

ゴマ豆腐の破断特性およびテクスチャーに 及ぼす澱粉の種類の影響

佐藤恵美子・中野恵利子・筒井 和美

Effects of starch from different origins on the fracture
properties and texture of *Gomatofu*

Emiko SATO, Eriko NAKANO and Kazumi TSUTSUI

I. 緒言

精進料理として伝承されてきたゴマ豆腐は、葛、ゴマなどを主とする多成分系混合ゲルである。ゴマ豆腐のおいしさは、軟らかさ、「こし」の強さ、なめらかさなどのテクスチャーで表わされる物理的な味と、ゴマ独自の香気と風味などの化学的な味が調和して形成される^{1) 2)}。ゴマ豆腐の主材料には、どの精進料理書^{3) 4) 5)}においても本葛澱粉とゴマが使用されており、これらの材料の本葛澱粉とゴマ、水（だし汁）の配合割合や攪拌時間（手動で15分～120分）等の調製方法については、様々である。そこで、科学的に再現性のあるゴマ豆腐の調製方法、焙煎方法などについて疑問を持ち、これまでゴマ豆腐のテクスチャー、レオロジー特性に及ぼす調製条件と配合割合^{6) 7) 8) 9) 10)}、ゴマ材料の種類^{11) 12) 13)}、ゴマの焙煎条件などの影響^{14) 15) 16)}については報告済みである。しかし、近年は、主材料である本葛澱粉は高価であるため、さつまいも澱粉やタピオカ澱粉などが混入されることもあり、他の澱粉の添加はゴマ豆腐の食感にも影響を及ぼす。ゴマ豆腐の物理的なおいしさと考えられるテクスチャーの視点から、なぜゴマ豆腐には従来から本葛澱粉が使用されてきたのか、また他の澱粉を用いてもテクスチャーの視点からおいしいゴマ豆腐といえるのかについて、検討するため本研究を行った。本実験では、本葛澱粉、さつまいも澱粉、葛城葛澱粉（カツラギクズでんぷん）、タピオカ澱粉などの4種類の澱粉を用いてゴマ豆腐の力学特性について検

討した。葛城葛澱粉はさつまいも澱粉を本葛澱粉と同様に精製し、不純物を除いて風乾したものである。これら4種の澱粉を用いたゴマ豆腐及びゴマ乳の代わりに水を添加した澱粉ゲルを調製し、大変形領域であるテクスチャー測定と破断特性を行った。大変形領域とは破断及びテクスチャー測定を含めて、口の中で起こる咀嚼現象を表し、食物を食べる段階では大変形領域の測定を抜きにしては考えられない。また、食品を調理する際、手で押したり、伸ばしたり切ったりする操作も、食品の大変形領域の力学的性質と直接関係する。本報告では、さらに順位法によりクラマーの有意差検定法による官能検査、および機器測定値と官能検査の評点値との相関性を調べた。これらの方法を用いて、本研究では本葛澱粉がゴマ豆腐に用いられる妥当性について考察した。

II. 実験方法

1. 供試材料

供試材料は皮むき白ゴマ（株かどや製油製、中国産、2004）と澱粉試料はすべて（株）井上天極堂から提供いただいた吉野の本葛澱粉（極上品「古稀」、2003）、さつまいも澱粉（「並葛」、鹿児島産、2004）、葛城葛澱粉（カツラギクズ鹿児島産、2004）、及びタピオカ澱粉（タイ産、2004）の計4種である。以下に各種澱粉の製造過程と特徴を記す。本葛澱粉（古稀）は吉野で採れた葛の根を100%使用し、自然乾燥法（3ヶ月）によって作られ、最も純度が高く、高価で

ある。さつまいも澱粉は、自然乾燥法で作られるが、精製度は低く、力（りき）が弱い。葛城葛澱粉は、さつまいも澱粉（甘藷）を原料とし、精製して本葛澱粉と同程度の精製度に仕上げたものであり、人工的に10日間位風乾したものである。タピオカ澱粉の原料は、収穫後1年位経った輸入加工澱粉である。透明度が高く、現在はワラビ餅用に多く使われている。

2. 調製方法

ゴマ豆腐の調製は、「煮つめ法」⁸⁾により行った。配合割合は、最も好まれる調製方法である⁹⁾とされた本葛澱粉40g、ゴマ40g、加水量450mlとした。攪拌速度は最も均一なゴマ豆腐の構造を形成する^{8) 10)}とされる攪拌速度250rpm、加熱時間25分とした。機器測定用サンプルは調製後、直径20mm、高さ20mmの円筒型ガラスリングに流し入れ、上下をガラス版で密閉し、室温（20℃）にまで放冷した。その後、クールインキュベーター（アズワン株式会社PCI-301）内で10℃に保存し、約24時間後に20℃にて、一定に保った後、円筒リング型から取り出して測定に用いた。澱粉ゲルの調製は、各種澱粉40g、加水量435mlとし、ゴマ豆腐と同様に（ゴマ乳435g）調製した。

3. テクスチャー測定

測定は、クリープメーター（レオナーRE-3305(株)山電製）を用いて、かたさ応力、凝集性、付着性、ガム性応力について、全体圧縮試験を行い、クリープメーター用自動解析ソフトウェア（テクスチャー解析Windows ver.1 山電製）にて解析した。プランジャーは直径40mmの円柱型であり、クリアランス8mm（60%圧縮）、感度電圧1Vとした。人間が、軟らかく「こし」のある食物を食べる時には、歯で噛むというよりは上顎と舌で押しつぶすようにして食品独特の感触を味わうものであり、直径40mmのプランジャーで圧縮して行う測定のほうが実際の官能検査と対応できると考えた。かたさ、凝集性、付着性、ガム性の測定は7回行い平均値と標準偏差を求めた。

