

令和元年6月9日現在

機関番号：32682

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00828

研究課題名(和文)食品の感性的おいしさ表現の見える化～構造破壊に着目した食感発現と風味放出の解析～

研究課題名(英文) Visualization for the expression of attractive and palatable food -Analysis of food texture and flavor release with focus on the breakdown of food structure-

研究代表者

中村 卓 (NAKAMURA, Takashi)

明治大学・農学部・専任教授

研究者番号：30328968

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、食品のおいしさの感性表現を見える化するることである。認知的なおいしさ表現は、咀嚼過程における知覚的な食感と風味の組み合わせによってあらわされる。本研究では、食品構造の破壊に伴う食感発現と風味放出を解析した。具体的には、官能評価・物性測定・構造観察・成分定量により、おいしさのクリーミー・濃厚といった感性表現を見える化した。食品構造工学を基盤とした感性を知覚と食品属性から具体化する本研究は、食品のおいしさの実現に貢献する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で確立された風味と食感の複合的おいしさの見える化によって、おいしさをより高い精度で客観的に評価できる点が本研究の意義としてあげられる。さらに、モデル系での検討と同時に実際の食品で検証したため、学術分野だけでなく食品産業界の製品開発でも直接役立つと考えられる。感性を知覚と食品属性から具体化する本研究は、心理学と食品学の複合領域研究であり、食品のおいしさの実現のための基盤として食生活を豊にすることに貢献する。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is visualization for the expression of attractive and palatable food. Cognitive food expression is represented by the combination of perceptual food texture/ flavor during the mastication process. In this research, I analyzed for food texture and flavor release with focus on the breakdown of food structure. Specifically, a sensitivity expression (e.g. creamy and rich) of the palatable food was analyzed by sensory evaluation, physical property measurement, structural observation, and component determination. I recommend that one approach to achieve palatable food texture/flavor is based on food structural engineering.

研究分野：食品構造工学

キーワード：おいしさ 食感 風味 食品構造 官能評価 ゲル プリン クリーミー

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

咀嚼は食品構造を破壊する過程である。その際、物理的な「食感発現」と化学的な「風味放出」が組み合わさり、おいしさが決定される。食感については(図1. 左上部)、2013-15年に科研費基盤(C)の「おいしい」食感の感性表現を破壊過程での食品属性の変化に翻訳するシステムの開発」で取り組んだ。人間の咀嚼→嚥下の過程から認知としての感性的な食感表現を食品属性に対応した知覚としての食感表現に官能評価から具体化した。次に、その知覚変化に対応した機器を用いた大変形による破壊計測系を設計しパラメータを数値化し官能評価と組み合わせ検証した。さらに、その破壊時の構造状態を電子顕微鏡で観察し、そのメカニズムを明らかにした。

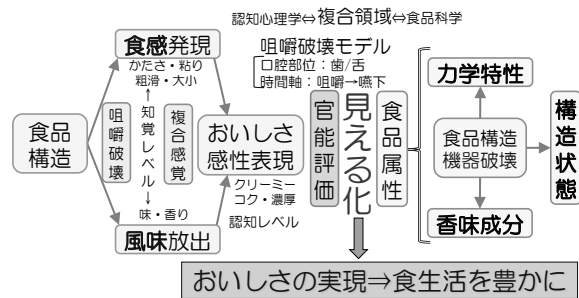


図1. 「おいしさ」を食品構造の破壊過程から追究

もう一つのおいしさの要因である風味放出(図1左下部)について、現在まで数多くの研究がなされてきた。例えば、ゲルの弾性率が高いほど、溶液の粘度が高いほど味や香りは大気中に放出され難く、人が感じ難くなること示された。つまり、味や香り成分の放出への力学特性の影響が明らかとなっている。しかし、咀嚼中の食品構造の破壊に起因した香味成分の放出変化において破壊構造との関係は明らかではない。また、人の鼻に抜ける香り(レトロネーザルアロマ)がProton Transfer Reaction/Mass Spectrometry(PTR-MS)で直接分析されているが、個人差があり一般化が不十分であった。また、香りの評価法としてGC-MSによる成分測定と電極を用いたにおいセンサーも、食品間のおい識別に用いられているが、破壊過程における香り成分の定量に適合していない。そのため、咀嚼過程で食品構造の破壊により香味成分の放出がどの様に変化するかを解析できず、感性表現(クリーミー)を具体的な食品構造に結びつける事が出来ていなかった。

