

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H01618

研究課題名(和文) 固形状食品の咀嚼挙動がテクスチャーおよびフレーバーの知覚に及ぼす影響の解明

研究課題名(英文) Effects of mastication on texture and flavor perception of solid foods

研究代表者

神山 かおる (KOHYAMA, Kaoru)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品研究部門・主席研究員

研究者番号：00353938

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：食品は不均一で非平衡状態にあり、摂食時には構造が大きく変化する。固形状食品の摂食過程を考慮した新しいテクスチャーおよびフレーバーの評価法を開発した。やわらかいゲルなどは舌と硬口蓋の間で押しつぶされるが、硬い場合は歯を用いた咀嚼が行われる。この摂食様式を決める物理的要因が破壊変形であることが、モデル舌を用いた機器測定で示唆された。圧縮試験に下方と側方からのビデオ観察を併用し、破壊現象を明確に解析した。ヒトの計測については、力学特性と一口に入れる量を制御したゲルを用いて、摂食中に分泌された唾液量を定量した。さらに実食品として、一口に入れる量を固定した米飯の咀嚼筋筋電位から自由な咀嚼挙動を推定した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

摂食中に構造が大きく変化する固形状食品について、テクスチャーおよびフレーバーの新規な評価法をいくつか提案した。破壊荷重が同等でも、舌で押しつぶされる場合と歯で噛まないで破壊できない場合があり、この摂食様式を決める要因が破壊変形であることが、モデル舌を用いた機器測定で示唆された。ビデオ観察の併用は、食品の破壊現象の理解を助けるものである。コロナ禍の影響もあり、ヒト試験は当初の計画通りには行えず、実証は不十分なものの、舌圧や唾液分泌量などの個人差によるテクスチャーやフレーバーの違いも示唆される結果が得られた。これらの研究成果は、少子高齢社会におけるおいしい食品開発に応用できると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Foods are heterogeneous and non-equilibrium and show significant structural changes during eating. Novel methods for texture and flavor evaluation are developed. Soft solid foods such as gels are crushable between the tongue and the hard palate, but hard foods are chewed with teeth. Instrumental measurements using model tongues suggested that fracture deformation rather than fracture force determines these eating pattern of humans. A compression test combined with video observation from the bottom and side was conducted to clearly analyze the fracture phenomenon of soft gels.

As human measurements, the amount of saliva secreted during oral processing was quantified using model gels in which the mechanical characteristics and the bite-size were controlled. Furthermore, the mastication behavior of cooked rice as a real food was evaluated using electromyography of masticatory muscles. Natural eating behavior was estimated with electromyography parameters of a fixed bite.

研究分野：食品科学

キーワード：食品 テクスチャー フレーバー 味覚 咀嚼 モデル舌 唾液 舌圧

1. 研究開始当初の背景

食品のテクスチャーとフレーバーは、食品のおいしさに関与する感覚機能(二次機能)として、研究されてきた[1]。食品は不均一で非平衡状態にあり、その物性には部位差や経時的な変化がある。さらに、食べる時に食品の構造が大きく変化する。今世紀になり、筋電位等のヒトの生理学的測定を、物理化学的な機器測定や官能評価に併用して、摂食中に知覚されるテクスチャーやフレーバーを動的に解析する Food Oral Processing の研究が盛んになってきた[1-4]。テクスチャーとフレーバーはおいしさに及ぼす食品の二大因子で、その相互作用もある。食品の物性は、直接テクスチャーに影響するほか、フレーバーリリースを変えるため間接的にフレーバーを制御する効果がある。ヒトの感じるフレーバーは、食品に含まれる呈味物質だけでは決まらず、固形状食品では構造が強く「かたく」なるほど、放出量が少なくなり、感覚強度が弱くなること、モデル食品を用いた *in vitro* 実験および官能評価で明らかにされてきた。

研究代表者らもゲルのテクスチャーとフレーバーとの関係を研究してきた[5, 6]。固形状食品では、咀嚼開始時は味を感じず、何回かの咀嚼後に感じられ始め、最大値に達した後減少に転じ、嚥下後、筋電位はほとんど消失するが、味はしばらく残存する。

