報 文

ハンバーグのテクスチャー

和 仁 皓 明*・村 田 一*・種 谷 真 一*

Texture of Cooked Hamburger Meat Patty

Kohmei WANI*, Hajime MURATA* and Shinichi TANEYA*

*Techincal Institute of Snow Brand Co. Ltd., 1-1-1, Minamidai, Kawagoe, Saitama-ken, 350

Texture of 10 kinds of cooked hamburger meat patty including frozen, retorted and hand-made was measured by penetration-compression method. The compression-deformation curves of the specimens measured were able to be interpreted by a mechanical model of four elements containing two sliders. From these curves, following parameters were calculated; breaking energy, w , apparent elasticity, K , viscosity, η , fracture force at initial stage, F_1 , and fracture force at last stage, F_2 . It was found that the texture of hamburger meat patty could be evaluated by three parameters such as either one of η or F_2 , either one of w or F_1 , and K based on rotated factor analysis of correlation coefficient matrix of the parameters. The size of minced meat granules affected the texture of hamburger meat patty, and showed a high correlation with η and/or F_2 .

(Received Jun. 3, 1981)

本邦において、一般にハンバーグと称し冷凍食品、レトルト食品の形態で販売に供されているものの品質は、原料配合、製造工程、調理方法などの変化によって極めて多岐にわたる。各社各様のハンバーグが市場に出廻るようになり、それらの品質を客観的なテクスチャー測定の方法で評価するのは意味があるものと考えられる。

ハンバーグのテクスチャーの主観的評価の研究として、遠藤ら¹⁾は、市販ハンバーグを実際に喫食せしめ、得られた官能特性値を多変量解析により分析し、テクスチャー表現用語との関係を調べた。一方客観的評価に関する報文は乏しく、魚肉ねり製品に類似の試み²⁾³⁾が見られるのみである。ハンバーグは非均質な構造をもつこともあって、客観的な測定の困難性から、この研究に消極的であるようにみうけられる。

本研究は、冷凍食品およびレトルト食品の市販ハンバーグ8種類と手作りハンバーグ2種類を用い、ベネトレーション法による特性値の解析と、その特性値とハンバーグの成分、形態、肉粒の大きさなどの物性値との比較を行い、ハンバーグの客観的なテクスチャーの差異を明

らかにしたので報告する。

試料および実験方法

1. 供試試料

10種類の試料は Table 1 に示した。このうち、手作り品である肉質60%の試料は、牛肉、豚肉の合挽（市販品、60%）に、玉ねぎ（15%）、パン粉（11%）、鶏卵（5%）、調味香辛料（3%）に水（6%）を配合し、厚さ12 mm、長径83 mm、短径58 mm のモールドで型抜きした後、直ちに凍結保存をした。肉質100%の試料は、牛モモ肉（市販品、99%）に調味香辛料（1%）のみを配合し、同様に型抜きした後凍結保存をして試験に供した。

市販品のほとんどは畜肉（牛肉、豚肉、馬肉、マトン肉）、鶏肉、植物蛋白、玉ねぎ、パン粉などが配合されているものであった。

冷凍品は室温にて数時間自然解凍し、レトルト品はソース、野菜などをハンバーグ表面から除去して、それぞれ以下に述べる形態、水分、肉粒度などの測定に供し

* 雪印乳業株技術研究所（〒350 埼玉県川越市南台 1-1-2）

Table 1 Samples

a:	Frozen hamburger meat patty (60% meat, hand-made, raw)
b:	Frozen hamburger meat patty (100% beef, hand-made, raw)
c:	Frozen hamburger meat patty (commercial, cooked before freezing)
d:	Frozen hamburger meat patty (commercial, cooked before freezing)
e:	Frozen hamburger meat patty (commercial, cooked before freezing)
f:	Frozen hamburger meat patty (commercial, cooked before freezing)
g:	Retorted hamburger meat patty in sauce (commercial)
h:	Retorted hamburger meat patty in sauce and vegetables (commercial)
i:	Retorted hamburger meat patty in sauce (commercial)
j:	Retorted hamburger meat patty (commercial)