そこで、本研究では、前述の科研費基盤(C)の「おいしい」食感の感性表現を破壊過程での食品属性の変化に翻訳するシステムの開発」での食感に関する成果を、さらに風味と食感の複合的な感性表現である「クリーミー・濃厚・口どけ」に展開した。

2. 研究の目的

本研究は、食品のおいしさの感性表現(クリーミー・口どけ・濃厚)を見える化することを目的としている。このような感性表現は、無意識で直感的なトップダウン処理のため具体的に説明しようとする困難を伴う。感性表現を具体化するためには、食感発現と風味放出を咀嚼の時間軸に沿って意識化し、ボトムアップ解析する必要がある。そこで本研究では、官能評価・物性測定・構造観察・成分定量の手法を用いておいしさの感性表現を見える化する。

3. 研究の方法

本研究では、官能評価・物性測定・構造観察・成分定量の手法を用いておいしさの感性表現を見える化した。

(1) 市販バニラアイスクリーム3種類(A)、(B)、(C)を試料とした。試料は約-10℃、約4.0gで提供した。採点法では、「口どけの良さ」と「風味の濃厚さ」を5段階で評価した。Temporal Dominance of Sensations法(TDS法)では、食感と風味を分けて評価した。食感については口どけの良さを構成すると考えられる3つの知覚レベル(力学的特性、幾何学的特性、水と油脂の特性)の食感として「広がる」、「均質」、「とける」を評価した。風味では、主原料の風味である「ミルク」、「バニラ」、「卵」と「甘味」を評価した。

(2) 量販店やプリン専門店で購入した市販プリン3種類(A)、(B)、(C)を試料とした。また、砂糖を10%添加したゼラチン溶液と寒天溶液を最終濃度がゼラチン0.7%、寒天0.06%、0.12%、0.18%、0.24%となるように混合した。そこにミルク・バニラ・エッグの各フレーバーを添加し、モデルプリンを作製した。官能評価では、食感に限定した「クリーミー」と、クリーミーに関係すると仮定した6つの項目について、口に入れてから飲み込む前までの咀嚼時間を意識して行った。物性測定では、クリープメーターを用いた破断強度試験とテクスチャー解析試験とレオメータによる動的粘弾性試験を行った。構造観察では、圧縮破壊後の様子をデジタルカメラで撮影した巨視的観察や、走査型電子顕微鏡(SEM)での微細構造観察、共焦点レーザー顕微鏡(CLSM)での成分分布構造観察を行った。さらに、HS-SPME-GC-MSによる香气成分の定性分析を行った。

(3) モデルゲルの配合として、砂糖を10%、乳脂肪を6%添加した12%WPI溶液と1.2%寒天溶液を60:40、50:50、40:60の比率で混合した。混合溶液を加熱・冷却しゲルを作製した。官能評価では「クリーミー」とクリーミーに関係する知覚レベルの5つの食感要素について、咀嚼部位と咀嚼過程における時間軸を意識した評価を行った。物性測定では、破断強度試験、動的粘弾性試験を行った。構造観察では、共焦点レーザー走査型顕微鏡(CLSM)と走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて未破壊および破壊構造を観察した。得られた結果についてSPSSを用いて統計解析を行った。

4. 研究成果

(1) アイスクリームのおいしさにとって重要な「口どけ食感」と「濃厚風味」に着目した。食感の発現や風味の放出は食品を咀嚼する過程で時間と共に変化する。この過程で、基本食感3要素（力学的特性、幾何学的特性、水と油脂の特性）と原材料風味の知覚を総合的に判断し、口どけ食感や濃厚風味といったおいしさを認知する。そこで、口どけ食感と濃厚風味について採点法による官能評価を行った。さらに基本食感要素と原材料風味について時間軸を取り入れた時系列官能評価として Temporal Dominance of Sensations 法（TDS法）を別々に行い、その後併せてアイスクリームの口どけ食感と濃厚風味を解析した。アイスクリームの食感では咀嚼前半の油脂と水、力学的感覚の知覚時間が短く、嚥下時刻の早いものを口どけの良い食感と判断していると考えられた。一方、風味の濃厚さに原料風味の種類や持続性は影響せず、食感が変化するタイミングで風味も変化することが濃厚さにプラスに作用することが示唆された。以上のように認知レベルのおいしさ表現を、知覚レベルで時間軸（時系列）を意識した官能評価と関連付けた。

