロのように作用し、また遊離した油が潤滑を高め、より密に粒子が

Table 2. Amount of oil adhering to the surface and MMD values for the ground sesame seeds

Grinding time (min)	Oil (%)	MMD ($\times 10^{-3}$)
5	12.3±1.09 ^a	3.98±0.25 ^a
10	15.2±1.01 ^b	3.94±0.08 ^a
15	17.0±0.89 ^c	2.83±0.09 ^b
20	17.3±1.57 ^d	2.66±0.11 ^b
30	20.1±1.26 ^e	2.10±0.10 ^c
50	22.9±1.23 ^f	1.33±0.10 ^c

MMD shows the mean deviation of friction coefficient. Different letters within the same column show significant differences ($p < 0.05$).

充填されることが示された。

3) 表面特性

磨砕により、粒子が破碎するとともに細胞内に油滴として存在している約50%を占める油脂が、遊離してくることが観察された (Fig. 2)。各すりゴマ試料の表面ににじみ出ている油脂量がテクスチャーに影響すると考え、予備的に検討した数種の紙のうち油脂の吸着量が多かったパルプ紙 (天ぶら敷き紙 T-7A サンナップ) を用いて表面付着油量を測定した。その結果、磨砕5分後にすでに12.3%となり、その後徐々に増加して、磨砕50分間では22.9%となった (Table 2)。最初の5分間でゴマ種子の細胞が破壊され、油が遊離してパルプ紙に吸着された。その後の磨砕により、Fig. 3のように次第に粒子が細くなり、表面積が増加してくると油は粒子間に保持されるようになり、表面に油が遊離しにくくなるため、5分以降の表面付着油量の増加量はわずかながらになったものと考えられた。

すりゴマ試料の表面の色 (Table 3) については、磨砕30分まではL値はわずかながら低下し、a値がわずかながら上昇した。すなわち、明度は低下し、赤味が増す傾向にあり、磨砕5分間のすりゴマ試料に対する色差も増加した。ゴマ種子の焙煎による着色は表皮よりも内部において著しい¹⁰⁾ことから、磨砕による種子の破碎が進行することが原因と考えられる。しかし磨砕50分間のすりゴマ試料では、わずかではあるが、L値が再び高まり、a値は減少した。この現象には破碎されたゴマ種子の粒度や油の遊離が関与すると考えられるが、詳細は不明である。

素材の表面摩擦感を測定する摩擦感テスターを用い

すりゴマのテクスチャーおよび物性に及ぼす磨砕時間の影響

Table 3. Surface color of the ground sesame seeds

Grinding time (min)	<i>L</i> value	<i>a</i> value	<i>b</i> value	Color difference
5	36.4±0.0 ^a	7.8±0.5 ^a	15.9±0.2 ^a	—
10	36.4±0.9 ^a	8.1±0.7 ^{ab}	16.6±0.7 ^b	1.2±0.5 ^a
15	36.1±0.0 ^{ab}	9.2±0.3 ^{bc}	16.9±0.2 ^b	1.8±0.1 ^{bc}
20	35.6±0.0 ^{bc}	9.1±0.0 ^{cd}	16.8±0.0 ^b	1.8±0.0 ^b
30	35.0±0.0 ^c	9.3±0.0 ^d	16.8±0.0 ^b	2.2±0.0 ^c
50	36.6±0.1 ^a	8.5±0.3 ^d	16.5±0.1 ^b	1.0±0.1 ^a

L value, *a* value and *b* value represent the index of white-black, red-green and yellow-blue, respectively. Color difference was calculated as $\sqrt{(L_x - L_5)^2 + (a_x - a_5)^2 + (b_x - b_5)^2}$, where L_5 , a_5 and b_5 are values obtained from samples ground for 5 min, and L_x , a_x and b_x are those obtained from samples ground for more than 5 min. Different letters within the same column show significant differences ($p < 0.05$).

