

## 温度及び味・風味が粒子に関連する口中感覚に及ぼす影響

中野優子<sup>1)\*</sup>, 早川文代<sup>1)</sup>, 香西みどり<sup>2)</sup>

(2020年7月30日受付, 2020年9月23日受理)

温度及び味・風味が粒子に関連する口中感覚に及ぼす影響を、ニンジンピューレと微結晶セルロース懸濁液を用いて検討した。破碎の程度が異なる3種のピューレについて、コントロール(20℃, 無添加)と低温(10℃), 高温(60℃), グラニュー糖添加(20℃), クエン酸添加(20℃)試料間の2バイトテクスチャー試験による硬さ, 凝集性, 付着性および官能特性を比較した。低温試料では, 機器測定による硬さと付着性はコントロールよりも有意に高かったが, 知覚される粒子感やなめらかさに差は無かった。破碎の程度が粗いピューレでは, 高温またはグラニュー糖添加でなめらかさが高く, この影響は粒子を感じやすい条件で現れると考えられた。次に粒子を知覚しやすい微結晶セルロース懸濁液を用い, コントロール(20℃, 無添加)と低温(10℃), 高温(60℃), グラニュー糖添加, クエン酸添加, バニラエッセンス添加, レモンエッセンス添加(いずれも20℃)試料の粒子感を, 口に入れた直後, 口腔内保持中, 嚥下後に評価した。その結果, 香りは粒子感に影響せず, 高温またはグラニュー糖添加で粒子感は低下した。クエン酸添加試料では嚥下後の方が粒子感は強く, 口に入れてからのタイミングを考慮した評価の必要性が示された。

キーワード: 官能評価; 口中感覚; 粒子感; 食品粒子

### 緒言

食品のテクスチャーは, 食品のおいしさに大きく影響する要因の一つである。このうち「かたい」, 「ねばる」といった力学的特性に関連するテクスチャーなどに比べて, 「ざらつく」, 「なめらか」「粉っぽい」といった, 食品の幾何学的特性 (Szczeniak, 2002) に関連するテクスチャーについての報告は少ない。

食品の幾何学的特性に関連するテクスチャーのうち, 特に食品中の粒子の知覚に関しては, 粒子濃度および分散媒の影響 (Imai et al., 1995a, b) や, ざらつき感に及ぼす粒子特性の影響 (Imai et al., 1998; Imai et al., 1999ab) などについて報告されている。また, とろみ調整食品の添加によって口腔のざらつき認知閾値が上昇するといった報告もある (伊藤ら, 2019)。著者らは既報 (中野ら, 2018) にて, 微結晶セルロース懸濁液を用いて5基本味や分散媒の粘度が粒子感の知覚に及ぼす影響について報告した。その際, 粒子感は舌と口蓋の間だけでは

なく, 嚥下後に喉の奥などで知覚される場合があることや, 試料に味がある場合は味が先に知覚され, 粒子感は味覚よりも遅れて知覚される可能性が示唆された。しかし, こうした口腔内における粒子感の知覚のタイミングについては, これまで明らかになっていない。粒子が呈するテクスチャーは, 嚥下困難者用食品も含めた様々な食品の品質に影響するため, その知覚のされ方を明らかにすることで, 粒子を含む種々の食品のテクスチャーの制御や, 効果的な品質評価方法の開発に繋がると考えられる。

調製条件がざらつき感やなめらかさ, おいしさなどに影響する食品としては, 小豆ねり餡 (谷地田ら, 1972) やヴィシソワーズ (茂木と山本, 1987; 野坂ら, 2001) など様々な調理品が挙げられる。著者らは, 食品中の粒子に関連する口中感覚が好ましさに強く影響する食品としてピューレに着目し, 破碎の程度が異なるニンジンピューレの性状と粒子感やなめらかさなどの口中感覚との関係について報告した (中野ら, 2020)。しかし, 実

1) 農研機構 食品研究部門

2) お茶の水女子大学 基幹研究院

\*責任著者: 農研機構 食品研究部門 食品加工流通研究領域

〒305-8642 茨城県つくば市観音台2-1-12 TEL: 029-838-7176 FAX: 029-838-7996

E-mail: nakanoy556@affrc.go.jp

際の食品は様々な温度や味に調整され、それに付随して香りなども変化すると考えられる。これまで、こうした要因が粒子に関連する口中感覚に及ぼす影響については検討されていない。

そこで本研究では、粒子感の知覚に温度や味・風味が与える影響について、ニンジンピューレおよび水に不溶で粒子を知覚しやすい微結晶セルロースを水に懸濁した試料を用いて検討することとした。ニンジンピューレを用いた検討では、実際の調理を想定し、破碎の程度が異なるピューレを用いて、温度や味の違いがピューレの呈する口中感覚に及ぼす影響を明らかにすることとした。さらに、微結晶セルロース懸濁液を用いて、温度や味、香りが粒子感の知覚に及ぼす影響について、粒子感が知覚されるタイミングを考慮して検討した。