Commercial hamburger meat patties were collected from local supermarket

た。またペネトレーション測定に際しては、凍結品はすべて自然解凍後ガスオープン（リンナイ社製、コンベック対流式）により、180°C、10～15分加熱し、レトルト品は沸騰する熱湯中で3分間加熱後ソース、野菜をハンバーグ表面から除去し、直ちに測定に供した。

2. 実験方法

(1) 形態・成分

各種試料につき、それぞれ10個の試料を選択し、形態として重量、厚さの測定を行い平均値を求めた。厚さの測定は、試料表面の平坦部を選定し、Teclock社製ダイヤルゲージにより測定した。なおこの測定部位は後述のペネトレーション測定の部位と同一個所である。

成分は、水分、粗脂肪、粗蛋白について分析を行った。試料は乳鉢に用いて完全に磨砕混合し、水分測定は3～5gを混砂乾燥法、粗脂肪測定は5～10gをソックスレー法、粗蛋白測定は2gをケルダール法により定量した窒素に係数6.25を乗じそれぞれ定量した⁴⁾⁵⁾。

(2) 肉粒度

ハンバーグの肉粒度については、各種試料をFig. 1の

Fig. 1 Procedure for Measurement of Proportion of dried meat granule

ように調製し、乾燥肉粒の粒度分布を求めた。この粒度分布図から、メジアン径を求め平均肉粒径とし、またそれぞれ5, 7メッシュ以上、ならびに9メッシュ以下の大きさの3種の測定重量の全体重量中の割合を求め、それぞれ5, 7メッシュ肉粒率ならびに9メッシュ以下肉粒率とした。

(3) ペネトレーション測定と解析法

10個の試料を選択し、表面の平坦な部分につき、貫入棒（円柱棒8mmφ）で定速圧縮破壊を行った。圧縮速度は5mm/minある。圧縮試験機はTOM 5000-D型（新興通信工業社製）を用い、圧縮力検出にはUゲージ（UT-2K, 新興通信工業社製）を用い自記録をした。なお記録紙送り速度は、50mm/minである。

ハンバーグの圧縮破壊に関しては、PELLEG⁶⁾が提唱した力学模型（Fig. 2）を適用することができる。この模

Fig. 2 Mechanical model of four elements containing two sliders

型中には、Maxwell 模型のほか、2つの破壊要素が組みこまれている。すなわち、最初、圧縮力 F は、変形率 D_1 まで変形が進むにつれて直線的に増加し、いわゆる弾性変形の挙動を示す。この直線の勾配から見掛けの弾性率 K を求めることができる。変形が D_1 に近づくとき破壊要素 F_1 がはずれ、そのときの破壊力を求めることができる。さらに変形が進むと、変形率 D_1 と D_2 の範囲で、粘性率 η と弾性率 K とからなる Maxwell 模型の挙動を示す。従って、この範囲の変形では、一定の圧縮速度を V とすれば、次の式が成立する⁶⁾。

$$F = KD_1 + \eta V \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{K(D - D_1)}{\eta V} \right) \right\} \quad (1)$$

ただし、 D は D_1 と D_2 間における任意の変形率である。

いま、変形が無限大になると、(1)式は次の漸近線になる。

$$F = KD_1 + \eta V \quad (2)$$

この式から η が求められる。

変形率 D_2 においては、Maxwell 物体は完全に破壊し、そのときの圧縮力は F_2 となる。

弾性変形に要した、単位体積当りの破壊エネルギー w は、

$$w = \int_0^{D_1} F dD \quad (3)$$

である。

実際には、圧縮力—変形率曲線図上から、以上に述べた解析法により、弾性率 K 、粘性率 η 、最初の破壊力 F_1 、最終の破壊力 F_2 、破壊エネルギー w などの特性値を求めることができる。

実験結果および考察

1. ハンバーグの力学的特性ならびに物性値

Fig. 3 に、各試料それぞれ 10 回の測定のうち、もっとも代表的な貫入圧縮曲線を示した。試料 c, d のように比較的圧縮力の小さいもの、試料 a, b のように圧縮力の高いもの、そしてその中間の圧縮力を示す e, f, g, h, i, j などの試料のように、力学的特性からほぼ 3 群に分けることができる。