研究代表者らの咀嚼試験では、今まで、一口に摂取する量(以下一口量)を決めて自由に摂食させる条件で筋電位等の計測を行ってきた。一般に個人差は食品差より大きい、健康な成人が食べ慣れた食品を摂取する時の咀嚼挙動や、嚥下される食塊の物理的状態は同一人の同一食品では類似する。一口量を決めて咀嚼法を指示、摂取量を含め全く自由に摂食、等の条件で実施した文献もあるが、異なる条件下での研究の比較は困難である。一口量を定めずに官能評価をすると、判断が難しい時には摂取量が多くなり、咀嚼速度の低下に伴い食品のレオロジー的性質が変わってしまう可能性がある。全く自由に摂食させると、満足感は摂食速度や一口量と負の、咀嚼回数や摂食時間とは正の相関が認められ、食物のテクスチャー、「かたさ」に関する性質の関与が強く示唆されている[8, 9]。

一般に薄味でよく咀嚼される「かたい」食品は、健康に良さそうな反面、フレーバーが弱いいためおいしくないとされる。高齢化が進む中、テクスチャーを調整した介護食のニーズが高まっている。固形状食品をやわらかく加工するとフレーバーは強くなるはずだが、介護食はおいしくないため、食欲低下を招いている。テクスチャーやフレーバーが一様な介護食とは反対に、最近、同じ成分を含むならば、不均一な方が、ゆっくり摂食されフレーバーを強く感じる事が示唆されている[1, 10-15]。

以上の背景から、固形状食品の物性、「かたさ」と均一性を変えれば、意識せずに、一口量、咀嚼量、食べる速度や唾液分泌量が制御でき、健康的でかつ、おいしい食事が提供できるのではないかと考えられる。では食べ方を決める、「かたさ」とは何か? 硬い・固い・堅い・難いと色々と想定されるが、食品化学、栄養学、食習慣や食挙動を扱った研究において、数量的な表記がされる栄養成分と異なり、テクスチャー等の物理的状態については、単に「かたい」、容易に噛める、等の定量的に扱えない表現がなされている場合が少なくない。これでは食品開発の指標にすることが困難である。

2. 研究の目的

本研究では、咀嚼される固形状食品の摂食中に変化する食品特性を、動的・時系列的な解析を行う。これにより、固形状食品のテクスチャーとフレーバーの関係に関する新知見を得て、おいしい食品の設計に貢献することを目指している。劇的に変化する摂食中の食品物性を数値化し、物理的意味が明確に定義された測定値の中から摂食挙動により変化する因子を抽出し、それらを調整しておいしさを最大にする食品開発のための指標を示す計画である。また、嚥下しやすさという観点から、やはり摂食挙動により変化するテクスチャーと味の相互作用と唾液分泌の関係解明を目標とする。

咀嚼と味刺激による唾液分泌は、両者とも感情を介さない無条件反射による唾液分泌を誘導することが知られている[16]。一方、嚥下するまでに分泌される唾液量は、一定であるという知見がある[17]。そこで、本研究では、咀嚼による唾液分泌と味刺激による唾液分泌の独立性について解析する。咀嚼による唾液分泌と味刺激による唾液分泌が完全に別個であるならば、嚥下時間を想定した食品の設計は単純計算で成り立つ。一方、双方が相互作用する場合は、その関係を用いて、食品に応じた適切なテクスチャーとフレーバーの設計が必要となる。

分析型官能評価を伴う場合や、咀嚼回数や速度等の咀嚼条件を意識した食べ方ではおいしさを十分に感じることは難しい。食品物性を制御すれば、意識せずに咀嚼挙動が変わり、知覚されるテクスチャーとフレーバーの変化により、おいしさを最大化できると予想して、それをヒトの計測値により客観的に示すことが本研究課題の特徴である。

