

ソース類の流動特性と風味に及ぼす温度の影響

三浦 芳助, 濱崎 綾^{*1}, 中川 理恵^{*1}, 高橋 佳代^{*1}
竹野 里美^{*1}, 中野 裕美^{*2}

(2008年10月6日 受理)

Effect of Temperature on Rheological Properties and Flavor of Sauces

Yoshisuke MIURA, Aya HAMASAKI^{*1}, Rie NAKAGAWA^{*1}, Kayo TAKAHASHI^{*1},
Satomi TAKENO^{*1} and Hiromi NAKANO^{*2}

Abstract

An Okonomi sauce and a Yakisoba sauce, both commercially available, were analyzed for the rheological properties with a cone-and-plate type viscometer and a rotational viscometer B in order to find how temperature changes their rheological properties and to study how temperature affects their flavor.

- (1) An analysis with the cone-and-plate type viscometer revealed non-Newtonian fluidity expressed as $s = K(D)^n$ for both sauces. Apparent viscosity ($\eta_a = s/D$) decreased with shear rate increase and η_a at a constant shear rate tended to decrease with temperature increase. The Okonomi sauce was higher in apparent viscosity than the Yakisoba sauce; it was 2.3–2.8 times as high at 10°C, 2.6–3.2 times as high at 20°C, and 2.8–3.7 times as high at 30°C. The Yakisoba sauce seems to be prepared for a lower viscosity than the Okonomi sauce because it needs to mix evenly with the “noodle” at cooking.
- (2) Measurement with the rotational viscometer B showed that torque increased with increase in rotor rpm at a constant temperature for both sauces. Torque was also found to decrease with temperature increase.
- (3) A sensory evaluation was performed for the flavor of the Okonomi sauce kept at 20°C or 40°C. The level of consistency was evaluated to be higher at 20°C as was the case with viscosity measurements. However, the Okonomi sauce had a more preferred consistency when it was kept at 40°C and lower in viscosity. Sweetness was more intensely perceived at 40°C and sourness was perceived more intensely at 20°C. Also, temperature was not found to affect the intensity of hot taste and saltiness stimuli. The taste of Okonomi sauce was more preferred at 40°C. An overall evaluation gave a significantly higher (significance level, 5%) preference score to the Okonomi sauce at 40°C.

^{*1} 1999年度広島女学院大学生生活科学部卒業生

^{*2} 2004年度広島女学院大学生生活科学部卒業生

緒 言

ソースは、本来、西洋料理に用いられる種々の素材を複合した液体調味料を指し、種類も多い。我が国では、JAS によりエキス分、不溶性固形分、食塩分、酸度および粘度などの品質規格が定められており、粘度 ($\text{Pa} \cdot \text{s}$) の低いものから、ウスターソース (0.2未満)、中濃ソース (0.2以上, 1.5未満)、濃厚ソース (1.5以上) の3種類に区分されている¹⁾。

ウスターソースは、野菜類 (トマト, にんじん, たまねぎ, にんにく, セロリーなど)・果実類 (りんご, かんきつ類など) の煮だし汁, 搾汁, ピューレなどに香辛料, アミノ酸液, しょうゆ, 食塩, 砂糖, 食酢, カラメル, 調味料などを加えて加熱, 熟成して製造する。これにトマトやりんごのパルプ質やデキストリン, コーンスターチなどの糊料を加えて粘度を上げると, 中濃ソース, 濃厚ソースとなる。

お好みソースなどの濃厚ソース類は、味や香りとともに独特の粘稠性が品質を決定する重要な要因となっている。本研究では、濃厚ソース類の流動特性に着目し、市販のお好みソースおよび焼きそばソースについて、粘度計を用いた解析を試みた。また、お好みソース類は、喫食される温度域が広いことから、温度による流動特性の変化を明らかにするとともに、風味に及ぼす温度の影響についても官能検査法により検討を行った。

実 験 方 法

1 試 料

表1に、供試したお好みソースと焼きそばソース (いずれもオタフクソース株式会社製) の成分組成を示した。

表1 お好みソースと焼きそばソースの成分組成

	お好みソース	焼きそばソース
水分 (g/100 g)	62.7	60.3
たんぱく質 (g/100 g)	1.9	2.1
脂 質 (g/100 g)	0.4	0.1
炭水化物 (g/100 g)	29.5	29.1
灰 分 (g/100 g)	5.5	8.4
エネルギー (kcal/100 g)	129	126