## 試料および方法

### 1. 試料

#### 1) ニンジンピューレ

試料として用いるニンジンピューレは、既報（中野ら、2020）に準じ、以下の方法に従って調製した。はじめに、ニンジン（北海道産）の上下1 cmを切り落とし、皮つきのまま沸騰したRO水（ニンジン重量の1.5～2倍量）中で30分間煮熟した。加熱終了後室温まで冷却し、ピーラーで皮を除去した後、フードプロセッサー（TK700, テスコム）を用いて予備的に破碎した。予備破碎したニンジンピューレ300 gを、ホモジナイザー（HF93, エムエステー）を用いて回転速度2500, 5000, 10000 rpmで10分間破碎し、段階的に破碎の程度異なる3種のニンジンピューレを得た。なお、既報（中野ら、2020）において同様の方法で調製した各ニンジンピューレのメジアン径は、2500 rpm 破碎ピューレが344.1  $\mu\text{m}$ , 5000 rpm 破碎ピューレが264.9  $\mu\text{m}$ , 10000 rpm 破碎ピューレが203.7  $\mu\text{m}$ であった。

破碎の程度異なる3種のニンジンピューレについて、それぞれコントロール（20  $^{\circ}\text{C}$ , 無添加）、温度を調整した試料として低温試料（10  $^{\circ}\text{C}$ ）および高温試料（60  $^{\circ}\text{C}$ ）、味を調整した試料としてグラニュー糖（三井製糖）5.0 wt% 添加試料（20  $^{\circ}\text{C}$ ）およびクエン酸（食品添加物グレード, 丹羽久）0.8 wt% 添加試料（20  $^{\circ}\text{C}$ ）を調製した。グラニュー糖およびクエン酸の添加濃度は、既報（中野ら、2018）をもとに決定した。

低温試料および高温試料の温度はピューレを冷蔵庫および保温庫に入れることで調整し、力学的特性の測定お

よび官能評価を実施する前に規定の温度になっていることを確認した。グラニュー糖およびクエン酸の添加は、ニンジンピューレを破碎した後に行った。

#### 2) 微結晶セルロース懸濁液

微結晶セルロースは水に不溶な無味無臭の白色粉末で、口中における粒子の知覚について調べる際に広く用いられている食品添加物である（Imai et al., 1995a, b; Lopez et al., 2016; 伊藤ら, 2019）。本研究では、ニンジンピューレと比較して粒子を知覚しやすく、温度の変化や物質の添加による力学的特性の変化が小さい試料として、RO水に微結晶セルロース（エンデュランス MCC VE-090, FMC バイオポリマー）を2.0 wt% 懸濁させ試料として用いた。なお、既報（中野ら, 2018）において測定した同様の微結晶セルロースのメジアン径は125.2  $\mu\text{m}$ であった。微結晶セルロース懸濁液はマグネチックスターラーを用いて2時間以上攪拌した後に試験に用いた。

ニンジンピューレと同様に、試料温度20  $^{\circ}\text{C}$ 、無添加の試料をコントロールとし、温度を調整した試料として、低温試料（10  $^{\circ}\text{C}$ ）および高温試料（60  $^{\circ}\text{C}$ ）、味を調整した試料としてグラニュー糖5.0 wt% 添加試料（20  $^{\circ}\text{C}$ ）およびクエン酸0.8 wt% 添加試料（20  $^{\circ}\text{C}$ ）とした。さらに、香りが粒子感に及ぼす影響を検討するため、バニラエッセンス（共立食品）0.4 wt% 添加試料（20  $^{\circ}\text{C}$ ）、レモンエッセンス（ナリヅカコーポレーション）0.8 wt% 添加試料（20  $^{\circ}\text{C}$ ）を調製した。低温試料および高温試料の温度は、微結晶セルロース懸濁液を冷蔵庫および保温庫に入れることで調整し、官能評価を実施する前に規定の温度になっていることを確認した。バニラエッセンスおよびレモンエッセンスの添加量は、香りが容易に知覚でき、両者が同程度の香りの強さになるよう予備実験により決定した。香りの減退を防ぐため、フレーバーエッセンスの添加は官能評価を実施する直前に行った。