4. 破断測定

破断とは、食品を口の中に入れ、上顎と下顎で力を加えて変形させ続けると、ついに食品が原形を保てなくなり、崩れる現象のことをいう。目に見える程度の大きさに2つ以上に割れ目が生じた場合を破断という。破断測定の様式は一般的に、延性破断と脆性破断の二つに大別され、これらの典型的な破断測定で得られる応力-歪曲線は前報¹⁵⁾と同様である。破断応力とは破断荷重の単位面積あたりの力であり、破断歪率とは試料の元の厚さに対する破断変形の比率であり、破断エネルギーとは破断に至るまでの仕事量を表す。本実験では、クリープメーター（レオナーRE-3305(株)山電製）を用いて、破断応力、破断歪率、破断エネルギーについて定速圧縮試験を行い、クリープメーター用自動解析ソフトウェア（破断強度解析Windows ver.1 山電製）にて解析した。プランジャーは全体圧縮試験に対応した直径40mmの円柱型を用いた。測定条件は、測定歪率80%、測定速度1mm/sec、サンプルの厚さ20.0mm（平均）、接触面直径20.0mm（平均）、格納ピッチ0.10sec、測定点数150個、ロードセル2kgfに設定した。また、実質の圧縮厚さは計測されたサンプルの厚さに測定歪率を乗じて算出される値を使用した。測定は1つの試料につき8回行い再現性を確認し、平均値と標準偏差を求めた。

5. 官能検査

パネルは本学の専攻科の学生とその教員、合計13名である。官能検査は、本葛澱粉ゲル、さつまいも澱粉ゲル、葛城葛澱粉ゲル、タピオカ澱粉ゲルの4種から行い、次に本葛澱粉ゴマ豆腐、さつまいも澱粉ゴマ豆腐、葛城葛澱粉ゴマ豆腐、タピオカ澱粉ゴマ豆腐の4種の試料間で行った。官能検査の項目は硬さ、弾力性、口触り、総合的な好ましさを用いた。硬さはサンプルを上顎と舌で押しつぶすのに必要な力、弾力性はサンプルを押しつぶした後に元の状態に戻ろうとする力、口触りはサンプルのなめらかさの程度を示し、総合的な好ましさはこれらの項目を考慮したうえで全体としておいしいゴマ豆腐の程度を示した。順位法では、各項目特性の大きいもの、総合的な好ましさのよいものから順

位をつけ、Kramerの有意差検定法、試料間の差の幅をNewell & MacFarlaneの検定により検討した。またKendallの一致性の係数により、パネルの判断の一致性について検討した。

Ⅲ. 結果及び考察

1. 澱粉の理化学特性

表1に各種澱粉の理化学特性¹⁶⁾について示した。円相当径ではタピオカ澱粉粒が最も大きく(20.0 μm)、本葛澱粉粒が最も小さい(7.5 μm)値となった。アミロース含量は葛澱粉(20%)、甘藷(さつまいも)澱粉(19%)、タピオカ澱粉(17%)の順に高く、アミロペクチン含量はタピオカ澱粉(83.0%)、甘藷(さつまいも)澱粉(82.0%)、葛澱粉(80.4%)の順に高い値であることがわかった。

2. テクスチャー測定

各種澱粉を用いたゴマ豆腐と澱粉ゲルのテクスチャーを測定し、平均値(n=7)と標準偏差を表2に示し、各種ゴマ豆腐の代表的なテクスチャー曲線とかたさ応力、凝集性、付着性、ガム性応力を図1に示した。各種澱粉ゴマ豆腐のかたさは、タピオカ澱粉ゴマ豆腐、本葛澱粉ゴマ豆腐、さつまいも澱粉ゴマ豆腐、葛城葛澱粉ゴマ豆腐の順に高い値を示し、各種澱粉ゲルも同様の傾向を示した。凝集性は、タピオカ澱粉ゴマ豆腐が最も高い値を示し、次にさつまいも澱粉ゴマ豆腐、葛城葛澱粉ゴマ豆腐が同程度の値を示し、本葛澱粉ゴマ豆腐は最も低い値を示した。澱粉ゲルにおいても、タピオカ澱粉ゲル、さつまいも澱粉ゲル、葛城葛澱粉ゲル、本葛澱粉ゲルの順に高い値を示した。付着性

表1. 澱粉の理化学特性

澱粉の種類	粒型	粒の形状	粒径(μm)	アミロース含量(%)	アミロペクチン含量	糊化開始温度($^{\circ}\text{C}$)	ゲル特性			
							状態	もろさの順位	透明度	順位
葛	単複粒	多角形、偏円形	7.5	20	80.4	67.0	もろく弱いゲル	1	透明	1
甘藷(さつまいも)	単粒	小多角形、ツリガネ型	15	19	82.0	72.0	強い粘着性	2	透明	2
タピオカ	複粒	球形、半球形(ツリガネ型)	20	17	83.0	58.5	強い粘着性	3	透明一半透明	3

表2. 澱粉の種類異なるゴマ豆腐と澱粉ゲルのテクスチャー (平均値と標準偏差)