各試料ごと、形態、成分、特性値、肉粒度について 10 回の測定の平均値を Table 2 に示した。重量 (W) は 82.3~27.8 g、厚さ (T) は 1.9~1.2 cm、水分 (M) は 65.1~51.1%、粗脂肪 (F) は 31.0~4.6%、粗蛋白 (P) は 19.7~10.4% であった。また特性値として、弾性率 K は $(0.8 \sim 2.3) \times 10^6$ dyn/cm²、粘性率 η は $(14.6 \sim$

Fig. 3 Compression-deformation curves of the specimens

$4.5) \times 10^6$ poise である。最初の破壊力 F_1 は広い範囲に分布し、 $(10.0 \sim 1.8) \times 10^5$ dyn/cm² であり、各種ハンバーグの力学的性質を十分に表現しているように考えられる。さらに最終の破壊力 F_2 は、 $(11.2 \sim 2.2) \times 10^5$ dyn/cm² であり、 F_1 同様広い分布を示している。破壊エネルギー w は、 $(41.7 \sim 3.5) \times 10^4$ erg/cm² で、同様に広い分布を示した。

肉粒率はそれぞれ 5 メッシュより大きい肉粒率 (MB 5)、7 メッシュより大きい肉粒率 (MB 7)、ならびに 9 メッシュより小さい肉粒率 (MB < 9) として表現し、それぞれ、70.4~14.7%、88.8~55.1%、44.8~11.5% の範囲であった。平均肉粒径 (MBAV) は 3.2~2.1 mm であった。また各種ハンバーグの肉粒度を求めた際、ハンバーグ重量とその肉粒部分の重量との比を求め肉固形率 (MTS) としたが、それは、23.4~15.0% の範囲であった。

2. 相関行列および因子分析

(1) 相関分析

Table 3 は、各測定値間の相関行列である。この相関行列を求めるに当り、個々の測定値は、Table 2 に示した平均値ではなく、10 個の重複試料の測定値全部を用いて計算を行った。

Table 4 において、 K 、 η 、 F_1 、 F_2 、 w などの力学模型から得られた特性値と、MB 5、MB 7 などの幾何学的物性値とを対比してみると、粘性率 μ および最終の破壊力 F_2 とが、肉粒率 (MB 5、MB 7、MB < 9) または平均肉粒径 (MBAV) に高い相関を示した。このことは、ハンバーグの品質形成上極めて重要な肉質配合に関する

Table 2 Average values of geometrical, mechanical and analytical parameters of samples

Sample	W (g)	T (cm)	M (%)	F (%)	P (%)	$K \times 10^6$ (dn/cm ²)	$\eta \times 10^6$ (poise)	$F_1 \times 10^6$ (dyn/cm ²)	$F_2 \times 10^6$ (dyn/cm ²)	$w \times 10^4$ (erg/cm ²)	MB5 (%)	MB7 (%)	MB<9 (%)	MBAV (mm)	MTS (%)
a	39.8	1.8	64.4	16.3	19.7	1.7	12.6	8.9	10.2	30.5	46.0	80.2	19.7	2.8	19.5
b	51.9	1.6	51.1	31.0	10.4	1.8	11.8	10.0	11.2	41.7	70.4	87.5	12.5	3.2	20.6
c	94.0	1.9	60.6	13.3	11.5	1.2	7.1	3.1	3.7	4.9	59.8	88.8	11.5	3.0	17.7
d	28.9	1.7	55.1	16.8	12.6	0.8	4.5	1.8	2.2	3.5	14.7	55.1	44.8	2.1	15.0
e	50.7	1.7	60.2	10.7	13.1	1.4	13.9	5.4	7.0	9.1	31.8	66.0	34.3	2.1	15.0
f	27.8	1.6	56.6	13.0	11.0	1.6	9.7	7.0	8.0	10.7	46.4	46.4	13.8	2.7	23.2
g	75.5	1.7	65.1	4.6	16.8	2.3	14.4	5.6	7.2	6.6	32.5	72.2	27.7	2.5	17.3
h	61.3	1.6	57.6	12.1	11.8	2.1	14.6	4.8	6.9	4.4	19.4	57.0	42.9	2.2	17.9
i	77.5	1.2	59.3	11.1	13.3	1.6	4.7	5.4	5.8	6.6	22.1	58.6	41.3	2.2	20.8
j	32.3	1.7	55.8	20.0	16.5	1.4	4.5	6.8	7.2	14.5	42.4	74.5	24.9	2.7	23.4
$\bar{x}$	58.9	1.6	58.6	14.9	13.7	1.6	9.8	5.9	6.9	13.2	38.6	72.6	27.3	2.6	19.6
σ_n	21.81	0.17	4.05	6.66	2.86	0.41	4.03	2.33	2.54	12.10	17.03	12.35	12.28	0.35	2.53