まず力学特性や形状、含まれる呈味物質を制御しやすいゲル、次に実際の食品を用いて、健康な被験者に決められた咀嚼条件あるいは自由に摂食させ、生体計測により筋活動、唾液分泌量、味覚強度等の経時的な変化を定量化する。一方で、試料の物性をできるだけ多く機器測定し、生理的なパラメータをこれらの物性値の関数として示す。これにより咀嚼挙動を変化させる食品

の「かたさ」を物理的に定義でき、異なる摂食条件で実施された既報の相互比較が可能となり、おいしさを最大化する食べ方についての知見が得られる。

テクスチャーと味覚の専門研究者が共同で行う本研究課題は、摂食中のテクスチャー及びフレーバーの解析が総合的に行える特長を最大限に生かしたものである。本研究から得られる基礎的知見は、おいしい食品の開発に直結し食品産業界に大きく貢献するだけでなく、将来的には、咀嚼能力の発達を促す、メタボ対策に有効な食品や食事を提供する、咀嚼弱者に食べやすい食品を提供し低栄養を防止する等、各年代の生活者ニーズにも応えられると考える。

3. 研究の方法

(1) 食品系の構築とその物理化学特性の機器測定

本研究では、ハイドロコロイドゲルを固形状食品のモデルとして用い、力学特性を制御した。ジェランガムのアシル基含量を変えることにより破壊歪が高中低の3段階、それぞれについてガム濃度を変えることにより破壊荷重を高低の2段階に調整した[18-21]。一口大の大きさとして直径20 mm、高さ10 mmの円柱状に成形し、室温20℃において、10 mm/sの平板圧縮で破壊荷重が20 N未満の場合は、健常者は容易に舌でつぶすことができたが、20 N以上となると破壊歪が大きいゲルほど歯で噛む割合が増えると知られている[18]。その他に、ジェランガムゲルよりも弾性率が高く脆い寒天ゲルも用いた[22]。

食事の場合への応用を見据えて、主食として大量に消費されているゲル状食品として、良食味と知られる米品種から調製した米飯も試料にした[23]。テクスチャーとフレーバーの相互作用を考慮して、食品用ゲル化剤を配合して調製したゲルに、呈味物質を加えたモデル試料の中から、ヒト計測で一度に比較できる数点に絞って食品試料とした。

食品試料の物理的特性の評価については、弾性率等の小変形でのレオロジー特性、破壊特性、破壊後の破片の表面積等の特性をできる限り詳細に調べた。基礎的なレオロジーによる既存法に限界があることを想定し、人間の舌のようなやわらかい材料を取り入れた新しい機器測定法を開発する。この新規な方法については、研究成果で詳しく記述する。

フレーバーについては、呈味物質による試料の物性が影響されない範囲で用いた。単独の呈味物質としてショ糖、食塩、スクラロース等を加えたゲルを調製し、咀嚼中に分泌される唾液量を、摂食中に吐き出した食塊中の唾液を測定して得た。ゲル化剤及び呈味物質等の濃度は、実際の食品に含まれる量を越えては使用しなかった。

(2) ヒトの計測試験

閉口筋である左右咬筋、および開口及び舌運動を反映する舌骨上筋群の筋電位で咀嚼性を、スライド式のスイッチでTime-Intensity (以下、TI) 法によるフレーバーの感覚強度を、同時に測定した[5-6]。まず実験者自らが被験者となり、スムーズに実験が行えるプロトコルを考案した。指定する摂食条件、食品試料数、一口量、試料提示法等を検討し、効果的な測定項目を決定した。ヒト試験の実験計画は、ヘルシンキ宣言に従い、所属機関である国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構食品研究部門の人対象研究倫理審査委員会に提出し、承認を受け(承認番号29NFRI-0001 および29NFRI-0005)、被験者のインフォームドコンセントを得て実施した[22, 23]。

被験者の官能評価の訓練は、基本味の溶液、次に(1)で選定したゲルに基本味をつけたモデル食品からのフレーバーリリースを対象に実施した。動的な官能評価には、一つの性質の強さを調べるTI法の他に、多数の性質から最も強いものを選ぶTDS(Temporal Dominance of Sensations)法もある。本研究では、テクスチャーとフレーバーを同時に対象とすることから、テクスチャーとフレーバー用語の中から数~10個程度選んで、TDS法も検討した。