試料		かたさ応力[10^3N/m^2]	順位	凝集性[10^{-1}]	順位
ゴマ豆腐	本葛	6.29 \pm 0.15	2	4.80 \pm 0.25	4
	さつまいも	5.26 \pm 0.29	3	7.22 \pm 0.09	2
	葛城葛	5.06 \pm 0.39	4	7.18 \pm 0.18	3
	タピオカ	6.46 \pm 0.25	1	8.29 \pm 0.11	1
澱粉ゲル	本葛	7.02 \pm 0.39	2	6.09 \pm 0.53	4
	さつまいも	6.93 \pm 0.44	3	8.23 \pm 0.17	2
	葛城葛	5.30 \pm 0.55	4	7.70 \pm 0.46	3
	タピオカ	7.85 \pm 0.25	1	9.20 \pm 0.08	1
試料		付着性[10J/m^3]	順位	ガム性応力[10^3N/m^2]	順位
ゴマ豆腐	本葛	15.06 \pm 2.53	1	3.02 \pm 0.18	4
	さつまいも	8.95 \pm 0.55	3	3.69 \pm 0.13	2
	葛城葛	9.67 \pm 1.45	2	3.66 \pm 0.21	3
	タピオカ	6.89 \pm 2.11	4	5.28 \pm 0.22	1
澱粉ゲル	本葛	12.32 \pm 1.45	1	3.90 \pm 0.46	4
	さつまいも	7.03 \pm 2.69	3	5.71 \pm 0.37	2
	葛城葛	7.45 \pm 0.25	2	4.15 \pm 0.20	3
	タピオカ	5.76 \pm 0.87	4	7.22 \pm 0.19	1

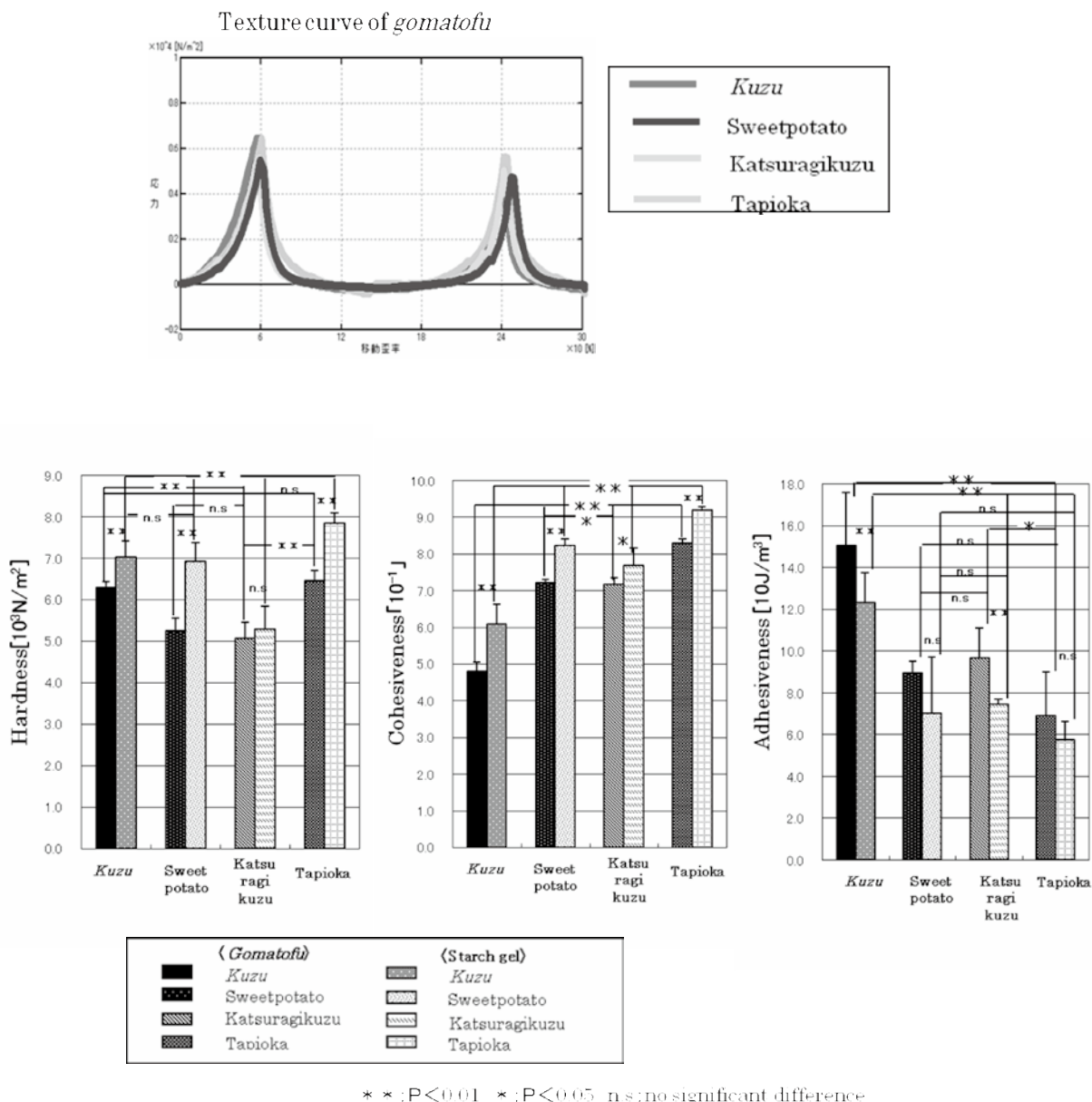


図1. 澱粉の種類異なるゴマ豆腐と澱粉ゲルのテクスチャー特性に及ぼす影響

は、各種ゴマ豆腐及び澱粉ゲル共に高い順に本葛澱粉、葛城葛澱粉、さつまいも澱粉、タピオカ澱粉であった。ガム性は、各種ゴマ豆腐、澱粉ゲル共に凝集性と同様の傾向がみられた。また、各種ゴマ豆腐と澱粉ゲルの比較では、かたさ、凝集性、ガム性はすべて澱粉ゲルがゴマ豆腐よりも高い値を示したのに対し、付着性はゴマ豆腐の方が澱粉ゲルよりも高い値を示した。