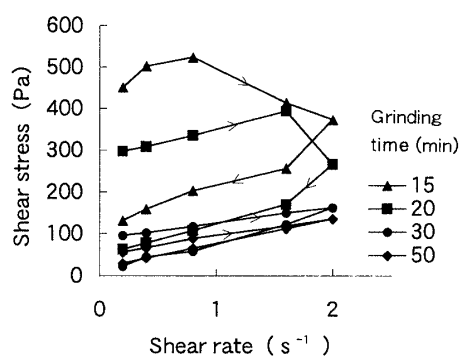


Fig. 4. Changes in fluidity curves of sesame seeds ground for different times

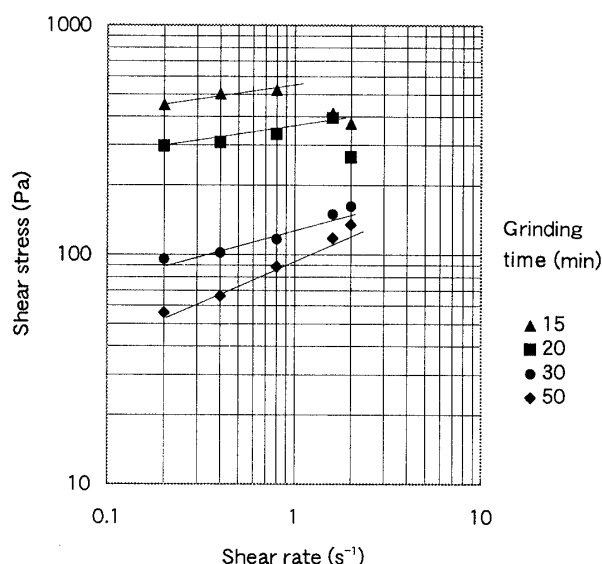


Fig. 5. Fluidity curves plotted on a logarithmic scale

て、各すりゴマ試料の摩擦係数の平均偏差 (MMD) を測定した (Table 2). ざらつき感と相関がある¹²⁾とされている MMD は磨砕時間が長くなるほどに減少した. Imai *et al.*¹⁶⁾ は各種食品粉末の MMD が粒径の増大に伴って増加すると報告している. 磨砕 15 分以上のすりゴマ試料の粒度分布を比べると, 53~105 μm および 105~210 μm の粒子の割合はあまり変わらず, 425~850 μm および 210~425 μm の粒子が減少していることから, 210~850 μm の比較的大きな粒子がすりゴマのざらつきに影響していると考えられた.

4) レオロジー

テクスチャーや調理性に大きく影響すると考えられる, すりゴマ試料の流動と変形に関する力学的特性を検討した. 口腔内でねばさを知覚する際のすり速度は, 食品の粘性が高いと低下する¹⁷⁾とされ, また磨砕時間の短いすりゴマ試料の測定が可能になるよう, すり速度を 0.25~2 s^{-1} までとして流動曲線を求めた. しかし, 磨砕 5 分間および 10 分間のすりゴマ試料は測定

不可能であった. 磨砕 15 分間および 20 分間のすりゴマ試料においては上昇カーブについて Fig. 4 に示すような特異な挙動を示したが, いずれのすりゴマ試料も降伏値を有し, 上昇曲線と下降曲線が一致しない履歴現象が観察された. ベキ法則 $p = k\dot{\gamma}^n + p_0$ (p : すり応力, k : 粘性係数, $\dot{\gamma}$: すり速度, n : 流動性指数, p_0 : 降伏値) で表すことができた測定領域の上昇曲線 (Fig. 5) から, k および n を求めた (Table 4). k はすり速度 1 s^{-1} におけるみかけの粘度を示す値で, 磨砕 15 分間の試料で 539 という, 最も高い値となり, 粘度が高いことを示したが, 磨砕時間の増加に伴って, 急激に減少した. 一方, n は 1 のときニュートン粘性を示すが, すりゴマ試料ではいずれも $n < 1$ となりチキソトロピー性が認められた. 磨砕時間に伴って n 値

