

【研究ノート】

プチプチ食感による咀嚼誘発性の検討

柳澤幸江、小谷哲司、淡嶋恭子、杉山 洋

Study on chewing induction by bubble wrap texture

Yukie YANAGISAWA, Tetsuji ODANI, Kyoko AWASHIMA, Hiroshi SUGIYAMA

要旨

本研究は、プチプチ食感を主軸にした咀嚼誘発性食品（楽しく・自然と咀嚼を増やすことができる食品）の開発を大きな目的とし、咀嚼回数増加効果が期待できるプチプチ食感の咀嚼回数に与える影響について検討した。加えてオノマトペとしてプチプチというテクスチャー表現の好感度を調査した。

プチプチ食感を有する海ブドウを用いて、コントロールのところてんに海ぶどうを添加した結果、添加量の増加に伴って咀嚼回数が有意に増加した。また、プチプチ食感を有する海ブドウを添加（1.5～4.5g）した試料は、予め潰すことでプチプチ食感を削除した海ブドウ試料より、全ての添加量で咀嚼回数が有意（ $p<0.001$ ）に増加した。これらの咀嚼回数増加の効果は、男・女で差が無く、また咀嚼習慣性の影響も小さいことが示された。加えて、プチプチというテクスチャー表現は好感度レベルが高く、5点満点で平均スコア4.01であった。

キーワード：咀嚼回数、プチプチ食感、海ブドウ、オノマトペ

Number of chews, Bubble wrap texture, Sea grapes, Onomatopoeia

I. 目的

厚生労働省は2009年に、より健康な生活を目指す観点から、ひとくち30回以上噛むことを目標として、「噛ミング30（カミングサンマル）」運動を提唱した¹⁾。よく噛む食事習慣の育成が、小児期から高齢期に至るまでの健康作りの観点からも有益であるとしたためである。また、食べる速さがBMIに関連していることは、大塚²⁾の報告にあり、肥満の行動療法にも時間をかけて食べるものが活用されている³⁾。

一方、咀嚼回数を増加させる食物の因子として、硬さやかみ応え⁴⁻⁹⁾や調理方法¹⁰⁾によるものが報告されているが、それらに加えて近年、食品の不均一性が口腔内での感覚の感度向上をもたらすことが報告されている¹¹⁻¹³⁾。これは、均質な状態より不均一な味の分布や、不均一な食感の混入が、咀嚼を促進させるために生じたとしている。

これまで著者らは、発芽大麦が咀嚼回数増加に有効であることを検証してきた。その中で咀嚼回数の増加は、発芽大麦が持つ硬さの影響だけではなく、ご飯に混入された発芽大麦のプチプチとした食感が、咀嚼を誘発するのではないかと推察した。

そこで本研究では、これまで検討されてこなかった特定の食感が、咀嚼回数を増加させる作用を持つかを検証するため、プチプチ食感に着目し、プチプチとした食感が摂食時にどのようなイメージを持たれて

いるか、さらに咀嚼回数を促進させる効果が認められるかを検討することを目的とした。

これらの研究は、プチプチ食感を軸にした咀嚼誘発性食品（楽しく・自然と咀嚼を増やすことができる食品）の開発を目指すものである。

II. 方法

1. オノマトペに属するテクスチャー用語のイメージ調査

女子大学生258名を対象に、現在頻度高く使用されている用語25種の好感度レベルおよび、その用語からイメージされる食品を調査した。調査に用いた25種のテクスチャー用語は、早川らによる「日本語テクスチャー用語の収集」¹⁴⁾をもとに、早川による調査で出現頻度が高い、「プチプチ」に類似する短い形容詞が2回繰り返された用語とした。調査の実施に当たっては、25種の食品の提示順は乱数表を用いて設定し、提示順番の異なる4種の調査用紙を用いて行った。好感度レベルは6段階のフェイススケールを使用し、0-5のスコアを付け好感度をスコア化した。

2. プチプチ食感を有する試料の選定

1の調査結果より、プチプチ食感を持つ代表食品としていくらを用いた結果、いくらをそのまま食べた時に感じたプチプチ食感が、コントロール食品とした飯の混入によって著しく低下してしまう事、また、魚卵は独特の匂いを持ち、プチプチ食感を削除したいくら試料が、食べ物として受け入れ難いものであったため、本研究試料としていくらおよび魚卵は適切ではないと判断した。そこで、魚卵とともに挙げた海ブドウの試料適正を検討した結果、コントロール食品をところてんとし、ポン酢によって味付けすることで咀嚼実験に使用可能であることが示された。