以上のことより、本葛澱粉ゴマ豆腐は比較的硬く、付着性が最も大きく、凝集性、ガム性は最も低くなる結果となった。本葛澱粉ゲルも同様の結果を示した。凝集性が高いことは、内部結合力が強く壊れにくいことを示す。ガム性は、

かたさ応力と凝集性を乗じて算出される二次特性として表され、凝集性の影響を大きく受けている。

3. 破断測定

各種澱粉を用いたゴマ豆腐と澱粉ゲルの破断特性の平均値 (n = 8) と標準偏差を表3に示し、ゴマ豆腐及び澱粉ゲルの代表的な破断曲線、破断応力、破断歪率を図2に示した。各種ゴマ豆腐は延性破断を示した。ゴマ豆腐の破断応力は、タピオカ澱粉ゴマ豆腐が最も高く、次にさつまいも澱粉ゴマ豆腐と葛城葛澱粉ゴマ豆腐がほぼ同程度の値を示し、本葛澱粉ゴマ豆腐は最も低

表3. 澱粉の種類異なるゴマ豆腐と澱粉ゲルの破断特性 (平均値と標準偏差)

試料	破断応力 [10^3N/m^2]	順位	破断歪率 [%]	順位	破断エネルギー [10^3J/m^3]	順位
ゴ マ 豆 腐	本葛	6.19 ± 0.11	4	57.66 ± 0.76	4	1.25 ± 0.03
	さつまいも	10.89 ± 0.52	2	76.43 ± 0.22	3	2.62 ± 0.09
	葛城葛	9.84 ± 0.53	3	77.15 ± 0.37	2	2.29 ± 0.10
	タピオカ	18.58 ± 1.96	1	78.75 ± 0.33	1	3.80 ± 0.28
澱 粉 ゲ ル	本葛	7.13 ± 0.55	4	61.85 ± 3.41	4	1.31 ± 0.18
	さつまいも	12.39 ± 0.47	2	70.64 ± 1.40	3	2.11 ± 0.15
	葛城葛	10.37 ± 0.79	3	75.30 ± 0.56	1	2.04 ± 0.17
	タピオカ	18.72 ± 1.49	1	74.51 ± 2.52	2	3.63 ± 0.56