が増加し、チキソトロピー性が小さくなること、すなわち凝集構造が弱くなって構造破壊が起こりにくくなることが推察された。一般に、分散粒子の径が小さく粒径分布の幅が狭いほど、エマルションやサスペンションの粘度は、増加することが知られている¹⁸⁾。本試料で磨砕時間の長いすりゴマ試料ほど k が減少したのは、粒度が小さくなった影響よりも分散媒が増加して粒子の体積分率が小さくなったことや凝集しにくくなった影響が大きいこと、また粒子の形状が影響していることも原因として考えられた。

降伏値については、従来の外挿法よりも精度が高いといわれるばね緩和法¹³⁾を用いて測定した。その結果、降伏値は磨砕時間に伴って大きく減少した (Table 4)。磨砕 5 分間のすりゴマ試料において 326 Pa であった降伏値は、磨砕 15 分間の試料ではわずかに 92 Pa と 1/3 以下に減少し、磨砕 30 分以上では 10 Pa 以下と非常に小さくなった。すなわち、磨砕時間の増加と

もに小さい外力ですりゴマを流動させることができるようになり、ある時点までは外力を除いたときその形を保っているが、ある時点を越えると保形しにくくなることが推察された。

硬さは、磨砕開始後 5 分から 10 分にかけて大きく減少し、その後も徐々に減少した。50 分間磨砕したゴマの硬さは 5 分間磨砕したゴマの硬さのわずか 10 % となった (Table 5)。

付着性は、5 分間磨砕したゴマにごくわずかに認められ、15 分間磨砕したゴマではその約 5 倍に増加したが、さらに磨砕すると減少した。島田等¹⁹⁾は、感覚的な付着性と一致するとして、付着性に該当する負のピーク面積を正のピーク面積で除した相対的付着性を提唱した。今回は正のピークの高さ (硬さ) で付着性を除したパラメーターを付着度と称して採用した。付着度は磨砕時間とともに増加し、5 分間磨砕したゴマの付着度に対して磨砕開始後 20 分で 10 倍、50 分で 23 倍となった。30 分間磨砕したすりゴマ試料と 50 分間磨砕した試料の付着度にはほとんど差がなかった。

以上より、すりゴマ試料のレオロジーは磨砕時間 15 分を境に大きく変化することが示された。すなわち磨砕 15 分以上のすりゴマ試料には流動性が認められ、それは降伏値を有する塑性流動で、チキソトロピーを示した。磨砕時間が長くなるほど k および降伏値は減少し、 n は増加した。また磨砕時間が長くなるほど、硬さは減少し、付着度は高くなったが、付着性は流動性が生じ始めた磨砕時間 15 分のときをピークに減少した。

(2) 磨砕による官能特性の変化

すりゴマ試料のテクスチャーを中心に官能評価し (Table 6)、各物性値との相関係数を求めた (Table

Table 4. Flow characteristics of the ground sesame seeds

Grinding time (min)	Index in power law ^a		Yield value (Pa)
	k	n	
5	—	—	326
10	—	—	277
15	539	0.107	92
20	358	0.135	31
30	131	0.234	9
50	100	0.386	4

Measured with a cone-plate type of viscometer (Tokisangyo). ^a $p = k\gamma^n + p_0$, where k is the consistency index, and n is the flow behaviour index.

Table 5. Textural properties of the ground sesame seeds

Grinding time (min)	Hardness (kg)	Adhesiveness (cm ³)	Degree of adhesiveness (cm ³ /kg)
5	4.54±0.14 ^a	0.08±0.04 ^a	0.02±0.01 ^a
10	2.63±0.22 ^b	0.30±0.07 ^{bc}	0.12±0.04 ^b
15	2.27±0.23 ^c	0.37±0.15 ^c	0.18±0.08 ^c
20	1.51±0.18 ^d	0.30±0.02 ^{bc}	0.20±0.03 ^c
30	0.54±0.07 ^e	0.27±0.04 ^b	0.49±0.04 ^d
50	0.46±0.18 ^e	0.21±0.07 ^b	0.46±0.04 ^d

All values were measured by a texturometer (GTX-2, Zenken). The degree of adhesiveness was calculated as adhesiveness/hardness. Different letters within the same column show significant differences ($p < 0.05$).