### 2. ニンジンピューレのテクスチャー特性の測定

クリープメータ（RE2-33005C, 山電）を用いて2バイトテクスチャー試験（TPA; Texture Profile Analysis）によりニンジンピューレのテクスチャー特性を測定した。測定の際は、直径40 mm、高さ15 mmの容器に試料を充填し、直径20 mm円柱型プランジャーを用いて、圧縮速度10 mm/sec、圧縮率66.7%で2回圧縮した。得られた結果より、1回目の圧縮ピークの応力を硬さ、引張過程の負の応力を付着性、1回目の圧縮ピークの面積

に対する 2 回目の圧縮ピークの面積比を凝集性として求めた。測定は各試料 5 回ずつ繰り返して行った。測定時の試料温度は、低温試料は 10 °C、高温試料は 60 °C、その他の試料は 20 °C とした。

### 3. 官能評価

パネルは、お茶の水女子大学調理学研究室の研究員計 15 名とした。官能評価を行うにあたっては、本研究の趣旨および意義の説明を口頭と文書にて十分に行い、同意を得た。なお本研究は、お茶の水女子大学人文社会科学部の倫理審査委員会の許可を得たものである（承認番号 2018-12）。

#### 1) ニンジンピューレ

ニンジンピューレの評価項目はニンジンの風味(carrot flavor)、甘味(sweetness)、酸味(sourness)、なめらかさ(smoothness)、粒子感(granular sensation)の強さとした。本研究における粒子感は、ざらつきや粒感といった、ピューレ中に含まれる粒子に起因するテクスチャーと定義した。ピューレを評価する際は、プラスチック製のスプーンを用いて試料を一口分ずつ口に入れ評価させた。各項目の評価には「全く感じない」を 0、「これ以上ないくらい強い」を 100 とした 10 cm の線尺度を用いた。順序効果を考慮し、試料呈示順はパネリストによってランダムに入れ替えた。

#### 2) 微結晶セルロース懸濁液

微結晶セルロース懸濁液の評価においては、予備実験により、試料を口に含んでから嚥下するまでの間に粒子を感じる場所や感じ方が変化する可能性が考えられた。そこで、評価のタイミングを、試料を「口に入れた直後」、口の中で 10 秒間試料を味わう「口腔内保持中」、試料を飲み込んだ後の「嚥下後」の 3 段階に分け、各タイミングにおける粒子感の強度を評価させることとした。評価の際は、試料 10 mL をプラスチックカップに入れて提示した。評価前に試料全体をよく攪拌して均一な状態にしてから、全量を口に含んで 10 秒間よく味わい、その後飲み込むよう指示した。粒子感の強さの評価には 10 cm の線尺度を用い、「全く感じない」を 0、「これ以上ないくらい強い」を 100 とした。順序効果を考慮し、試料呈示順はパネリストによってランダムに入れ替えた。

### 4. 統計解析

ニンジンピューレのテクスチャー特性の測定および官能評価の結果に対しては、2500、5000、10000 rpm 破砕ピューレそれぞれについて、Dunnett の検定 (Dunnett, 1955, 1964) を用い、コントロールと各試料間の比較を行った。微結晶セルロース懸濁試料の粒子感の評価結果については、コントロールと各試料間の評点の比較は Dunnett の検定により行い、微結晶セルロース懸濁液における口に入れた直後、口腔内保持中、嚥下後での粒子感の評点の比較には Tukey の HSD 検定を用いた。いず

Table 1. Effects of temperature and taste on the texture profile of carrot puree

Sample	Hardness (N/m <sup>2</sup> × 10 <sup>3</sup> )	Cohesiveness	Adhesiveness (J/m <sup>3</sup> × 10 <sup>3</sup> )	
2500 rpm	Control	2.44 ± 0.23	0.70 ± 0.03	1.15 ± 0.06
	Low-temperature	3.12 ± 0.15 <sup>***</sup>	0.72 ± 0.02	1.36 ± 0.03 <sup>***</sup>
	High-temperature	2.39 ± 0.06	0.67 ± 0.03	1.13 ± 0.06
	Granulated sugar	2.26 ± 0.07	0.70 ± 0.03	1.09 ± 0.02
	Citric acid	2.23 ± 0.09	0.69 ± 0.03	1.10 ± 0.05
5000 rpm	Control	2.16 ± 0.06	0.68 ± 0.02	1.10 ± 0.02
	Low-temperature	2.43 ± 0.14 <sup>***</sup>	0.71 ± 0.03	1.21 ± 0.05 <sup>**</sup>
	High-temperature	2.08 ± 0.12	0.69 ± 0.04	1.12 ± 0.06
	Granulated sugar	1.92 ± 0.07 <sup>**</sup>	0.71 ± 0.02	1.01 ± 0.01 <sup>**</sup>
	Citric acid	2.13 ± 0.05	0.71 ± 0.03	1.08 ± 0.03
10000 rpm	Control	1.54 ± 0.02	0.71 ± 0.02	0.90 ± 0.04
	Low-temperature	1.73 ± 0.07 <sup>***</sup>	0.72 ± 0.02	0.98 ± 0.06 <sup>†</sup>
	High-temperature	1.43 ± 0.07 <sup>**</sup>	0.70 ± 0.02	0.86 ± 0.02
	Granulated sugar	1.45 ± 0.04 <sup>†</sup>	0.71 ± 0.02	0.86 ± 0.03
	Citric acid	1.48 ± 0.02	0.72 ± 0.02	0.88 ± 0.02