(2) プリンのおいしさにとって重要な「クリーミー」に着目した。食感の発現や風味の放出は食品を咀嚼破壊する過程で時間と共に変化する。この過程で、基本食感3要素（力学的特性、幾何学的特性、水と油脂の特性）と原材料風味の知覚を総合的に判断し、クリーミーを認知する。そこで、市販プリンと、モデルプリン（具体的には砂糖とミルク・バニラ・エッグの各フレーバーを添加したゼラチンと寒天の混合ゲル）を対象とした。時間軸を意識した各種の官能評価を行った。さらに破壊過程に着目した物性測定、構造観察を行い、官能評価の結果と関連付けることで、ゲル状食品のクリーミーに見える化した。クリーミーには、「適度な粘り」や、「口当たりのなめらかさ（広がりやすさ）」、「舌触りのなめらかさ（構造の細かさ）」といった食感が特に重要であった。「粘り」や「口当たりのなめらかさ」は物性測定から、「舌触りのなめらかさ」は構造観察から明らかにした。さらに、クリーミーの大部分は食感から決定され、風味が加わると、咀嚼後半のクリーミーの持続性が高くなることが明らかとなった。更に、市販プリンのGC-MSによる定性分析の結果、ブルボンバニラの香気成分として Vanillin、牛乳成分の香気成分として Benzaldehyde が検出され、プリンにおけるクリーミーは、複数の風味が同時に知覚されることで認知され、特にバニラ風味がプリンのクリーミーに関与している可能性が示唆された。

(3) モデルゲルを用いて「クリーミー」の発現メカニズムを検討した。原料を単純化したホエイタンパク質-寒天-乳脂肪混合ゲルを用いた。官能評価の結果、「クリーミー」には「やわらかさ」、「なめらかさ」、「口どけ」、「流れやすさ」が重要と考えられた。「やわらかさ」は破断強度試験における破断応力と負の相関を示した。「なめらかさ」は圧縮破壊時に破片が形成されないゲルで高く評価された。「口どけ」は水中での繰り返し圧縮試験における圧縮時の最大応力と負の相関を示した。「流れやすさ」は動的粘弾性試験のひずみスイープにおける複素粘度(η^*)と負の相関傾向を示した。微細構造観察の結果、各ゲルにおいてホエイ・寒天・脂肪が共存して連続相、寒天の球状凝集体が分散相をとる相分離構造が観察された。さらに、圧縮破壊時に生じたメソスケールの亀裂に違いがみられた。連続相から亀裂を生じたゲルでは連続相ネットワーク強度が低いため、破断応力・複素粘度が低下し、ずり方向の力に対して内部構造を保持できなかつたと考えられる。一方、その他のゲルでは複素成分の界面から亀裂が生じた。そのうち、寒天濃度のより高いゲルでは脂肪球と連続相の界面から亀裂が生じるとともに、亀裂の周辺で寒天の球状凝集体がさらに凝集しクラスターを形成していた。以上のように、ホエイタンパク質-寒天-乳脂肪混合ゲルにおいて「クリーミー」食感発現メカニズムを構造的要因から明らかにすることが出来た。

本研究では、おいしい感性表現（風味+食感=複合的）に適応できる食品の構造破壊過程の解析システムの有効性をプリンやアイスクリームやモデルゲルを用いて示すことができた。今後、他のゲル状食品への展開も期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計4件）

- ①食品のおいしさと食感デザイン～食品開発の具体化方法～、中村卓、明日の食品産業、491号、29-35（2018.11）
- ②感性に訴える高分子／食品の食感とおいしさ、中村卓、高分子、67(10)、593-594（2018）
- ③おいしい食感をデザインする一咀嚼中の食感変化の見える化—人間生活工学、付惟、中村卓、19(2)、27-31（2018.9）
- ④「Effects of starches on the mechanical properties and microstructure of processed cheeses with different types of casein network structures」 Wei Fu & Takashi Nakamura、Food Hydrocolloids、79、587-595（2018）（doi:10.1016/j.foodhyd.2017.12.001）