すりゴマのテクスチャーおよび物性に及ぼす磨砕時間の影響

Table 6. Sensory evaluation of the ground sesame seeds

Grinding time (min)	Apparent oiliness	Hardness	Oiliness	Graininess	Stickiness	Preference
5	40 ^a	11 ^a	40 ^a	10 ^a	36 ^a	23
15	30 ^{ab}	19 ^a	30 ^{ab}	21 ^{ab}	25 ^{ab}	22
30	12 ^c	33 ^b	20 ^{bc}	29 ^{bc}	15 ^b	25
50	18 ^{bc}	37 ^b	10 ^c	40 ^c	14 ^b	30
Kendall's coefficient of concordance	0.94 ***	0.88 ***	1.00 ***	0.96 ***	0.68 ***	0.08 N.S.

Data are based on a ranking test by 10 panelists. Statistical significance was determined by Kendall's coefficient of concordance ($p < 0.05$) (the lower side) and by the method of Newell and MacFarlane; different letters within the same column show significant differences ($p < 0.05$) (the upper side).

7). 官能検査の結果, Kendall の一致性の係数では, 好ましい順についてはすりゴマ試料間に有意の差は認められなかったが, その他のテクスチャー項目ではパネルの評価に一致性がみられた. 外観によるあぶらっこさについては, 磨砕 30 分間のすりゴマ試料が最もあぶらっこいと評価された. これは表面の色の測定結果 (Table 3) において, 磨砕 30 分間のすりゴマ試料が 50 分の試料より L 値が小さく, a 値が大きかったことに関係すると考えられた. しかし, 食したときのあぶらっこさでは磨砕 50 分間のすりゴマ試料が最もあぶらっこいと評価され, 表面付着油量, 流動性指数 n , MMD およびバルク密度との間に相関が認められた. すりゴマ試料のあぶらっこさは, 表面付着油量が多く, ざらつきが少なくなめらかで流動しやすいとき, 強く感じられるといえる.

またすりゴマ試料は磨砕時間が長くなるほど, 硬さが小さく, ざらつきが弱まると評価された. 硬さはテクスチュロメーターによる硬さ, 表面付着油量およびバルク密度との間に相関がみられた. ざらつきは摩擦感テスターによる MMD と相関があり, 流動性指数 n , 表面付着油量およびバルク密度との間にも相関がみられた. Imai *et al.*²⁰⁾ は微結晶セルロースの水懸濁液および粘稠液のざらつき感の強度に粒子径, 粒子濃度, 分散媒の順に寄与すると報告している. 磨砕時間が長くなるほど, 小粒子の割合が増加することが (Fig. 3), MMD の低下や n の増加に関与し, ざらつきが低下したと考えられる. 表面付着油量の直接的な影響についてはさらに検討を要する.

ねばさは, 磨砕するほど強まって磨砕 30 分間と 50 分間のすりゴマ試料が同様に強いと評価され, k , 付着度, 降伏値, MMD, 表面付着油量およびバルク密

度との間に相関がみられた. 付着性とは相関がみられず, 官能的なねばさは付着度と対応することがわかった. 一方, 磨砕時間が長くなると k が小さくなるにもかかわらず, ねばさが強いと評価されたのは, パネルがすりゴマ試料のねばさを, 流動に対する応力ではなく, 口腔内の接触面に付着する性質 (付着度) を主な基準として, 塑性, ざらつき, あぶらっこさなどを総合して判断したものと推察される. すりゴマ試料のねばさは, 磨砕により破碎した粒子と遊離した油が連続的にすり混ぜられていく過程で発現する, 複合的な感覚であるといえそうである.