〈Typical stress-strain curves of *Gomatofu* and Starch gel〉

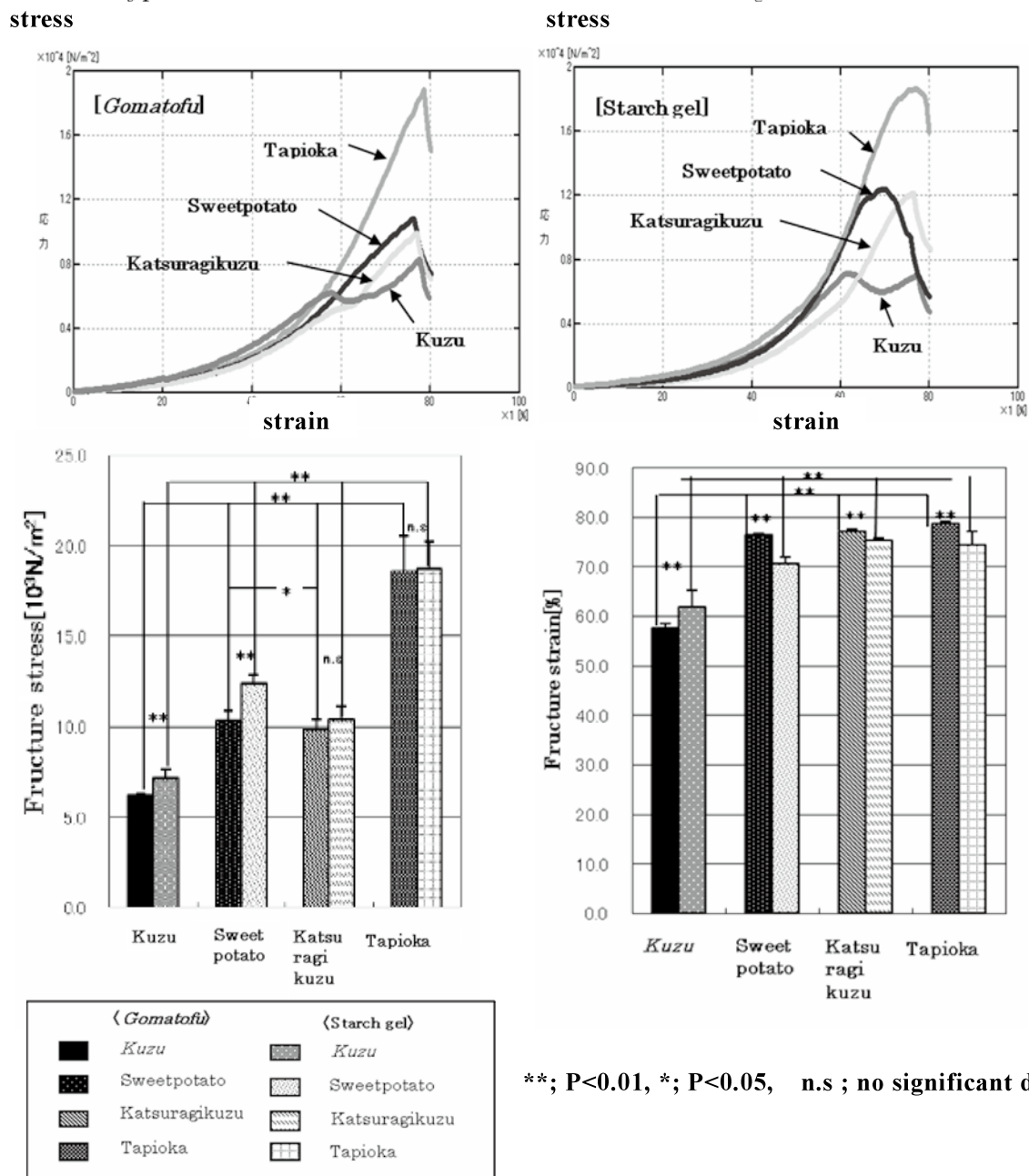


図2. 澱粉の種類異なるゴマ豆腐と澱粉ゲルの破断特性に及ぼす影響

い値 ($6.19 \times 10^3 \text{N/m}^2$) を示した。ゴマ豆腐の破断応力は、タピオカ澱粉ゴマ豆腐が最も高く、次にさつまいも澱粉ゴマ豆腐と葛城葛澱粉ゴマ豆腐がほぼ同程度の値を示し、本葛澱粉ゴマ豆腐は最も低い値 ($6.19 \times 10^3 \text{N/m}^2$) を示した。

各種澱粉ゲルも同じような傾向がみられ、澱粉ゲル4種はゴマ豆腐よりも高い値を示した。破断歪率は、タピオカ澱粉ゴマ豆腐、さつまいも澱粉ゴマ豆腐、葛城葛澱粉ゴマ豆腐の3種が約76~78%とほぼ同程度であるのに対し、本葛澱粉ゴマ豆腐は57%であり、他のゴマ豆腐と比べて低い値を示した。各種澱粉ゲルもゴマ豆腐と同様の順位を示した。さつまいも澱粉ゲル、葛城葛澱粉ゲル、タピオカ澱粉ゲルは、ゴマ豆腐よりも小さな破断歪率を示したが、本葛澱粉については澱粉ゲル (61.85%) がゴマ豆腐 (57.66%) よりも大きな値を示した。破断エネルギーは、タピオカ澱粉ゴマ豆腐、次にさつまいも澱粉ゴマ豆腐と葛城葛澱粉ゴマ豆腐が同程度の値を示し、本葛澱粉ゴマ豆腐は最も低い値 ($1.25 \times 10^3 \text{J/m}^3$) を示した。各種澱粉ゲルも同じような傾向がみられた。破断エネルギーも破断歪率と同様に、さつまいも澱粉ゲル、葛城葛澱粉ゲル、タピオカ澱粉ゲルは、ゴマ豆腐よりも低い値を示した。本葛澱粉については、澱粉ゲルはゴマ豆腐と比較すると、有意差は認められなかった。本葛澱粉ゴマ豆腐は、前報¹⁴⁾と同様、代表的な応力-歪曲線より、降伏点が見られる典型的な延性破断を示した。本葛澱粉ゴマ豆腐は他の3種澱粉よりも破断歪率が最も小さく、もろさが検出され、破断応力が最も低い値であった。このことから、歯切れが良く、破断しやすいゲルといえる。他3種のゴマ豆腐は、もろさは検出されず、破断歪率の大きいゲルであった。

4. 官能検査

図3より、順位法の結果は各種ゴマ豆腐において、硬さはD.タピオカ澱粉ゴマ豆腐、A.本葛澱粉ゴマ豆腐、C.葛城葛澱粉ゴマ豆腐、B.さつまいも澱粉ゴマ豆腐の順に硬いと評価され、Kramerの有意差検定によりDに1%の危険率で有意差が認められた。弾力はD、A、B、C

の順となり、Dに1%の危険率で有意差が認められた。口触りはA、B、C、Dの順に良いと評価され、Dに1%、Aに5%の危険率で有意差が認められた。総合的な好ましさはA、B、C、Dの順となり、AとDに1%の危険率で有意差が認められた。

Newell&MacFarlaneの検定では、A、B、C間に、硬さ、弾力、口触りの項目で有意差が認められず、総合的な好ましさの評価でAとC間に有意差が認められた。各種澱粉ゲルでは、硬さ、弾力、口触りではゴマ豆腐における順位と多少の変動がみられるが、総合的な好ましさはa.本葛澱粉ゲル、b.さつまいも澱粉ゲル、c.葛城葛澱粉ゲル、d.タピオカ澱粉ゲルの順となり、ゴマ豆腐と同様の結果が得られた。Kendallの一致性の係数の評価は、硬さ、口触り、総合的な好ましさにおいて0.1%の危険率で有意差が認められ、パネルの一致性は高かった。弾力では1%の危険率で有意差が認められた。

以上の結果から、A.本葛澱粉ゴマ豆腐は、口触り、総合的な好ましさの評価は最も高く、硬さ、弾力が次に高かった。D.タピオカ澱粉ゴマ豆腐は、硬さ、弾力が最も高く、口触り、総合的な好ましさの評価は最も低かった。総合的な好ましさは、前報⁸⁾と同様に、口触りの影響が大きい。B.さつまいも澱粉ゴマ豆腐とC.葛城葛ゴマ豆腐は、澱粉の精製方法は異なるが、原材料は同じであるためほぼ同様の結果が得られた。