2 流動特性の測定と解析方法

1) 流動特性の測定^{2, 3)}

ソース類の流動特性の測定は、コーン・プレート（円錐－平板）型回転粘度計（RE100U，東機産業株式会社製）およびB型（単一円筒型）回転粘度計（RB110L，東機産業株式会社製）を使用した。各試料について、10～50℃の範囲で10℃ごとに5段階の温度で測定した。

コーン・プレート型回転粘度計は、既報⁴⁾で述べたように、円錐と平板との間にはさまれた試料に均一流動を与えることが可能であり、特に非ニュートン流体の解析に適している。プレート上にシリンジで試料を0.4 ml 注入し、コーン（3°×R12）を装着して、ずり速度とずり応力の関係を求めた。

一方、B型回転粘度計は、簡易的な粘度測定法として製造現場における粘稠性に対する品質管理のために多用されている。300 ml 容トルビーカーに試料を300 ml（ビーカー目盛り）入れ、お好みソースはローターM3、焼そばソースはローターM2を用いて所定の回転数におけるトルク（回転能率）を測定した。

2) 流動特性の解析

流体の流動の特性を表すずり応力 s とずり速度 D との関係を示す曲線（図1）を流動曲線という。ニュートン流体（直線1）は、 s と D の関係が原点を通る直線となるものをいい、次式

$$s = \eta D \quad (1)$$

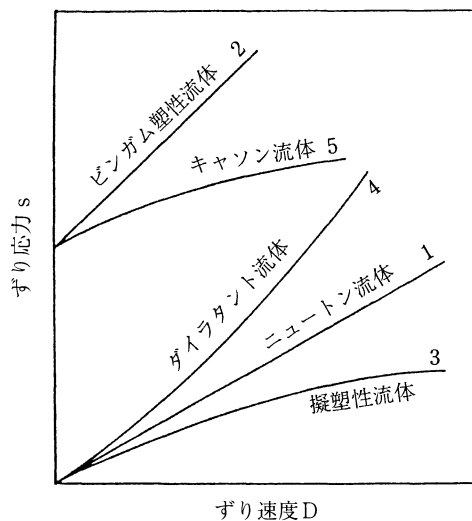


図1 ニュートン流体と非ニュートン流体の流動図

で表される。比例定数の η が粘度である。粘度の単位は、国際単位系 (SI) では $\text{Pa}\cdot\text{s}$ (パスカル・秒), 従来の CGS 系では, $\text{g}/\text{cm}\cdot\text{s} = \text{P}$ (ポアズ) である。水は代表的なニュートン流体性を示し, 20°C の粘度は $1 \text{ mPa}\cdot\text{s} (= 1 \text{ cP})$ である。

ずり応力とずり速度の関係が (1) 式で表現できないものを非ニュートン流体という。非ニュートン流体では、粘度は一定とならず、ずり速度 (ずり応力) の関数となる。この場合、あるずり速度に対応するずり応力の比を用いて、これを見かけ粘度 η_a ($\eta_a = s/D$) と定義している。非ニュートン流体は、既報⁴⁾ で述べたように、次のように分類される。

(a) ビンガム塑性流体 (直線 2) 一定のずり応力までは固体のような弾性を示し、それ以上の応力では液体のように流動を始める現象を塑性という。ビンガム塑性流体は、次式

$$s - s_y = \mu D \quad (2)$$

で示され、ずり応力 s が降伏値 (弾性の性質を示すずり応力の最大値) s_y に達するまでは、流動は起こらず、ずり応力が s_y を超えると、ずり速度は $(s - s_y)$ に比例して増加する。 μ を塑性粘度または剛性係数という。

塑性流体の中には、ずり応力の降伏値 s_y 以上のずり応力で流動するとき、ずり速度が $(s - s_y)$ に比例せず、次式

$$\sqrt{s - s_y} = K_c \sqrt{D} \quad (3)$$

にしたがうものもある。これをキャソン (Casson) 流体という (曲線 5)。 K_c はキャソン定数である。

(b) 指数法則流体 ずり応力がずり速度の n 乗に比例する流体、すなわち。次式

$$s = K(D)^n \quad (4)$$

で表されるものを指数法則流体という。 n は流動性指数、 K は粘性定数である。流動性指数 n が、 $n < 1$ の流体を擬塑性流体 (曲線 3)、 $n > 1$ の流体をダイラタント流体 (曲線 4) という。見かけ粘度は、ずり速度の上昇とともに、擬塑性流体では減少する。一方、ダイラタント流体では増加し、流れにくくなる。