W: weight, T: thickness, M: moisture, F: fat, P: protein, K: apparent elasticity, η : viscosity, F_1 : fracture force at initial stage, F_2 : fracture force at last stage, w : breaking energy, MB5: proportion of dried meat granule upper 5 mesh, MB7: proportion of dried meat granule upper 7 mesh, MB<9: proportion of dried meat granule under 9 mesh, MBAV: average size of dried meat granules, MTS: proportion of dried meat granule

Table 3 Correlation coefficient matrix

K	η	F_1	F_2	w	MB5	MB7	MBAV	MTS	W	T	M	F	P	MB<9	
1	0.365	0.454	0.468	0.198	0.066	0.079	0.031	0.131	0.172	-0.221	0.318	-0.238	0.217	-0.081	K
	1	0.234	<u>0.947</u>	0.411	<u>0.821</u>	<u>0.759</u>	<u>0.803</u>	0.462	-0.057	0.058	-0.417	0.681	-0.095	-0.764	η
		1	0.535	<u>0.896</u>	0.190	-0.016	0.132	-0.062	-0.004	-0.090	0.077	0.234	0.072	0.020	F_1
			1	0.654	<u>0.776</u>	0.654	<u>0.741</u>	0.380	-0.051	0.021	-0.337	0.670	-0.058	-5.658	F_2
				1	0.527	0.316	0.486	-0.005	-0.011	0.222	-0.039	0.478	0.037	-0.313	w
					1	<u>0.947</u>	<u>0.994</u>	0.375	0.142	0.401	-0.211	0.580	-0.115	-0.947	MB5
						1	<u>0.962</u>	0.396	0.079	0.441	-0.046	0.371	-0.037	-1.000	MB7
							1	0.329	0.133	0.463	-0.166	0.552	-0.062	-0.964	MBAV
								1	0.022	-0.299	-0.243	0.252	0.018	-0.400	MTS
									1	0.045	0.278	-0.199	0.090	-0.082	W
										1	0.221	0.077	0.211	-0.442	T
											1	-0.795	0.638	0.049	M
												1	-0.241	-0.378	F
													1	0.025	P
														1	MB9

要因が、粘性率および最終の破壊力で表現できることを意味している。

一方、力学模型から得られた特性値と、形態測定値ならびに成分分析値との間の相関係数は低い値を示した。特に、厚さの測定値と、各力学的特性値との間の相関係数が有意でなかったことは、力学模型から得られた特性値が、ハンバーグの形態上の性質に依存せず、一義的にハンバーグの固有の物性を表現することを意味する。

(2) 力学的特性値の因子分析

力学模型から得られた特性値5変数に関する相関行列について因子分析⁷⁾を行った。Table 4に示した通り、主要な因子数は3因子であって、そのときの固有値の寄与率は0.994であった。Table 4の各因子の関係をFig. 4に図示した。

第1因子は粘性率 η または最終の破壊力 F_2 を表わし、第2因子は最初の破壊力 F_1 または破壊エネルギー w を、第3因子は弾性率 K を示している。すなわち、

Table 4 Rotated factor matrix derived from mechanical parameters

	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3
K	0.216	0.152	0.963
η	0.985	0.098	0.144
F_1	0.099	0.940	0.306
F_2	0.888	0.397	0.227
W	0.327	0.938	-0.022

Fig. 4 Two dimensional illustration of rotated factor matrix derived from mechanical parameters