5. 機器測定値と官能検査との相関性

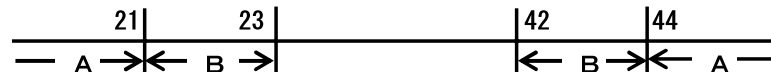
ゴマ豆腐の機器測定値 (テクスチャー、破断) と官能検査による評点平均値との相関性を図4に示した。テクスチャー測定のかたさ応力と官能検査の硬さ (評点平均値) の関係は、1%の危険率で正の相関が認められた ($r = 0.65$)。テクスチャー測定の凝集性と官能検査の好ましさの関係は、高い負の相関 ($r = -0.86$) が得られ、1%の危険率で有意差が認められた。破断特性の破断応力と官能検査の好ましさの関係では、高い負の相関 ($r = -0.96$) が得られ、破断歪率と官能検査の好ましさの関係においても、高い負の相関 ($r = -0.71$) が得られ、それぞれ1%の危険率で有意差が認められた。凝

(1)Kramar の有意差検定

試料	ゴマ豆腐 (A,B,C,D)				澱粉ゲル (a,b,c,d)			
	硬さ	弾力	口触り(なめらかさ)	総合的な好ましさ	硬さ	弾力	口触り(なめらかさ)	総合的な好ましさ
本葛 (A,a)	2 36	2 29	1 22 *	1 13 **	3 38	3 36	1 19 **	1 17 **
さつまいも (B,b)	4 42	3 39	2 25	2 30	2 33	2 31	3 32	2 30
葛城葛 (C,c)	3 39	4 42	3 31	3 35	4 45 **	4 43 *	2 27	3 31
タピオカ (D,d)	1 13 **	1 20 **	4 52 **	4 52 **	1 14 **	1 20 **	4 52 **	4 52 **

【 $\alpha = 5\%$;23-42】

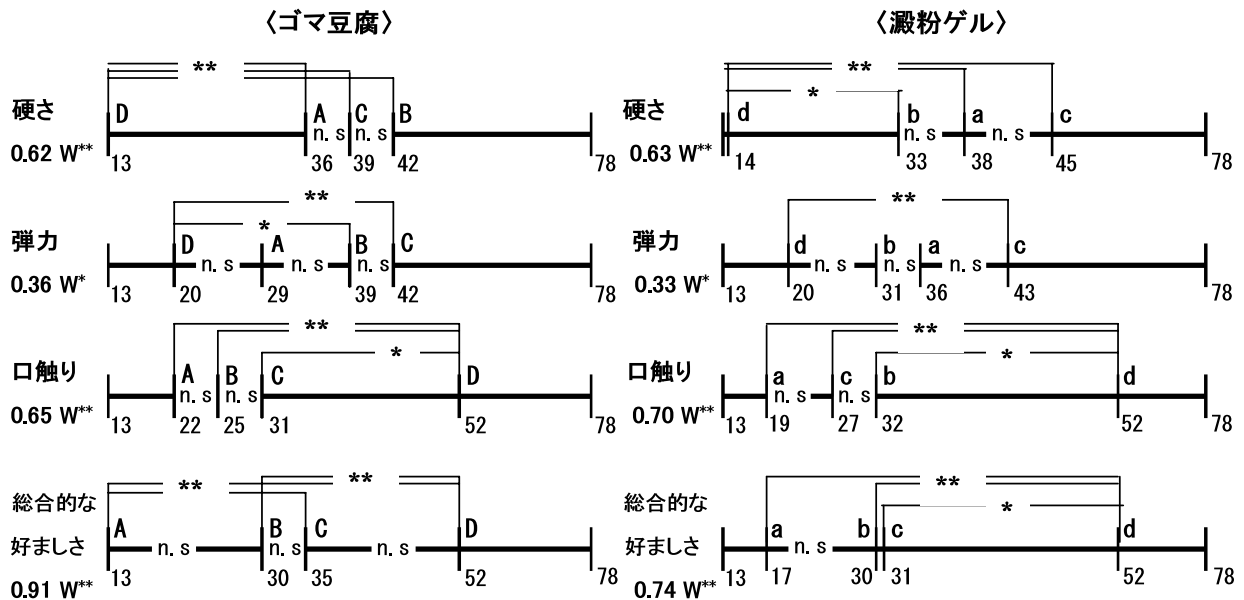
【 $\alpha = 1\%$;21-44】



(2)Kendall の一致性の係数

試料	ゴマ豆腐				澱粉ゲル			
	硬さ	弾力	口触り(なめらかさ)	総合的な好ましさ	硬さ	弾力	口触り(なめらかさ)	総合的な好ましさ
一致性の係数 (W)	0.62	0.36	0.65	0.91	0.63	0.33	0.70	0.74
X_0^2 検定 (X_0^2)	24.18 **	14.04 *	25.35 **	35.49 **	24.57 **	12.87 *	27.30 **	28.86 **

χ^2 (df;3,0.01)=11.35 P<0.01 * χ^2 (df;3,0.001)=16.27 P<0.001 **



試料 ; A.本葛澱粉ゴマ豆腐 B.さつまいも澱粉ゴマ豆腐 C.葛城葛澱粉ゴマ豆腐 D.タピオカ澱粉ゴマ豆腐

a.本葛澱粉ゲル b.さつまいも澱粉ゲル c.葛城葛澱粉ゲル d.タピオカ澱粉ゲル

- Kramar の有意差検定による評価 ; A: $\alpha < 0.01$, B: $\alpha < 0.05$
- Newell&MacFarlane 検定による評価 ; **: $\alpha < 0.01$, *: $\alpha < 0.05$, n.s.:有意差なし
- Kendall の一致性の係数による評価 ; W**: $P < 0.001$, W*: $P < 0.01$