B 型回転粘度計は、試料の位置によりずり速度が異なるため、コーン・プレート型回転粘度計のように、見かけ粘度の数値を一義的に決定することは不可能である。このため、所定の回転数でローターを回転させたときのトルクを測定し、これを見かけ粘度に相当する値として取り扱っている。

3 お好みソースの官能評価

お好みソースの温度による嗜好性の差異を知るために、表2に示した検査用紙を用いて官能評価を行った。パネルは広島女学院大学の学生で構成した。得られた結果は、カイ二乗検定により有意水準5%で判定を行った。

表2 お好みソースの風味に関する官能検査用紙

温度の異なるお好みソースについて、次の質問に答えてください。
必ずどちらかを選んでください。

1. どちらの「香り」が好きですか。○で囲んでください。
20°C 40°C
2. 食感について
 - ・どちらに「粘り」がありますか。○で囲んでください。
20°C 40°C
 - ・どちらが好きですか。○で囲んでください。
20°C 40°C
3. 味について
 - ・どちらが「甘味」を強く感じますか。○で囲んでください。
20°C 40°C
 - ・どちらが「辛味」を強く感じますか。○で囲んでください。
20°C 40°C
 - ・どちらが「酸味」を強く感じますか。○で囲んでください。
20°C 40°C
 - ・どちらが「塩味」を強く感じますか。○で囲んでください。
20°C 40°C
 - ・どちらの「味」が好きですか。○で囲んでください。
20°C 40°C
4. 総合評価
どちらが好きですか。○で囲んでください。
20°C 40°C
5. 感想を書いてください。

ご協力ありがとうございました。

実験結果および考察

1 ソース類の流動特性の解析

1) コーン・プレート型回転粘度計による測定結果

所定の温度に設定したお好みソースと焼そばソースの“ずり応力 (s)”と“ずり速度 (D)”

の対数を取り, 図2と図3に示した。測定温度が40°C以上になると, 試料が微量のため, 測定中に試料の表面が膜状に変化したため, 流動特性の解析はできなかった。したがって, 図には10°C, 20°C, 30°Cの測定結果を示した。図より明らかなように, いずれの温度においても良好な直線関係を示したことから, 非ニュートン流体のうち, (4) 式 $[s = K(D)^n]$ で表される指数法則流体として取り扱い得ることが分かった。表3には, 得られた流動特性値を示した。お好みソース, 焼そばソースとも流動性指数 n が1より小さいことから, 擬塑性流体(図1の曲線3)としての特徴を有することが明らかになった。

図4と図5は, 見かけ粘度(η_a)に及ぼす温度とずり速度の影響をみたものである。また, 得られた流動特性値(表3)から見かけ粘度を算出し, 表4と表5に示した。お好みソースお