〔学会発表〕（計16件（一般4件 招待12件））

- 鈴木真人 1、中村卓 2 (1 明治大院農・農化、2 明治大農・農化)、乳タンパク質-寒天の相分離構造がモデルプリンのクリーミー食感に及ぼす影響、日本食品科学工学会第 65 回大会、2018 年 8 月 22 日-24 日
- 佐々木梨紗 1、鈴木真人 2、日下舞 2、中村卓 1 (1 明治大農・農化、2 明治大院農・農化) 市販プリンにおける”クリーミー食感”の見える化、日本食品科学工学会第 64 回大会、2017 年 8 月 28 日-30 日
- 鈴木真人 1、中村卓 2 (1 明治大院農・農化、2 明治大農・農化) モデルゲルを用いたおいしさの感性表現である「クリーミー」の見える化、日本食品科学工学会第 64 回大会、2017 年 8 月 28 日-30 日
- 林佳絵 1、日下舞 2、中村卓 1 (明治大農・農化 1、明治大院農・農化 2)、基本食感 3 要素と原材料風味の時系列官能評価によるアイスクリームの口どけ食感と濃厚風味の解析、日本食品科学工学会第 63 回大会、2016 年 8 月 25 日-27 日
- 中村卓、「「おいしさ」のデザインについて」、特別講演会 次世代育種技術研究開発プラットフォーム 公益社団法人農林水産・食品産業技術振興協会 (東京都 2018 年 8 月)
- 中村卓、「糖質食品のおいしい食感と物性と構造の解析」、平成 30 年度日本応用糖質科学会東日本支部シンポジウム「調理学の観点からみた糖質」(東京都 2018 年 7 月)
- 中村卓、「食感のおいしさ～破壊構造からのアプローチ～」、油脂実践講座 2018 公益社団法人日本油化学会(東京都 2018 年 7 月)
- 中村卓、「望ましい食感をデザインする」、第 38 回日本食品・機械研究会大会 セミナー (大阪市 2018 年 6 月)
- 中村卓、「食品の口どけ」、公益社団法人日本油化学会ライフサイエンス・産業技術部会セミナー～食品の食感とおいしさのメカニズム～ (東京都 2018 年 6 月)
- 中村卓、「麺類の食感の見える化～おいしい食感への加工条件の影響～」、AACC International 日本支部 平成 29 年第 3 回講演会 (東京都 2018 年 4 月)
- 中村卓、「電子顕微鏡を用いた食品の破壊ミクロ構造と感性食感の関係」、日本食品科学工学会第 64 回大会 シンポジウム B4: 食品のミクロ構造を観る(藤沢市 2017 年 8 月)
- 中村卓、「食品のおいしい食感の見える化～構造破壊からのアプローチ～」、油脂実践講座 2017(東京都 2017 年 8 月)
- 中村卓、「おいしい食感の見える化 ～食品構造工学からのアプローチ～」、平成 29 年度東京都立食品技術センター第 1 回講演会(東京都 2017 年 6 月)
- 中村卓、「おいしい食感の見える化 ～食品構造工学からのアプローチ～」、食品ニューテクノロジー研究会(東京都 2016 年 8 月)
- 中村卓、「卵白タンパク質とその他素材の共存ゲルでの新食感発見」、第 4 回タマゴシンポジウム (東京都 2016 年 6 月)
- 中村卓、「風味の制御に向けた構造制御」、日本食品工学会春季講演会/FOOMA JAPAN 日本食品工学会フォーラム 2016 (東京都 2016 年 6 月)

[図書] (計 2 件)

- ①中村卓、「おいしさの科学とビジネス展開の最前線」 都甲潔編、「第 28 章 ロどけと食感」(2017 年 7 月 株式会社シーエムシー出版)
- ② 日下舞、中村卓、「油脂のおいしさと科学 メカニズムから構造・状態、調理・加工まで」監修者山野善正, 「第 2 章 構造・状態・現象とおいしさ 第 2 節ロどけとテクスチャー」(2016 年 8 月 8 日 株式会社エヌ・ティー・エス 刊)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]

研究室ホームページ

<http://www.isc.meiji.ac.jp/~foodeng/>

アウトリーチ活動

★NHK E テレ サイエンス ZERO にスタジオ出演「おいしい! のカギ 食感のひ・み・つ」2018 年 3 月 4 日放送

★日本経済新聞 2018 年 5 月 27 日朝刊 「おいしい食感 科学で導く」 取材記事

6. 研究組織

(1) 研究分担者 無

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。