図3. 澱粉の種類異なるゴマ豆腐と澱粉ゲルの順位法による官能検査

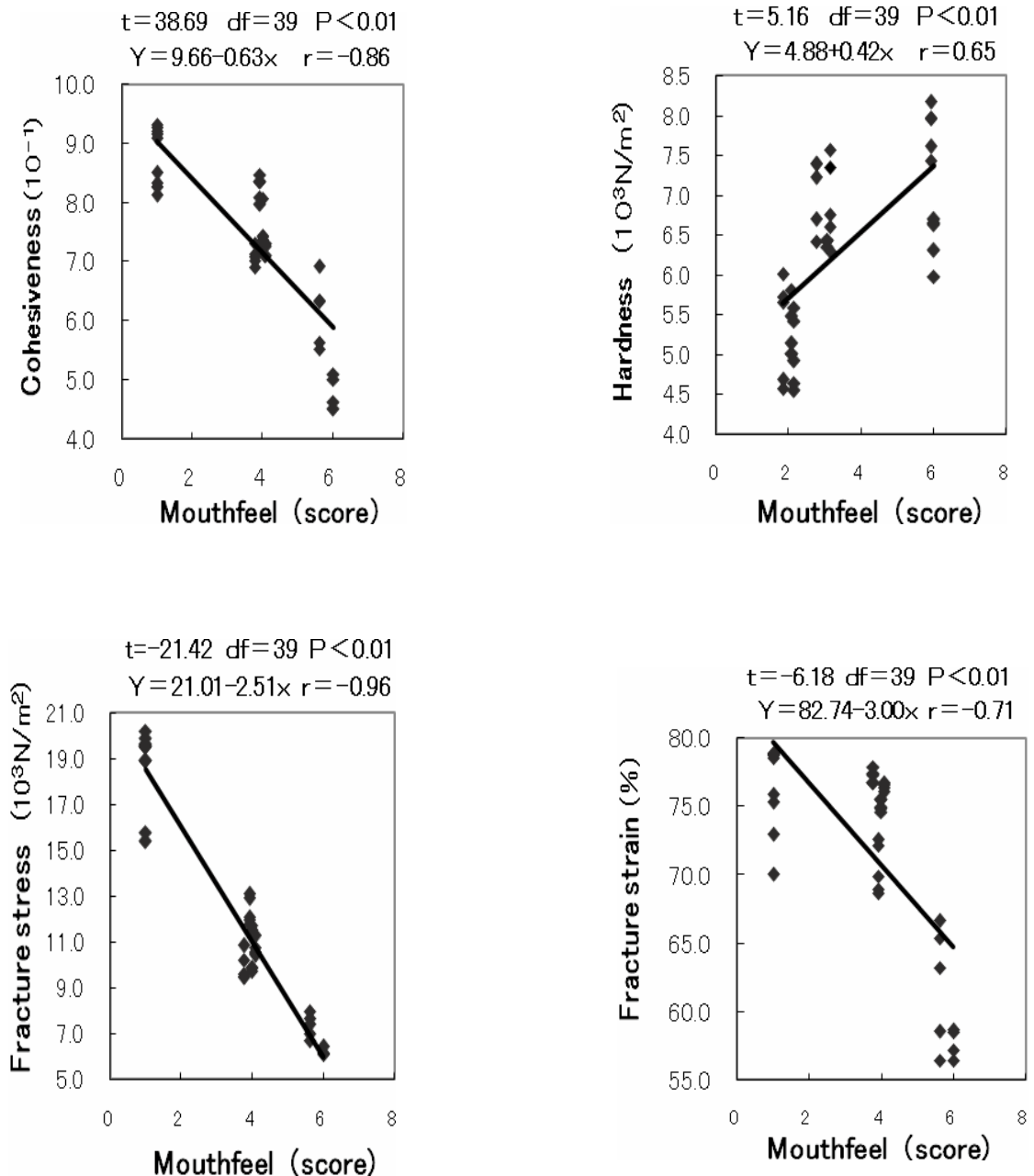


図4. ゴマ豆腐の機器測定と官能検査による評点との相関性について

集性、破断応力、破断歪率と官能検査の好ましさに負の相関がみられたのは、凝集性、破断応力、破断歪率ともに低い値を示した本葛澱粉ゴマ豆腐が、官能検査で最も好まれたためであると考えられる。

以上の点から、本葛澱粉ゴマ豆腐は、適度な硬さがあり付着性が高く、破断応力が低く、もろさと歯切れの良さから、高く評価され、ゴマ豆腐として最もふさわしい澱粉であることがわかった。さつまいも澱粉ゴマ豆腐、葛城葛澱粉ゴマ豆腐は、機器測定では他の2種と比べて類

似した力学特性を示し、官能検査ではゴマ豆腐としては軟らかすぎ、歯切れの良くないゲルであると評価された。しかし、Newell&MacFarlaneの検定により試料間の差を検定したところ、総合的な好ましさにおいて、本葛澱粉ゴマ豆腐とさつまいも澱粉ゴマ豆腐の間には有意差が認められないことから、本葛澱粉に多少のさつまいも澱粉の混入も可能であると推察された。タピオカ澱粉ゴマ豆腐は、ゴマ豆腐としては硬すぎ、付着性は低く、内部結合力が高く壊れにくいゲルであるが、粘りが強いため、ゴマ