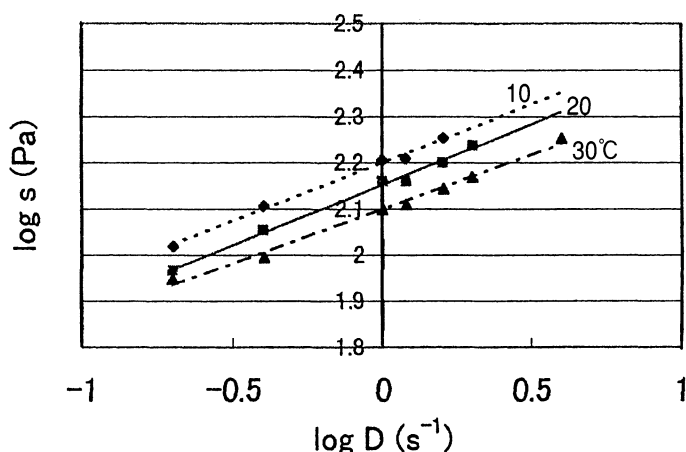


図2 お好みソースの流動特性に及ぼす温度の影響

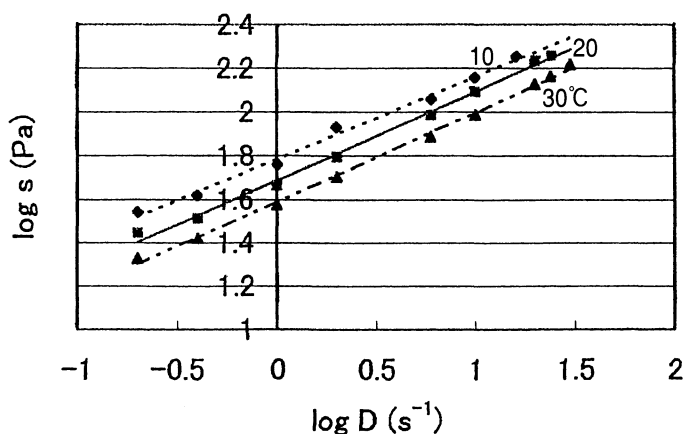


図3 焼そばソースの流動特性に及ぼす温度の影響

表3 ソース類の流動特性値

名 称	温 度 (°C)	K (粘性定数)	n (流動性指数)
お好みソース	10	158	0.253
	20	142	0.262
	30	126	0.237
焼そばソース	10	61.7	0.378
	20	48.6	0.405
	30	38.8	0.410

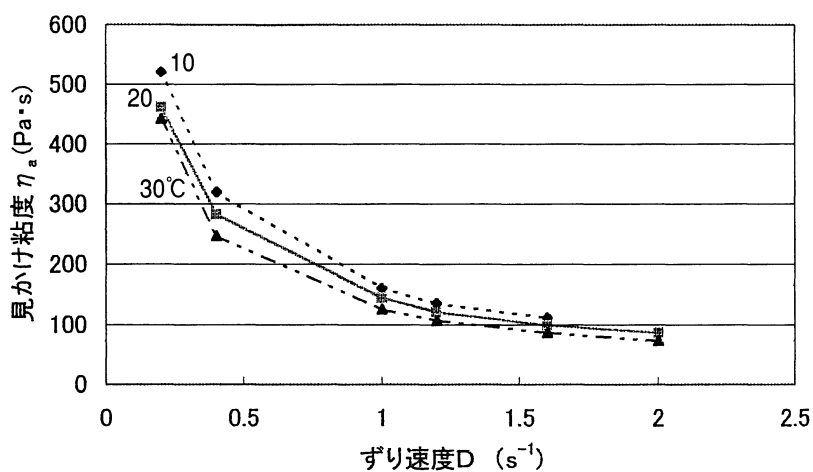


図4 お好みソースの見かけ粘度に及ぼす温度の影響

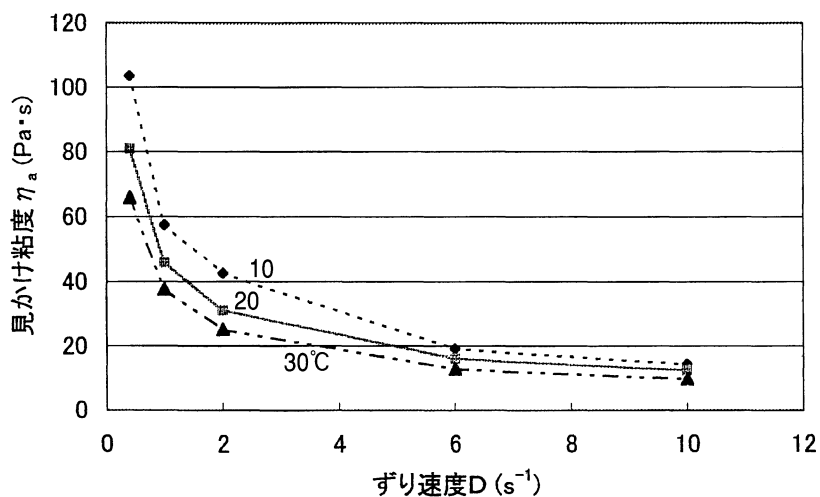


図5 焼そばソースの見かけ粘度に及ぼす温度の影響

表4 お好みソースの見かけ粘度*

温度 (°C)	ずり速度 D (s ⁻¹)			
	0.25	0.5	1.0	2.0
10	445	265	158	94.1
20	395	237	142	85.1
30	363	214	126	74.2

* (Pa·s)

表5 焼そばソースの見かけ粘度*

温度 (°C)	ずり速度 D (s ⁻¹)				
	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0
10	95.0	61.7	40.1	26.1	17.0
20	73.4	48.6	32.2	21.3	14.1
30	58.4	38.8	25.8	17.1	11.4

* (Pa·s)

表6 お好みソースと焼そばソースの見かけ粘度の比較*

温度 (°C)	ずり速度 D (s ⁻¹)		
	0.5	1.0	2.0
10	2.79	2.56	2.35
20	3.23	2.92	2.64
30	3.66	3.25	2.88