咀嚼条件の違いおよび官能評価の有無での摂食挙動を筋電位計測で数値化した。また、VAS(Visual Analogue Scale)法を用いて、強制的に決めた咀嚼条件が不自然で、被験者が食べにくいと感じるか否かを官能評価した。

摂食中に破壊された食品と唾液が混合してできた食塊を口腔から回収して、その力学機器測定および唾液分泌量を解析した[22]。

ヒト試験で得たテクスチャー及びフレーバーリリースとの関係を体系的に整理した。味の付与を異なる食品試料について、物理的に定義された機器測定での測定値を利用して比較し、咀嚼による唾液分泌と味刺激による唾液分泌の相互作用を解析した。また、ヒト試験で得た知見を利用し、新たなテクスチャー機器測定法の開発に資した。やわらかい固形状食品は、自然な摂食時に、歯で噛まれずに舌と口蓋との間で押しつぶされる。これを簡易に模擬できる機器測定法を開発した[19-21]。

4. 研究成果

(1) 二方向ビデオを併用したテクスチャー解析法

一般的なテクスチャー機器測定法である、一軸圧縮試験機を用いた食品試料の圧縮過程において、やわらかい試料、あるいは不均一な試料では、荷重値に明確な破壊点が認められない場合がある。また、破壊変形が大きい試料では、通常目視で行われる側方からの観察だけでは、破壊現象を観察することが困難である。そこで、圧縮試験中に下方および側方からのビデオ観察を併用することによって、破壊に至るまでの試料の変形を観察し、破壊時の真の応力を見積もることができた[19-21]。さらに、テクスチャーアナライザーの試料台の下に45度に鏡を配置する工夫

によって、側方から 1 台のビデオカメラで試料側面と下面の画像を効率的に得ることができた [24] (日本食品工学会第 22 回年次大会優秀発表賞を受賞)。不均一な食品として、異なる力学特性の材料を三層に重ねた構造をもつモデル食品により、破壊過程をデモンストレーションした。また、破壊されたゲルについては、その断片を回収し画像解析した [21]。

(2) モデル舌を用いた舌で潰せる硬さのゲルのテクスチャー解析

固形状食品の摂食過程を考慮した新しいテクスチャー評価法を開発した。やわらかいゲルやペーストは舌と硬口蓋の間で押しつぶされるが、どのような条件で歯を用いて噛まれるようになるのかは解明されていなかった。破壊特性を制御しやすいジェランガムゲルを固形状食品のモデルとして用いて、歯で噛む必要のある硬さと舌で容易に潰つぶせる硬さのゲルを 6 種類調製した。舌による押し潰つぶしを模擬するため、無色透明なウレタンゲルでモデル舌を作製し、テクスチャーアナライザーに組み込んでジェランガムゲルの圧縮破壊過程を観察した。モデル舌の弾性率がジェランガムゲルより低い場合でも、やわらかいモデル舌に食品ゲルが包み込まれ、変形が阻害され食品ゲルが破壊されない場合が観察された [19-21]。食品が破壊されないうちに硬口蓋に相当する平板プローブとモデル舌表面が接触すると、それ以上の食品の変形はモデル舌により抑えられ、舌で押しつぶされない現象が再現できた。

(3) 舌圧センサを用いたやわらかいゲルの圧縮試験

簡易なバルーンタイプの舌圧センサ [25] により、舌圧の測定が広く行われている。高齢者や介護食品が必要な者では、舌圧が低いと報告されている。(2) で用いた破壊荷重や変形が異なる 6 種類のジェランガムゲルを用いて、舌圧センサをモデル舌に見立ててテクスチャーアナライザーによる圧縮破壊試験を行った。破壊荷重の大小は保たれたものの、食品ゲルは早期に破壊された [26]。舌圧センサの形状が丸く、食品に対して十分に大きくないため、舌が食品を包み込むことがなく、モデル舌として用いるには適さなかった。形状が改良されれば、自身が変形する舌の代わりにバルーン状のモデル舌が使用できる可能性があると考えられた。