豆腐としてはふさわしくないという結果が得られた。表1より、タピオカ澱粉ゴマ豆腐はアミロペクチン含量が最も高いことから、餅様の食感を形成すると考えられた。また、かたさ応力と凝集性において、全ての澱粉のゴマ豆腐が澱粉ゲルよりも低い値を示したのは、ゴマ乳中に含まれる油脂¹⁸⁾が影響していると考えられた。すなわち、油脂を含んだゴマ豆腐は内部結合力を下げ、ゴマ豆腐の独特のなめらかな食感を形成する要因となると推察される。本葛澱粉ゴマ豆腐が適度な軟らかさと歯切れがあり、最も好ましいという評価が得られた。さつまいも澱粉は軟らかく歯切れがよくないが、価格の点から、どの程度の混入割合がゴマ豆腐の食感として可能であるかについて今後検討が必要である。

IV. 要約

本実験では、澱粉の種類異なるゴマ豆腐の力学特性に及ぼす影響を調べるため、4種澱粉ゲルを比較し、テクスチャーと破断特性に及ぼす影響について検討し、官能検査を行った。

(1) テクスチャー測定の結果から、ゴマ豆腐と澱粉ゲルのかたさは、タピオカ澱粉、本葛澱粉、さつまいも澱粉、葛城葛澱粉の順に、また凝集性は、タピオカ澱粉、さつまいも澱粉、葛城葛澱粉、本葛澱粉の順に高い値を示した。各種ゴマ豆腐のかたさ、凝集性は、澱粉ゲルよりも低い値を示した。付着性は、各種ゴマ豆腐の方が澱粉ゲルよりも高い値を示し、ゴマ豆腐、澱粉ゲル共に、本葛澱粉が最も高く、タピオカ澱粉が最も低い値を示した。

(2) 破断測定の結果から、タピオカ澱粉の破断応力は、ゴマ豆腐、澱粉ゲル共に最も高く、本葛澱粉の破断応力は、ゴマ豆腐、澱粉ゲル共に最も低い値を示した。4種澱粉ゴマ豆腐は、塑性領域を持つ典型的な延性破断を示した。本葛澱粉ゴマ豆腐は破断歪率が最も小さく、もろさが検出され、破断しやすいゲルである。他の3種ゴマ豆腐のもろさは検出されず、破断歪率が大きかった。

(3) 官能検査の結果から、本葛澱粉ゴマ豆腐は適度な硬さ、弾力があり、歯切れの良さの点から最も高く評価された。タピオカ澱粉ゴマ豆腐は餅様の食感があり、ゴマ豆腐としてはふさ

わしくないために、評価が最も低かった。さつまいも澱粉と葛城葛澱粉ゴマ豆腐には有意差が認められず、ゴマ豆腐としては軟らかすぎると評価された。

以上の点から、本葛澱粉はタピオカ澱粉の次に硬く、付着性が高く、破断歪みの小さいやや脆いゲルであるが、本葛澱粉は、ゴマ豆腐の食感として、最も好ましいという結果が得られた。

V. 引用文献

- 1) 佐藤恵美子；ごまとうふ、日調科誌、p31、p172～177、(1998)
- 2) 並木満夫；ゴマ—その科学と機能性、丸善プラネット、p17～64、(1998)
- 3) 津田忠夫ら他3名；精進料理 永平寺料理、婦女子出版社、p28、p144 (1984)
- 4) 志の島忠；日本料理 総菜辞典、講談社、p312 (1980)
- 5) 柴田孝子；日本料理 味への道、柴田書店、p166 (1978)
- 6) 佐藤恵美子ら；胡麻豆腐の物理的性質と構造に及ぼす調製条件の影響、食科工、p42、p737～747、(1995)
- 7) 佐藤恵美子ら；胡麻豆腐の粘弾性と微細構造に及ぼす胡麻の添加量の影響、食科工、p42、p871～877、(1995)
- 8) 佐藤恵美子ら；ゴマ豆腐のテクスチャーに及ぼす調製条件の影響、食科工、p46、p367～375、(1999)
- 9) E. SATO ; Effect of mixture ratio of *kudzu* (arrowroot) starch and sesame contents on the physical properties of Food Hydrocolloids Fundamentals and Applications in Food, Biology, and Medicine, 267-274, (2000)
- 10) 佐藤恵美子ら；ゴマ豆腐のテクスチャーに影響する材料の配合割合と官能検査、食科工、p46、p285～292、(1999)
- 11) 佐藤恵美子；ゴマ豆腐のテクスチャーに及ぼすゴマ材料の種類の影響、日調科誌、(2000)
- 12) E. SATO ; Effects of Different kind of Sesame Materials on the physical Properties of *Gomatofu* (Sesame tofu), Food Hydrocolloids 17, 901-906, (2003)
- 13) 佐藤恵美子・中島友子；ゴマ豆腐の粘弾性とおししさ、県立新潟女子短期大学研究紀要、p38、p197～206 (2001)
- 14) 関根那佳子；ゴマ豆腐の破断特性に及ぼすゴマの焙煎温度の影響、新潟女子短期大学 特別研究論文 (2003)

- 15) 佐藤恵美子：ゴマ豆腐の力学特性に及ぼすゴマの焙煎温度の影響、平成14年～17年度科学研究費補助金基盤（C）研究成果報告書（2007）
- 16) E.SATO, M.WATANABE, S.NODA, and K.NISHINARI: Roasting Conditions of Sesame Seeds and Their Effect on the Mechanical Properties of *Gomatofu* (Sesame tofu), *J. Home Econ. Jpn.* Vol. 58, No 8. 471-483 (2007)
- 17) 不破英次他3名：澱粉科学の事典、朝倉書店、p371、p378、p391～392（2003）
- 18) E.SATO ; The effect of sesame oil Contents on the Mechanical properties of *Gomatofu* (Sesame tofu) *J. Society of Rheology, Japan.* Vol.33, No2, 109-108 (2005)