* 焼そばソースの見かけ粘度を1としたときのお好みソースの値

よび焼そばソースのいずれも、見かけ粘度はずり速度の増加とともに低下すること、また、一定のずり速度における η_a は、温度上昇に伴い低下する傾向が認められた。非ニュートン流体は、前述したように、見かけ粘度はずり速度 (D) によって異なるため、お好みソースと焼そばソースの「粘稠性」を比較する際には、一定のずり速度における見かけ粘度に着目する必要がある。そこで、焼そばソースの見かけ粘度 (D = 0.5, 1.0, 2.0 s⁻¹) を1としたときのお好みソースの値を算出し、その結果を表6に示した。お好みソースは、焼そばソースより見かけ粘度が大きく、10°C では2.3~2.8倍、20°C では2.6~3.2倍、30°C では2.8~3.7倍であった。焼そばソースは、調理時に“そば”に均一に絡まることが必須であるため、お好みソースより低粘度に調製されているものと考えられる。また、表1にみられるように、水分含量はお好みソースの方が高いにもかかわらず、高粘度となっている。これは、お好みソースが、糊料などの増粘物質をより多く添加して製造されているためと推察される。

2) B型回転粘度計による測定結果

図6と図7にトルクに及ぼす温度の影響を示した。B型回転粘度計は、一般に多量（本研究では300 mlに設定）の試料を用いるため、50℃まで安定した精度の高い測定が可能であった。図より明らかなように、お好みソース、焼そばソースとも、同一温度ではローターの回転数が増大するとともにトルクは上昇した。また、温度の上昇に伴ってトルクが低下する傾向が明確になった。