以上より, すりゴマ試料のテクスチャーは磨砕時間の延長に伴い, あぶらっこく, 軟らかく, ざらつきが弱まり, ねばさが強まると評価され, それぞれ対応する物性が確認された. 香りと味の変化に関しては今後検討する予定であるが, 官能検査による総合的な好ましきには有意な差がなく, いずれのすりゴマ試料もさまざまな調理に用いて受け入れていると考えられる. しかし, それぞれのテクスチャーあるいは物性を最大限に生かした調理法があると思われる. ふりかけやまぶす調理には, 調理操作上の便宜さから表面付着油量が比較的少なく, 全体的に凝集していないすりゴマが用いられている. 粒度等の性状とおいしさを含めた適合性の関係があるものと考えられる. あえものについて予備的に行った官能検査から, すりゴマがあえ材料に対して不均一に分布し付着していること, 表面付着油量が多くないことがおいしさの一因であると推測している. あえものにはすりゴマをだしなどで希釈して用いるので, 今回の結果をそのまま流用することはできないが, すりゴマの凝集力と付着度の制御が要点であると考えられる. 油の遊離が多く, 粘性が低く凝集

Table 7. Correlation coefficients among the sensory properties and physical properties

Physical property													
Sensory property		Bulk density	Oil	L value	a value	b value	MMD	Hardness	Adhesiveness	Degree of adhesiveness	k	n	Yield value
Oiliness		-0.965 *	-0.992 *	0.090	-0.407	-0.488	0.994 *	0.941	-0.309	-0.929	0.896	-0.999 *	0.897
Apparent oiliness		-0.891	-0.894	0.572	-0.666	-0.646	0.881	0.964 *	-0.425	-0.989 *	0.922	-0.615	0.920
Hardness		0.951 *	0.978 *	-0.270	0.473	0.514	-0.975 *	-0.967 *	0.304	0.982 *	-0.989	0.935	-0.911
Graininess		0.970 *	0.992 *	-0.050	0.411	0.503	-0.995 *	-0.935	0.336	0.910	-0.852	0.999 *	-0.899
Stickiness		-0.978	-0.977 *	0.366	-0.637	-0.674	0.971 *	0.998 *	-0.483	-0.983 *	1.000 *	-0.881	0.973 *
Preference		0.716	0.802	0.249	-0.094	0.000	-0.814	-0.664	-0.170	0.711	-0.824	0.996	-0.563
Oil, amount of oil adhering to the surface of the ground sesame seeds; MMD, mean deviation of friction coefficient; k, consistency index; n, flow behaviour index. * $r(3, 0.05) = 0.997$ or $r(4, 0.05) = 0.950$.													

力の弱い磨砕時間の長いすりゴマ試料よりも、磨砕時間の短いものが適性が高いと予想される。また十分に磨砕したペースト状のすりゴマは小粒子が油に分散している系といえ、さまざまな流動特性や付着度を調理に生かせ、ねばさの他あぶらっこさやざらつきの強弱が嗜好性を微妙に左右することが推察される。本研究を基盤に、今後すりゴマの実際の調理への応用について検討する所存である。

4. 要 約

すりゴマのテクスチャーおよび物性に及ぼす磨砕時間の影響を調べた。すりゴマ試料は炒りゴマを電動潰機により一定速度で5~50分間磨砕した。

いずれのすりゴマ試料も26~850 μ mの広範囲の粒度の粒子を含む不均一な系で、磨砕後5分から50分間に425~850 μ mの最も大きい粒子画分が16.9%から2.5%に減少し、53 μ m未満の最小粒子画分が37.9%から56.0%に増加した。また表面付着油量は12.3%から22.9%に増加した。

磨砕15分間以上のすりゴマ試料には塑性流動がみられた。磨砕時間に伴い、MMD, k, 降伏値および硬さは減少し、nおよび付着度は増加した。付着性は15分間磨砕したすりゴマ試料が最も高かった。官能評価の結果、ざらつきはMMD、硬さは硬さ(Hardness)、あぶらっこさは表面付着油量およびねばさは付着度をそれぞれ主とした複数の物性値と対応した。