(4) 固形状食品を摂食中の唾液分泌量

味刺激による作用を排除するため、フレーバーを添加しない寒天、脱アシル化ジェランガム、ネイティブジェランガムゲルを調製し、ゲルの離水率、破壊特性、破壊後の表面積を調べた。これらのゲル咀嚼時に分泌される唾液量は、離水率が低いジェランガムゲルでは、離水率の高い寒天ゲルよりも多かった。一口量が 3g から 6g 程度の少量の場合には一口量の増大が唾液量に影響したが、それより一口量を多くしても著しい唾液量の増加が認められなかった。同一量のゲルで比較すると、破壊荷重が大きいゲルでは、咀嚼筋の筋活動量が大きく、分泌される唾液量が大きく、離水しやすいゲルでは唾液量が少なくなる傾向が認められた。本論文 [22] は、2021 年 Food Research and Technology Award for Best Paper を受賞した。

(5) 米飯の自然な咀嚼挙動

実食品を用いた試験として、主食であるゲル状食品、米飯の自由な咀嚼挙動を、ヒトの左右の咬筋および舌骨上筋群から表面筋電位を測定して調べた [23]。茶碗と箸を渡された被験者が自ら自由一口量を口に入れる条件と、実験者が固定一口量 9g をスプーンで被験者の口に与える条件で比較した。実食品として主食である米飯の固定一口量と自由一口量の摂取中の筋電位測定を行った。自由一口量は個人差が大きい、一般に良食味と知られているコシヒカリほか 5 種類の白飯については、力学特性の差が小さく、咀嚼試験においても同一被験者の自由一口量や筋活動量に有意な品種差は認められなかった。同一被験者同一試料の固定一口量 9 g を咀嚼した時の値を基準とし、自由一口量および筋電位変数の相対値を求めた。一口量比と筋電位変数比は強い線形関係が認められ、その傾きは、摂食時間と咀嚼回数でほぼ 0.33、嚥下までの咬筋活動量で約 0.5 であった。個人内での習慣的一口量、咀嚼挙動は安定しているため、固定一口量の咀嚼筋筋電図を測定し、自由一口量を測定すれば、自然な咀嚼挙動が推測できると考察された。

(6) 総括

ヒトの計測をすると、一口量、唾液分泌量、咀嚼回数、摂食時間、咀嚼リズム、好まれる咀嚼側などのパラメータは、個人差が大きかった [22, 23]。一方、舌圧センサのように、簡易に個人の咀嚼能力を評価できる方法 [27] があり、多様な対象者による大量のデータがそろいつつある [25]。本研究から、摂食者の舌圧に合わせたモデル舌を用いれば、その人が舌で押しつぶすことができる食品か否かを、簡易に評価できる可能性が示唆された [28]。個人の食べ方の特徴により同じ食品に対して感じられるテクスチャーが異なり、好まれる食品が異なるとの報告が出されている [29]。本研究成果は、喫食者個人の健康状態や嗜好、食欲や食べる能力に合わせた、テクスチャーとフレーバーの最適化に繋がる [28] ものと考えられる。

<引用文献>

- 1) 神山かおる, 食品と開発, **53**(4), 8-10, 2018.
- 2) K. Kohyama, J. Texture Studies, **46**, 138-151, 2015.
- 3) A. C. Mosca and J. Chen, Cur. Opin. Food Sci., **9**, 11-20, 2016.