Mean ± SD (n = 5). Hardness, cohesiveness, and adhesiveness were measured using a rheometer. Carrot puree samples were homogenized at 2500, 5000, or 10000 rpm. Control, 20 °C without additives; low-temperature, 10 °C without additives; high-temperature, 60 °C without additives; granulated sugar, 20 °C with 5.0 wt% granulated sugar; citric acid, 20 °C with 0.8 wt% citric acid. Symbols indicate the significance of differences compared with the control using Dunnett's test (<sup>†</sup>p < 0.05, <sup>\*\*</sup>p < 0.01, <sup>\*\*\*</sup>p < 0.001).

れの解析にも JMP14.0 (SAS Institute Inc.) を用いた。

## 結果および考察

### 1. 温度と味がニンジンピューレの口中感覚に及ぼす影響

ニンジンピューレの力学的特性の測定結果を Table 1 に示した。硬さおよび付着性には温度や呈味物質添加の影響が見られたが、凝集性は試料条件によらず同程度の値となった。いずれの破碎条件のニンジンピューレにおいても、硬さと付着性は低温試料の方がコントロール (20 °C, 無添加) よりも大きく、低温試料はコントロールと比較して変形しにくいことが示された。高温試料のテクスチャー特性はコントロールとの顕著な差は見られなかったが、10000 rpm 破碎ピューレでは高温試料の硬さが有意に低値となり、コントロールよりもやわらかく変形しやすかった。5000 rpm および 10000 rpm 破碎のニンジンピューレでは、グラニュー糖添加試料の硬さがコントロールよりも有意に低値となり、5000 rpm 破碎ピューレでは付着性についても低値となるなど、グラニュー糖添加によりピューレは変形しやすくやわらかい性状になった。これは、5.0 wt% のグラニュー糖の添加により単位体積あたりの固形物量がやや減少したためだと考えられる。クエン酸添加試料の硬さや付着性は、いずれの破碎条件でもコントロールと比較して有意な差は認められなかった。クエン酸の添加量は 0.8 wt% とグラ

ニュー糖と比較して少なく、ピューレの硬さや付着性に与える影響は小さかったと考えられる。

ニンジンピューレの官能評価結果を Table 2 に示した。破碎条件ごとにコントロールと各試料の評点を比較したところ、ニンジンの風味は、2500 rpm 破碎ピューレの低温試料と全てのクエン酸添加試料で有意に低下した。前者は低温によるフレーバーリリースの低下、後者は酸味によるニンジンの風味のマスキング効果によると考えられた。また、いずれの破碎条件においても、グラニュー糖添加試料とクエン酸添加試料でそれぞれ甘味と酸味がコントロールと比較して有意に高まり、呈味物質の添加により味は大きく変化したことが確認された。

粒子感の強さは、いずれの破碎条件でもコントロールとの間に有意差は認められなかったが、破碎の程度が粗い 2500 rpm 破碎ピューレでは、コントロールと比較して高温試料とグラニュー糖添加試料のなめらかさが有意に高値となった。すなわち、粒子感の強さは同程度であったとしても、なめらかさは異なって知覚されていた。粒子感とは粒子を含む食品の多くに発現する官能特性であり、評点 0 は粒子が全く知覚されない状態であると定義できる。一方微結晶セルロース懸濁液のような試料では、粒子の存在が全く知覚されなかったとしても、なめらかさの感覚は発現しない。本研究結果は、粒子感となめらかさは単に相反する感覚なのではなく、それぞれ異なる要素が関係していることを示していると考えられる。

2500 rpm 破碎ピューレにおいて、高温試料とグラ

Table 2. Effects of temperature and taste on the sensory attributes of carrot puree