ソース類の製造現場では、あらかじめ嗜好性の高い「粘稠性」もつソースについてB型回転

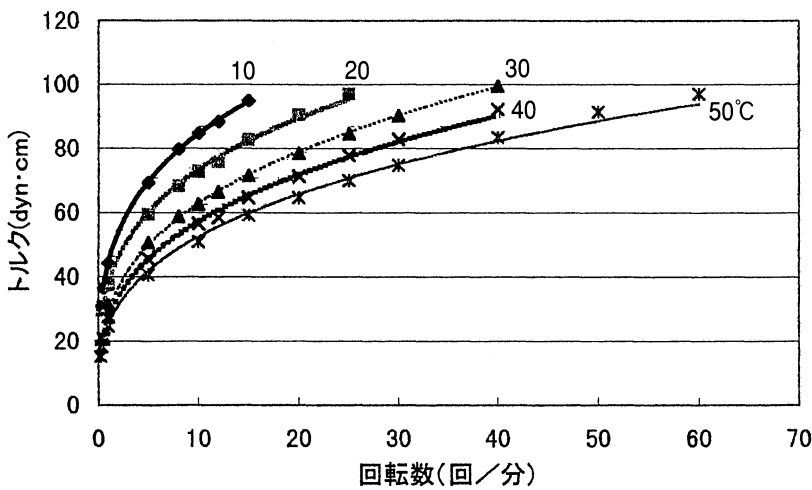


図6 お好みソースのトルクに及ぼす温度の影響

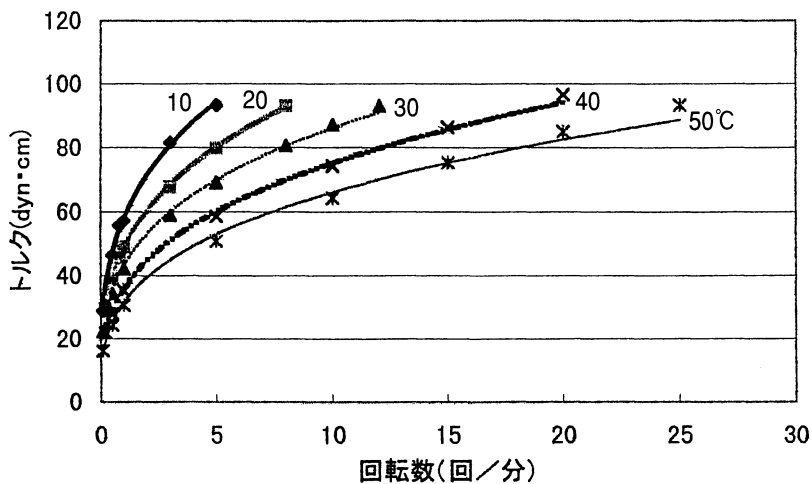


図7 焼そばソースのトルクに及ぼす温度の影響

粘度計による測定を実施し、所定の測定条件におけるトルクの値を把握しておき、これを製造条件の設定や品質管理の指標としている。

2 お好みソースの嗜好性に及ぼす温度の影響

お好みソースの温度を20℃と40℃に調整し、表2の検査用紙を用いて官能評価を行った。その結果を表7に示した。食感(粘り)については、粘度計による測定結果と同様、20℃の方が「粘度」が高いと評価されたが、嗜好性は「粘度」の低い40℃のものが好まれた。香りについては、第2回目では40℃の方が有意に好まれた。味(甘味・辛味・酸味・塩味)に関する評価は、甘味は40℃、酸味は20℃の方が強く感じられる傾向が認められた。辛味と塩味は温度による刺激の強さへの影響はないことが示唆された。しかしながら、味の嗜好性は、40℃のものが有意に好まれていた。また、総合評価では、40℃の方が有意に好まれることが明らかになった。

表7 お好みソースの風味に関する官能評価の結果

	No. 1		No. 2	
パネラー (人)	31		29	
温 度 (°C)	20	40	20	40
1. 香り 好ましいとした人数	18	13	6*	23*
2. 食感 粘りがあるとした人数 好ましいとした人数	22* 9*	9* 22*	18 12	11 17
3. 味 甘味を強く感じるとした人数 辛味を強く感じるとした人数 酸味を強く感じるとした人数 塩味を強く感じるとした人数 好ましいとした人数	9* 15 18 15 8*	22* 16 13 16 23*	12 15 17 14 6*	17 14 12 15 23*
4. 総合評価 好ましいとした人数	9*	22*	4*	25*

* 有意水準5%で有意

お好みソースの風味は、「家庭用」と「お好み焼き店」のものには違いがあり、「お好み焼き店」の方がおいしいとの指摘がなされることが多い。これは、「お好み焼き店」では、鉄板の横に置かれた「温まった」ソースを使い、一方、家庭では冷蔵庫から取り出した「冷たい」ソースを使用することも、「おいしさ」に差異が生じる一因と考えられる。

要 約

市販のお好みソースおよび焼きそばソースについて、コーン・プレート型回転粘度計とB型回転粘度計を用いて流動特性の解析を試み、温度による流動特性の変化を明らかにするとともに、風味に及ぼす温度の影響について検討を行った。

- 1) お好みソースおよび焼きそばソースは、コーン・プレート型回転粘度計を用いた流動特性の解析の結果、いずれも $s = K(D)^n$ で表される非ニュートン流体性を示した。見かけ粘度 ($\eta_a = s/D$) は、ずり速度が増すにつれて低下し、また、一定のずり速度における η_a は、温度上昇に伴い低下する傾向が認められた。お好みソースは、焼きそばソースより見かけ粘度が大きく、10°C では2.3～2.8倍、20°C では2.6～3.2倍、30°C では2.8～3.7倍であった。焼きそばソースは、調理時に“そば”に均一に絡まることが必須であるため、お好みソースより低粘度に調製されているものと思われる。
- 2) B型回転粘度計による測定の結果、お好みソース、焼きそばソースとも、同一温度ではローターの回転数が増大するとともにトルクは上昇した。また、温度の上昇に伴ってトルクが低下する傾向が明らかになった。
- 3) お好みソースの温度を20°C と40°C に調整し、風味に関する官能評価を行った。食感（粘り）については、粘度計による測定結果と同様、20°Cの方が「粘度」が高いと評価されたが、嗜好性は「粘度」の低い40°Cのものが好まれた。味に関する評価は、甘味は40°C、酸味は20°Cの方が強く感じられ、また、辛味と塩味は温度による刺激の強さへの影響はないことが認められた。味の嗜好性は、40°Cのものが有意に好まれていた。また、総合評価では、40°Cの方が有意に好まれることが明らかになった。

お好みソースおよび焼きそばソース、並びに、関係資料を提供していただいたオタフクソース株式会社に感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 三浦芳助：食べ物と健康3（化学同人，東京），p. 130（2004）.
- 2) 川端晶子：食品物性学（建帛社，東京），p. 115（1999）.
- 3) 三浦芳助：新食品・加工概論（同文書院，東京），p. 140（2005）.
- 4) 三浦芳助，木本美穂，山根 梢，米澤久美：広島女学院大学論集，55，55（2005）.