- 4) G. Ferron and C. Salles, *Int. J. Food Studies*, **7**, 1-12, 2018.
- 5) F. Hayakawa, Y. Kazami, S. Fujimoto, H. Kikuchi, K. Kohyama, *Food Sci. Technol. Res.*, **15**, 75-82, 2009.
- 6) K. Kohyama, F. Hayakawa, Y. Kazami, K. Nishinari, *Food Hydrocolloids*, **60**, 405-414, 2016.
- 7) 神山かおる, *食品と容器*, **59**, 527-530, 2018.
- 8) C. G. Forde, C. Leong, E. Chia-Ming, K. McCrickerd, *Food Funct.*, **8**, 595-606, 2017.
- 9) M. G. Aguayo-Mendoza, E. Ketel, E. van der Linden, C. G. Forde, B. Piqueras-Fiszman, M. Stieger, *Food Qual. Prefer.*, **71**, 87-95, 2019.
- 10) A. C. Mosca, F. van de Velde, J. H. F. Bult, M. A. J. S. van Boekel, M. Stieger, *LWT*, **46**, 183-188, 2012.
- 11) A. C. Mosca, J. H. F. Bult, M. Stieger, *Food Qual. Prefer.*, **28**, 182-187, 2013.
- 12) M. W. J. Noort, J. H. F. Bult, M. Stieger, *J. Cereal Chem.*, **55**, 218-225, 2012.
- 13) S. Nakao, S. Ishihara, M. Nakauma, T. Funami, *J. Texture Studies*, **44**, 289-300, 2013.
- 14) S. Nakao, S. Ishihara, M. Nakauma, T. Funami, *Food Sci. Technol. Res.*, **19**, 675-683, 2013.
- 15) T. Funami, S. Nakao, M. Isono, S. Ishihara, M. Nakauma, *Food Hydrocolloids*, **52**, 896-905, 2016.
- 16) A. M. L. Pedersen, C. E. Sørensen, G. B. Proctor, G. H. Carpenter, *Oral Diseases*, **24**, 1399-1416, 2018.
- 17) K. Shiozawa, K. Kohyama, *J. Oral Biosci.*, **53**, 148-157, 2011.
- 18) S. Ishihara, M. Isono, S. Nakao, M. Nakauma, T. Funami, K. Hori, T. Ono, K. Kohyama, K. Nishinari, *J. Texture Studies*, **45**, 354-366, 2014.
- 19) K. Kohyama, S. Ishihara, M. Nakauma, T. Funami, *Foods*, **8**, 182, 2019.
- 20) K. Kohyama, *J. Texture Studies*, **51**, 612-621, 2020.
- 21) K. Kohyama, S. Ishihara, M. Nakauma, T. Funami, *Food Hydrocolloids*, **112**, 106283, 2021.
- 22) Y. Ogawa, K. Kohyama, Y. Kusakabe, *Food Sci. Technol. Res.*, **26**, 535-543, 2020.
- 23) 神山かおる, *日本咀嚼学会雑誌*, **29**, 17-22, 2019.
- 24) 神山かおる, 堀江英由美, 西部美咲, 日下部裕子, *日本食品工学会第22回(2021年度)年次大会講演要旨集*, p88, 2021.
- 25) K. Tsuga, M. Yoshikawa, H. Oue, Y. Okazaki, H. Tsuchioka, M. Maruyama, M. Yoshida, Y. Akagawa, *Gerodontology*, **29**, e1078-1085, 2012.
- 26) K. Kohyama, *J. Texture Studies*, **53**, 357-365, 2022.
- 27) T. M. S. V. Gonçalves, M. Schimmel, A. van der Bilt, J. Chen, H. W. van der Glas, K. Kohyama, M. Hennequin, M.-A. Peyron, A. Woda, C. R. Leles, L. J. Pereira, *J. Oral Rehabil.*, **48**, 745-761, 2021.
- 28) 神山かおる, *食品と容器*, **62**, 210-215, 2021.
- 29) M. Jeltema, J. Beckley, J. Vahalik, *Food Sci. Nutr.*, **3**, 202-212, 2015.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Kohyama Kaoru	4. 巻 53
2. 論文標題 Application of a balloon type pressure sensor in texture evaluation of tongue crushable foods	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Texture Studies	6. 最初と最後の頁 357 ~ 365
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jtxs.12677	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 神山かおる	4. 巻 62(4)
2. 論文標題 食感と健康な食生活 - 高齢者食の新しい物性評価法 -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 食品と容器	6. 最初と最後の頁 210 ~ 215
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 日下部裕子	4. 巻 62(6)
2. 論文標題 食における味と香りの役割	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 食品と容器	6. 最初と最後の頁 344 ~ 349
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Goncalves Thais Marques Simek Vega, Schimmel Martin, van der Bilt Andries, Chen Jianshe, van der Glas Hilbert W., Kohyama Kaoru, Hennequin Martine, Peyron Marie Agnes, Woda Alain, Leles Claudio Rodrigues, Pereira Luciano	4. 巻 48(6)