	Sample	Carrot flavor	Sweetness	Sourness	Smoothness	Granular sensation
2500 rpm	Control	61.4 ± 15.3	45.5 ± 16.0	3.3 ± 5.4	34.7 ± 15.3	54.2 ± 16.6
	Low-temperature	42.4 ± 18.3 <sup>***</sup>	36.6 ± 25.7	3.3 ± 5.2	46.6 ± 16.0	48.0 ± 16.6
	High-temperature	66.1 ± 14.2	34.6 ± 19.7	1.9 ± 2.8	57.3 ± 20.3 <sup>**</sup>	43.6 ± 19.7
	Granulated sugar	53.7 ± 12.3	64.1 ± 13.3 <sup>†</sup>	3.0 ± 5.1	52.3 ± 13.2 <sup>†</sup>	47.7 ± 16.4
	Citric acid	35.1 ± 14.7 <sup>***</sup>	25.1 ± 15.5 <sup>*</sup>	65.6 ± 12.4 <sup>***</sup>	46.9 ± 17.0	48.3 ± 17.8
5000 rpm	Control	58.2 ± 9.1	50.3 ± 14.2	3.8 ± 3.6	41.8 ± 16.6	51.2 ± 21.0
	Low-temperature	47.9 ± 19.6	42.1 ± 24.7	2.1 ± 2.1	54.4 ± 18.6	47.0 ± 19.9
	High-temperature	62.8 ± 20.1	48.4 ± 21.6	1.8 ± 1.9	55.5 ± 15.1	41.7 ± 17.7
	Granulated sugar	58.5 ± 12.4	74.9 ± 8.1 <sup>***</sup>	3.7 ± 5.4	56.9 ± 15.9	41.2 ± 23.2
	Citric acid	29.7 ± 17.2 <sup>***</sup>	29.5 ± 18.3 <sup>***</sup>	70.5 ± 11.3 <sup>***</sup>	53.7 ± 17.3	51.3 ± 19.6
10000 rpm	Control	59.7 ± 12.0	53.2 ± 16.7	6.9 ± 8.0	76.8 ± 14.2	13.8 ± 9.7
	Low-temperature	43.9 ± 19.7	41.7 ± 20.6	3.0 ± 3.3	74.5 ± 12.0	14.3 ± 11.0
	High-temperature	64.2 ± 15.1	53.0 ± 23.2	2.5 ± 2.7	82.3 ± 9.3	11.7 ± 10.7
	Granulated sugar	57.9 ± 18.5	75.6 ± 8.3 <sup>***</sup>	3.0 ± 5.0	80.2 ± 11.8	12.9 ± 10.4
	Citric acid	31.1 ± 21.7 <sup>***</sup>	31.7 ± 14.1 <sup>**</sup>	70.7 ± 10.1 <sup>***</sup>	76.1 ± 9.1	12.6 ± 10.7

Mean ± SD (n = 12-15). Carrot puree samples were homogenized at 2500, 5000, or 10000 rpm. Control, 20°C without additives; low-temperature, 10 °C without additives; high-temperature, 60 °C without additives; granulated sugar, 20 °C with 5.0 wt% granulated sugar; citric acid, 20 °C with 0.8 wt% citric acid. The attributes were rated on a 100 mm unstructured line scale, and values were obtained as scores by measuring the distance in millimeters between the mark made by the panelists and the left end of the line (0: feel nothing at all; 100: extremely high). Symbols indicate the significance of differences compared with the control using Dunnett's test (<sup>†</sup>p < 0.05, <sup>\*\*</sup>p < 0.01, <sup>\*\*\*</sup>p < 0.001).

ニュー糖添加試料の機器測定による硬さおよび付着性はコントロールと差がなかったが、官能評価ではコントロールよりも有意になめらかであると評価された。一方、硬さおよび付着性が有意に高値であった低温試料のなめらかさは、コントロールとの間に有意な差がなかった。このように、機器測定値と官能評価では異なる傾向が見られ、硬さや付着性とは異なる要因がなめらかさに影響していると考えられた。本研究においてTPA試験は各試料一定の温度で行われたが、官能評価の際の試料温度は口に含んでいる間に徐々に変化すると考えられ、特に低温試料や高温試料では機器測定と官能評価で試料の状態に差異が生じた可能性がある。今後摂食中の温度変化も踏まえて検討を行うことで、温度が粒子に関連する口中感覚に与える影響についてより詳細に明らかにできると考えられる。また、味が粒子感に与える影響について、著者らは既報（中野ら，2018）にて、グラニュー糖添加による甘味づけによって微結晶セルロース懸濁液の粒子感は弱まることを報告している。本研究では破碎の程度が粗い2500 rpm 破碎ピューレのグラニュー糖添加試料でのみ、甘味の効果が認められた。このことから、粒子に関連するテクスチャーに高温や甘味が及ぼす影響は、特に粒子サイズが大きい場合のような、粒子を知覚しやすい条件で顕著に現れると考えられた。