粘性率は永久変形における抵抗であり、また最終の破壊力も永久変形の終末における破壊力である。さらに、本実験におけるハンバーグの変形は、圧縮速度が遅いため、粘性破壊を生じていると考えられるので、上記第1因子を説明する2つのパラメーターは、ほぼ同じ意味をもつものと考えられる。次に、最初の破壊力 F_1 は、弾性限界における破壊力であり、破壊エネルギーも弾性エネルギーの限界を意味するので、第2因子を説明する2つのパラメーターも、ほぼ同一の性質を持つと考えてよい。

従って、力学模型から得られた特性値5個については、(η または F_2) (F_1 または w), (K) のような3次元で、ハンバーグのテクスチャーを力学的に表現しうる。また、前述したように、第1因子の η または F_2 は、ハンバーグの肉粒に関する性質と深い関係があることも興味深いものがある。

(3) 形態ならびに分析値の因子分析

肉粒度、形態などの幾何学的測定値および成分値などの10変数について因子分析⁷⁾を行い、Table 5のよう

Table 5 Rotated factor matrix derived from geometrical and analytical parameters

	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5
MB 5	0.947	-0.036	-0.027	0.107	0.266
MB 7	0.994	-0.010	-0.053	-0.005	0.027
MB < 9	-0.993	-0.004	0.055	0.001	-0.036
MB AV	0.008	0.008	0.032	0.089	0.236
MTS	0.369	0.104	-0.858	-0.014	0.131
W	0.089	0.038	-0.005	0.983	-0.146
T	0.506	0.247	0.730	-0.029	-0.037
M	-0.006	0.463	0.171	0.151	-0.839
F	0.345	-0.032	-0.034	-0.090	0.926
P	-0.030	0.970	0.017	0.027	-0.216

に5因子が抽出された。このときの固有値の寄与率は0.965である。図示するまでもなく、第1因子は肉粒に関する性質、第2因子は粗蛋白含量、第3因子は肉含量、第4因子はハンバーグ重量、第5因子は水分含量を表わしている。すなわち、力学的特性以外の測定値につ

いては、肉粒の性質を表わすパラメーターが、ハンバーグのテクスチャーを表現する上で重要な因子であることが分る。

要 約

ハンバーグのテクスチャーを客観的方法で判定する試みとして、貫入圧縮法を適用した。本法によるハンバーグの変形圧縮曲線は、スライダーを含む4要素力学模型で説明ができ、弾性率 K は $(0.8 \sim 2.3) \times 10^6$ (dyne/cm²)、粘性率 η は $(14.6 \sim 4.5) \times 10^6$ (poise)、最初の破壊力 F_1 は $(10.0 \sim 1.8) \times 10^5$ (dyne/cm²)、最後の破壊力 F_2 は $(11.2 \sim 2.2) \times 10^5$ (dyne/cm²)、破壊エネルギー w は $(41.7 \sim 3.5) \times 10^4$ (erg/cm³) であった。

これら力学的特性値の因子分析の結果、 η または F_2 のうち1つ、 F_1 または w のうち1つ、および K の3特性でハンバーグのテクスチャーを表現しうるということがわかった。また、ハンバーグ中に存在する肉粒の性質(肉粒の大きさ、分布など)が重要であり、これらの性質は、力学的特性のうち、粘性率 η または最終の破壊力 F_2 と高い相関を示し、それぞれハンバーグのテクスチャーを表現する場合、最も重要な特性値と考えられた。

終りに本研究にあたり御指導を賜った東京農業大学小原哲二郎教授に厚く感謝致します。

文 献

- 1) 遠藤健一・磯 説子・兵野信光: 日食工誌, **23**, 511 (1976).
- 2) 山野善正・江本三男・吉岡正久・福井義明: 日食工誌, **20**, 358 (1973).
- 3) 横山理雄: 第3回食品の物性に関するシンポジウム講演要旨集, p. 60, 名古屋 (1976).
- 4) 東京大学農学部農芸化学教室編: 実験農芸化学上巻 (朝倉書店, 東京), p. 115 (1952).
- 5) 東京大学農学部農芸化学教室編: 実験農芸化学下巻, p. 674, p. 675 (1952).
- 6) PELEG, M: *J. Texture Stud.*, **7**, 243 (1976).
- 7) 奥野忠一・久米 均・芳賀敏郎・吉澤 正: 多変量解析法 (日科技連, 東京) p. 323 (1978).

(昭和56年6月3日受理)