2. 論文標題 Consensus on the terminologies and methodologies for masticatory assessment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Oral Rehabilitation	6. 最初と最後の頁 745 ~ 761
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/joor.13161	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Kohyama Kaoru	4. 巻 51
2. 論文標題 Compression test of soft gellan gels using a soft machine equipped with a transparent artificial tongue	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Texture Studies	6. 最初と最後の頁 612 ~ 621
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jtxs.12515	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kohyama Kaoru, Ishihara Sayaka, Nakauma Makoto, Funami Takahiro	4. 巻 112
2. 論文標題 Fracture phenomena of soft gellan gum gels during compression with artificial tongues	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Food Hydrocolloids	6. 最初と最後の頁 106283 ~ 106283
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.foodhyd.2020.106283	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ogawa Yukino, Kohyama Kaoru, Kusakabe Yuko	4. 巻 26
2. 論文標題 Salivation Correlates with Masseter Muscle Activity and Partially Depends on the Physical Characteristics and Volume of Food Consumed at One Time	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Food Science and Technology Research	6. 最初と最後の頁 535 ~ 543
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3136/fstr.26.535	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 神山 かおる	4. 巻 30
2. 論文標題 一口量を固定した筋電図による米飯の自由な咀嚼挙動の推定	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本咀嚼学会雑誌	6. 最初と最後の頁 12 ~ 18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 神山 かおる	4. 巻 2
2. 論文標題 「食感」とは？ 食感の基礎知識	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Patisserie (パティシエ)	6. 最初と最後の頁 6~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kohyama Kaoru, Ishihara Sayaka, Nakauma Makoto, Funami Takahiro	4. 巻 8
2. 論文標題 Compression Test of Soft Food Gels Using a Soft Machine with an Artificial Tongue	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Foods	6. 最初と最後の頁 182
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/foods8060182	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kohyama Kaoru, Goto Hajime, Suzuki Keitaro	4. 巻 25
2. 論文標題 Mastication Characteristics of Cooked Rice Prepared from High-quality Cultivars	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Food Science and Technology Research	6. 最初と最後の頁 507~517
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3136/fstr.25.507	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 神山かおる	4. 巻 29
2. 論文標題 筋電図による良食味の水稻品種から調製した米飯の自然な咀嚼挙動の解析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本咀嚼学会雑誌	6. 最初と最後の頁 17~22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岡崎恵美子、神山かおる	4. 巻 52
2. 論文標題 ねり製品のテクスチャーと塩味効率	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 月刊海洋	6. 最初と最後の頁 143 ~ 149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岡崎恵美子、TRAN Thi My Hanh、神山かおる、大迫一史	4. 巻 86
2. 論文標題 ねり製品のテクスチャーと塩味効率	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本水産学会誌	6. 最初と最後の頁 95 ~ 95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2331/suisan.WA2694-5	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計19件(うち招待講演 3件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Kaoru KOHYAMA