以上により、温度の調整や呈味物質の添加による力学的特性の変化以外の要因が、実際に人が知覚するなめらかさや粒子感に影響している可能性が考えられた。

## 2. 温度及び味・風味が微結晶セルロース懸濁液の粒子感に及ぼす影響

温度や味・風味の異なる微結晶セルロース懸濁液の

粒子感の評価結果を Table 3 に示した。口に入れた直後、口腔内保持中、嚥下後のいずれにおいても、高温試料の粒子感はコントロール（20 °C，無添加）と比較して有意に小さくなった。粒子感は、分散媒の粘度の増加により知覚されにくくなると報告されている（今井ら，1995a; 今井ら；1995b; 中野ら，2018; 伊藤ら，2019）。分散媒として用いたRO水の粘度は高温になるほどわずかに低下するため、粘度の低下により粒子を感じやすくなる可能性が考えられたが、実際は高温条件により粒子感が顕著に減少した。すなわち、高温条件での分散媒の粘度低下による粒子感増強作用よりも、高温による粒子感低下作用の方がより強く作用することが示唆された。これには、高温による口腔内の触覚の感度低下や、高温試料評価時には例えば舌の動きが遅くなるなどの味わい方の変化が関係している可能性が考えられる。一方低温試料の粒子感は、いずれの評価タイミングにおいてもコントロールと有意な差がなかった。RO水は温度の低下により粘度がわずかに増加するが、粘度の増加による粒子感低下作用は確認されなかった。堀尾（1999）は、口腔内での食品形態識別能は試料温度が体温に近い36 °Cの時に最も高く、10 °Cや60 °Cでは識別能力が低下すると報告している。温冷刺激は口腔粘膜の触覚閾値を上昇させるという報告もある（青柳，2011）。食品の粒子感についても、試料温度が体温付近の時に最も識別能力が高く、体温から離れるほど知覚されにくくなると考えられることから、高温試料で有意な粒子感低下作用が認められたのは、より体温から離れていたためであった可能性がある。ニンジンピューレのような食品では、温度の違いによって硬さや付着性といった力学的特性も変化するが、微結晶セルロース懸濁液はピューレよりも温度

Table 3. Effects of temperature, taste, and flavor on the granular sensation of microcrystalline cellulose suspension

Sample	Just after placing in mouth	Holding in mouth	After swallowing
Control	50.8 ± 16.4	50.8 ± 16.3	49.4 ± 14.6
Low-temperature	43.3 ± 16.6	55.8 ± 11.4	46.9 ± 11.2
High-temperature	28.7 ± 16.0**	23.4 ± 19.7***	23.6 ± 15.8***
Granulated sugar	28.2 ± 14.2**	28.5 ± 11.0**	30.8 ± 19.2*
Citric acid	45.7 ± 23.1 <sup>b</sup>	57.2 ± 18.0 <sup>ab</sup>	63.8 ± 12.3 <sup>a</sup>
Vanilla flavor	32.8 ± 16.3	36.0 ± 17.6	40.0 ± 14.1
Lemon flavor	40.1 ± 17.9	46.0 ± 18.3	46.1 ± 14.7

Mean ± SD (n = 12-14). The samples were 2.0 wt% microcrystalline cellulose suspensions. Control, 20 °C without additives; low-temperature, 10 °C without additives; high-temperature, 60 °C without additives; granulated sugar, 20 °C with 5.0 wt% granulated sugar; citric acid, 20 °C with 0.8 wt% citric acid; vanilla flavor, 20 °C with vanilla flavor essence; lemon flavor, 20 °C with lemon flavor essence. Symbols indicate the significance of differences compared with control using Dunnett's test (\*p < 0.05, \*\*p < 0.01, \*\*\*p < 0.001). Different letters indicate significant differences by Tukey's HSD test (p < 0.05).

による力学的特性の変化が比較的小さいと考えられるため、温度自体が粒子の知覚に与える影響が顕著に表れたと考えられる。また、温度が食品の形態識別能に与える影響について調べた先行研究において、1.5 cm 角のトウフおよびカマボコを10秒間口に入れた時の試料の温度変化は1.5℃であったと報告されている(堀尾, 1999)。微結晶セルロース懸濁液では、トウフのような固形試料よりも試料を口に入れた際の温度変化はより大きかった可能性が考えられる。試料温度を体温付近に調整した微結晶セルロース懸濁液の粒子感の知覚のされ方や、微結晶セルロース懸濁液の口腔内での温度変化と粒子感の知覚に関する詳細な検討については、今後の課題としたい。