なお、本研究の一部は日本調理科学会平成11年度大会で発表した。

粘度計の測定にご協力いただいた、東機産業(株)宮本 勲氏に謝意を表します。

引 用 文 献

- 1) 並木満夫(監修):『ゴマその科学と機能性』, 丸善ブラネット, 東京, 17-83 (1998)
- 2) 武田珠美, 福田靖子: 世界におけるゴマ食文化(第1報) ゴマ種子利用の地域的特徴について, 調理科学, **29**, 281-291 (1996)
- 3) 武田珠美: 日本におけるゴマあえの成立と変容, 日本食生活文化調査研究報告集, **14**, 65-84 (1997)
- 4) 小泉幸道, 福田靖子, 並木満夫: ゴマ種子焙煎条件が油の酸化安定性に及ぼす影響, 食科工, **43**, 689-694 (1996)
- 5) 福田靖子, 小泉幸道, 井藤龍平, 並木満夫: 焙煎ゴマ油の抗酸化成分の相乗作用, 食科工, **43**, 1271-1277 (1996)

すりゴマのテクスチャーおよび物性に及ぼす磨砕時間の影響

- 6) 福田靖子, 中田徳美: スライスアーモンドとゴマ種子の焙煎温度が抗酸化性に及ぼす影響, 食科工, **46**, 786-791 (1999)
- 7) 浅井由賀, 福田靖子, 竹井よう子: ゴマの焙煎条件による品質の比較, 家政誌, **45**, 279-287 (1994)
- 8) 竹井よう子: ごま抽出画分焙焼テストの香気, 家政誌, **40**, 23-34 (1989)
- 9) 竹井よう子: 炒りゴマと炒り皮むきごまの香気, 家政誌, **39**, 803-815 (1988)
- 10) 武田珠美, 福田靖子: ゴマ種子の調理性に関する研究(第1報) ゴマ種子の炒り条件と成分の変化, 家政誌, **48**, 137-143 (1997)
- 11) Takeda, T., Aono, H., Fukuda, Y., Hatae, K., and Shimada, A.: Effect of Roasting Conditions on the Food Quality of Sesame Seeds, *J. Home Econ. Jpn.*, **51**, 1115-1125 (2000)
- 12) 近藤智吏: KES-SE 摩擦感テスターとその応用—表面摩擦感の客観評価—, 日皮協ジャーナル, **18**, 87-93 (1987)
- 13) 高橋智子, 川野亜紀, 大越ひろ, 大塚義顕, 向井美恵: 極めて粘稠なムース状食品の力学的特性, 飲み込み特性と舌運動の関係, 日摂食嚥下リハ会誌, **4** (1), 3-10 (2000)
- 14) 日科技連官能検査委員会(編): 『新版 官能検査ハンドブック』, 日科技連, 東京, 301-302 (1973)
- 15) Newell, G. J., and MacFarlane, J. D.: Expanded Tables for Multiple Comparison Procedures in the Analysis of Ranked Data, *J. Food Sci.*, **52**, 1721-1725 (1987)
- 16) Imai, E., Saito, K., Hatakeyama, K., Hatae, K., and Shimada, A.: Effect of Physical Properties of Food Particles on the Degree of Graininess Perceived in the Mouth, *J. Texture Stud.*, **30**, 59-88 (1999)
- 17) Shama, F., and Sherman, P.: Identification of Stimuli Controlling the Sensory Evaluation of Viscosity. II. Oral Methods, *J. Texture Stud.*, **4**, 111-118 (1973)
- 18) Muller, H. G.: 『食品レオロジー入門』(松本幸雄訳), 医歯薬出版, 東京, 60-61 (1978)
- 19) 島田淳子, 徳屋文子, 神寄やえ, 松本美鈴, 吉松藤子: ホワイトソースの冷凍劣化に及ぼす調理条件の影響, 家政誌, **36**, 867-873 (1985)
- 20) Imai, E., Hatae, K., and Shimada, A.: Degree of Grittiness Perceived as Mouth Feeling—Effects of Particle Size, Concentration of Dispersed Particles and Dispersion Medium—, *J. Home Econ. Jpn.*, **46**, 1151-1158 (1995)