2. 発表標題 Application of a tongue-pressure sensor in texture evaluation of tongue-crushable foods
3. 学会等名 6th International Conference on Food Oral Processing. Physics, Physiology and Psychology of Eating (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kaoru KOHYAMA, Sayaka ISHIHARA, Makoto NAKAUMA, Takahiro FUNAMI
2. 発表標題 A simple compression test of soft gels and pastes with artificial tongues
3. 学会等名 6th International Conference on Food Oral Processing. Physics, Physiology and Psychology of Eating (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神山かおる
2. 発表標題 モデル舌を用いて、舌で押しつぶせる食品か否かを簡易に評価する
3. 学会等名 日本摂食嚥下リハビリテーション学会第26・27回合同学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神山かおる
2. 発表標題 食品テクスチャー研究の新しい動向
3. 学会等名 日本食品科学工学会第68回大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神山かおる、佐光麻里、丸田康、稲本文野、石原清香、中馬誠、船見孝博
2. 発表標題 モデル舌を用いたジェランガムゲルの圧縮破壊における試料の変形
3. 学会等名 日本食品科学工学会第68回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神山かおる、堀江英由美、西部美咲、日下部裕子
2. 発表標題 不均一な食品を評価するためのテクスチャーアナライザの工夫
3. 学会等名 日本食品工学会第22回(2021年度)年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神山かおる
2. 発表標題 不均一な食品の咀嚼破壊過程の評価法開発
3. 学会等名 日本咀嚼学会第32回学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神山かおる
2. 発表標題 やわらかいゲルは舌でつぶす？歯で噛む？どう味わう？
3. 学会等名 第32回食品ハイドロコロイドシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神山かおる、日下部裕子
2. 発表標題 モデル舌を用いたやわらかいゲル、ペーストの力学特性評価
3. 学会等名 日本農芸化学会2022年度大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小川雪乃、神山かおる、日下部裕子
2. 発表標題 ゲル状食品の離水率・破壊特性・表面積と咀嚼時の唾液分泌量の関係
3. 学会等名 日本味と匂学会第54回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 神山かおる
2. 発表標題 一口量を固定した咀嚼筋電図を用いた米飯の自由な咀嚼挙動の推定
3. 学会等名 日本咀嚼学会第31回学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 神山かおる, 石原清香, 中馬誠, 船見孝博
2. 発表標題 モデル舌で圧縮したやわらかいジェランガムゲルの変形解析
3. 学会等名 日本農芸化学会2021年度大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kaoru Kohyama
2. 発表標題 Elderly-friendly foods
3. 学会等名 2019 KFN (Korean Society of Food Science and Nutrition) International Symposium and Annual Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 神山かおる
2. 発表標題 咀嚼筋電図における一口量の影響：米飯を試料として
3. 学会等名 日本咀嚼学会第30回記念学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 神山かおる
2. 発表標題 人工舌を用いた舌でつぶせるやわらかい食品の力学特性評価
3. 学会等名 第25回日本摂食嚥下リハビリテーション学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 神山かおる
2. 発表標題 舌圧センサを用いたやわらかい食品の力学特性評価
3. 学会等名 第25回日本摂食嚥下リハビリテーション学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 神山かおる
2. 発表標題 舌でつぶせる食品を測定するためのソフトマシンのデザイン
3. 学会等名 日本食品工学会第20回(2019年度)年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 神山かおる、石原清香、中馬誠、船見孝博
2. 発表標題 透明な人工舌を用いたやわらかいゲル状食品の圧縮試験
3. 学会等名 日本食品科学工学会第66回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小川 雪乃、神山 かおる、日下部 裕子
2. 発表標題 物理特性の異なるゲルの咀嚼による唾液分泌は咬筋活動と相関する
3. 学会等名 日本味と匂学会第53回大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 神山かおる	4. 発行年 2022年
2. 出版社 缶詰技術研究会	5. 総ページ数 pp.114 ~ 119 (全172)
3. 書名 食と健康 - 食を知り食を生かそう - 第17回 食感と健康な食生活 - 高齢者食の新しい物性評価法 -	

1. 著者名 日下部裕子	4. 発行年 2022年
2. 出版社 缶詰技術研究会	5. 総ページ数 pp.127 ~ 132 (全172)
3. 書名 食と健康 - 食を知り食を生かそう - 第19回 食における味と香りの役割	

1. 著者名 Kaoru Kohyama	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Wiley Blackwell	5. 総ページ数 1 - 13 (全424ページ)
3. 書名 Food texture--Sensory evaluation and instrumental measurement, Chapter 1, Textural Characteristics of World Foods	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	日下部 裕子 (KUSAKABE Yuko) (90353937)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品研究部門・グループ長補佐 (82111)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関