グラニュー糖添加試料はコントロールと比較していずれの評価タイミングにおいても粒子感が有意に低下した。これは既報(中野ら, 2018)の結果と一致していた。このことから、甘味の知覚と粒子感には感覚間の相互作用があり、甘味による粒子感の低下は粒子を知覚するタイミングによらず起こることが確認された。クエン酸添加試料の粒子感は、コントロールとの間に有意な差が認められなかったが、嚥下後の粒子感はコントロールと比較してやや高い傾向がみられた( $p = 0.053$ )。また、クエン酸添加試料について、口にいった直後、口腔内保持中、嚥下後の粒子感の強さをTukeyのHSD検定により比較したところ、口に入れた直後よりも嚥下後の粒子感が有意に強いと評価された。これは、試料を口に含んだ直後は酸味というわかりやすい刺激を主として知覚するため粒子があまり意識されず、試料を嚥下した後に粒子感に意識が向くようになったためであると考えられる。既報(中野ら, 2018)において、微結晶セルロースをクエン酸0.4, 0.8 wt%溶液に懸濁した試料の粒子感を、知覚のタイミングを指定せずに評価させたところ、パネリストによる評価のばらつきが大きく、酸味が粒子感の知覚に及ぼす影響は明確ではなかった。これは、パネリストによって粒子感の強さを判断するタイミングが異なっていたためだと推察される。本研究結果より、粒子が呈する口中感覚を評価する際には、評価のタイミングを考慮することでより有用なデータが得られる可能性が示唆された。

バニラエッセンスまたはレモンエッセンスを用いて香りづけをした微結晶セルロース懸濁液では、知覚される粒子感の強さに明確な影響は見られなかった。バニラエッセンスは甘味を、レモンエッセンスは酸味を想起させると考えられたが、香りは味や温度と比べて粒子感の知覚に与える影響は小さいことが示唆された。

## まとめ

本研究では、温度や味・風味が食品中の粒子が呈する口中感覚に及ぼす影響について、破碎の程度の異なるニンジンピューレおよび微結晶セルロース懸濁液を用いて検討した。

### 1) 破碎の程度の異なる3種のニンジンピューレについて

コントロール(20℃, 無添加)と低温(10℃), 高温(60℃), グラニュー糖添加(20℃), クエン酸添加(20℃)試料の力学的特性(2バイトテクスチャー試験による硬さ, 凝集性, 付着性)および官能特性を比較した。破碎の程度によらず、機器測定による硬さと付着性は低温試料においてコントロールよりも有意に大きくなったが、低温試料の粒子感やなめらかさはコントロールと差がなかった。一方で、破碎の程度が粗いピューレでは、高温試料とグラニュー糖添加試料において、機器測定値には差がなかったにも関わらず、なめらかさが有意に高まった。このことから、高温や甘味が粒子に関連するテクスチャーに及ぼす影響は、特に粒子を知覚しやすい条件で顕著に現れると考えられた。

### 2) 微結晶セルロース懸濁液について

コントロール(20℃, 無添加)と低温(10℃), 高温(60℃), グラニュー糖添加(20℃), クエン酸添加(20℃), バニラエッセンス添加(20℃), レモンエッセンス添加(20℃)試料間の粒子感の強さを、口に入れた直後、口腔内保持中、嚥下後の3段階に分けて評価し比較した。高温またはグラニュー糖添加により、いずれのタイミングでも粒子感には有意に低下した。低温およびバニラやレモンの香りは粒子感に有意に影響しなかった。以上により、高温や甘味は粒子に関連する口中感覚に影響するが、その程度は試料の状態によって異なることが示唆された。

### 3) クエン酸を添加した微結晶セルロース懸濁液について

口に入れた直後よりも嚥下後の粒子感が有意に高まった。これは、酸味というわかりやすい刺激が先に知覚されることで、粒子感が遅れて感じられたためだと考えられた。このことから、粒子が呈する口中感覚を評価する際には、評価のタイミングを考慮することでより有用なデータが得られる可能性が示唆された。

以上により、温度や味は粒子が呈する口中感覚に影響を与えることが明らかとなり、嚥下困難者用食品やピューレといった粒子を含む種々の食品のテクスチャーを評価・制御する際に考慮すべき要因であることが示された。

## 利益相反の有無

すべての著者に開示すべき利益相反はない。

## 引用文献

青柳順也 (2011) 口腔粘膜感覚閾値を変動させる要因についての検討—冷温刺激効果を中心に—, 日本口腔科学会雑誌, 60, 189-198

Dunnnett CW (1955) A multiple comparison procedure for comparing several treatments with a control, *Journal of the American Statistical Association*, 50, 1096-1121.

Dunnnett CW (1964) New tables for multiple comparisons with a control, *Biometrics*, 20, 482-491.

堀尾強 (1999) 食品の温度が形態識別能と嗜好に及ぼす影響, *人間工学*, 35, 41-46.

Imai E, Hatae K and Shimada A (1995a) Degree of grittiness perceived as mouth feeling: effects of particle size, concentration of dispersed particles and dispersion, *Journal of Home Economics of Japan*, 46, 1151-1158.

Imai E, Hatae K and Shimada A (1995b) Oral perception of grittiness: Effect of particle size and concentration of the dispersed particles and the dispersion medium, *Journal of Texture Studies*, 26, 561-576.

Imai E, Tamaru R, Hatae K and Shimada A (1998) Effect of the physical properties of food on the recognition of particles and the distinguishable size range of the particles in the mouth, *Journal of Home Economics of Japan*, 49, 243-253.

Imai E, Hatakeyama M, Hatae K and Shimada A (1999a) Relationship between the physical properties of foods and the graininess perceived by the mouth -recognition of

particles and distinction of particle size-, *Journal of Home Economics of Japan*, 50, 1233-1243.

Imai E, Saito K, Hatakeyama M, Hatae K and Shimada A (1999b) Effect of physical properties of food particles on the degree of graininess perceived in the mouth, *Journal of Texture Studies*, 30, 59-88.

伊藤佳彦, 古川奈緒, 伊藤和花菜, 田中恭恵, 服部佳功 (2019) とろみ調整食品の添加が口腔のざらつき知覚に及ぼす影響, *日本全身咬合学会雑誌*, 25, 44-48.

Lopez FL, Bowles A, Gul MO, Clapham D, Ernest TB and Tuleu C (2016) Effect of formulation variables on oral grittiness and preferences of multiparticulate formulations in adult volunteers, *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 92, 156-162.

茂木美智子, 山本誠子 (1987) ヴィシソワーズスープの食味に及ぼす破碎操作の影響, *調理科学*, 20, 130-136.

中野優子, 笠松千夏, 野中雅彦, 香西みどり (2018) 食品の粒子感覚に及ぼす粒子特性と分散媒の影響, *日本調理科学会誌*, 51, 326-335.

中野優子, 早川文代, 香西みどり (2020) ニンジンピューレの粒子に関連する口中感覚の評価, *日本調理科学会誌*, 53, 177-186.

野坂千秋, 星川恵里, 久保田浩二, 小川宣子, 渡邊乾二 (2001) シェフによる調理法の解析からみた好ましいビシソワーズの調理操作条件の提言, *日本調理科学会誌*, 34, 2-9.

Szczesniak AS (2002) Texture is a sensory property, *Food Quality and Preference*, 13, 215-225.

谷地田武男, 中島幸一, 坪谷真理子 (1972) 餡に関する研究 (第4報) 餡の粒度構成と練餡の物理性について, *新潟食研報告*, 12, 31-38.

## Effect of Temperature, Taste, and Flavor on Intraoral Granular Sensations Produced by Particles

NAKANO Yuko<sup>1)\*</sup>, HAYAKAWA Fumiyo<sup>1)</sup> and KASAI Midori<sup>2)</sup>

(Received: Jul. 30, 2020/ Accepted: Sep. 23, 2020)

### Summary

In this study, we investigated the effects of temperature, taste, and flavor on intraoral granular sensations produced by carrot puree and microcrystalline cellulose suspensions. We compared the texture profiles (hardness, cohesiveness, and adhesiveness measured by texture profile analysis) and sensory properties between control (20 °C without additives), low-temperature (10 °C without additives), high-temperature (60 °C without additives), granulated sugar-added (20 °C), and citric acid-added (20 °C) carrot puree samples prepared by homogenization at 2500, 5000, or 10000 rpm. The hardness and adhesiveness of the low-temperature samples were significantly higher than those of the control samples, but there was no difference in their granular sensation and smoothness. Among the low-homogenization samples, smoothness was significantly higher in the high-temperature and granulated sugar-added samples. Next, using a microcrystalline cellulose suspension that facilitates perception of particles, we compared the level of perceived granular sensation between control (20 °C without additives), low-temperature (10 °C without additives), high-temperature (60 °C without additives), granulated sugar-added (20 °C), citric acid-added (20 °C), vanilla-flavored (20 °C), and lemon-flavored (20 °C) samples just after placing them in the mouth, while holding them in the mouth, and after swallowing. Flavor did not affect the perceived granular sensation, but this sensation was significantly reduced for the high-temperature and granulated sugar-added samples. The perceived granular sensation of the citric acid-added sample was significantly higher after swallowing compared to just after placing in the mouth. These findings indicate that use of high-temperature and granulated sugar may result in a reduced granular sensation. They also suggest the necessity of considering the timing of such evaluations.

**Key words:** sensory evaluation, intraoral sensation, granular sensation, food particle

1) Food Research Institute, NARO

2) Ochanomizu University, Faculty of Core Research

\* Corresponding author: Division of Food Processing and Distribution Research, Food Research Institute, NARO  
2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8642, Japan. TEL: 029-838-7176 FAX: 029-838-7996  
E-mail: nakano556@affrc.go.jp