以上の経緯によって、本研究ではプチプチ食感を有する試料として海ブドウを用い、それらの添加量を変えて研究を実施することとした。

3. 試料の調整

一口で咀嚼できる適量として8gを設定した。コントロールはところてん8gとし、海ブドウ添加量をそれぞれ1.5g・3.0g・4.5gにし、ところてんと合わせ全量をすべて8gとした。海ブドウは、恩納村漁協の恩納村産・海洋深層水100%使用の室温保存の海ブドウを用いた。塩漬けの状態であるため、水道水に5分間浸漬した後、ざるで水切りして用いた。海ブドウの長さは、予備実験の結果白歯で海ブドウをとらえ咀嚼しやすい2cmとすることとした。

ところてんは、「天草100%使用ところてん」株式会社関越物産（カンエツ）製を用い、これも海ブドウと合わせて2cmの長さに調整した。これらの試料には塩味がないため、0.4gのポン酢しょう油（「香りのしずく」キッコーマン食品株式会社製）で味付け、それらを1口で摂取できるように試料をスプーンにのせて提供した。

海ブドウは、その形状から本来プチプチとした食感を有するが、実験ではプチプチ食感の有無による咀嚼回数を検討するため、以下の方法で海ブドウのプチプチ食感を除去した試料を調整した。

すなわち、2cmの長さに切った海ブドウを2枚のガラス板ではさみ数回圧縮した。圧縮方法は、圧縮時に発生するプチプチ音が無くなるまでとした。その結果、海ブドウの海藻組織はそのまま残した状態でプチプチ食感のみ削除することができた。この試料を以下「つぶし」とする。

4. 咀嚼回数の測定

咀嚼試験は、咀嚼の状況をビデオカメラで撮影し、ビデオの再生によって、咀嚼回数を実測した^{15,16)}。被験者は、義歯がなく咀嚼に支障を感じていない20歳代から50歳代の53名（男性19名・女性34名）とした。試料の提供は7種とした（ところてん8g、ところてん6.5g+海ブドウ1.5g、ところてん5g+海ブドウ3.0g、ところてん3.5g+海ブドウ4.5g、つぶし海ブドウの添加も同様に1.5g、3.0g、4.5gとした）。7種の試料の提供は、順位効果を削除するため、乱数表を用いて被験者ごとに実施順を変えて行った。また、咀嚼試験に先がけ初めにテスト試料を提供し、今回用いる試料の確認をさせた。試料は8g全量を、指定のスプーンに乗せ一口で食べるように指示をした。その摂取における嚥下までの咀嚼回数を求めた。

これらの試験は、満腹時をさけ食後2時間以上経過および5時間までの間に実施した。

尚、本研究の実施にあたり、被験者には事前に実験の趣旨を説明し同意書によって同意を確認した者を被験者とした。

5. 咀嚼回数の計測

ビデオ収録を再生し、実験担当者2名でそれぞれ咀嚼回数を測定した。実験者2名の数えた咀嚼回数結果が6回以上離れていた場合は、再度数え直しを行い計測の誤差を小さくした。2人が計測した咀嚼回数の平均値を各試料の咀嚼回数とした。尚、統計処理はt検定を用い有意水準はいずれも危険率5%未満とした。

6. 物性評価方法

海ブドウおよびところてんの破断力を測定した。海ブドウは球形であるため、単位面積当たりの破断応力を求めるのが難しい。そこで、海ブドウを枝から外し、1粒・3粒・5粒・9粒と測定量を変化させて、破断応力がどう変わるかを検討した。ところてんは、1cmの長さに調整したものを、試料幅を測定した後、それぞれ破断応力を求めた。

これらの測定には、テクスチャーアナライザー（英弘精機）を用いた。測定条件は以下の通りである。

圧縮スピード；1mm/sec、圧縮率；95%、プランジャー；20mm直径円柱型、室温測定。測定は海ブドウは30回、ところてんは20回繰り返した。

Ⅲ. 結 果

1. テクスチャー用語の好感度とイメージされる食品

表1に25種のテクスチャー用語のそれぞれの好感度値を示した。最も高かったのは「ほくほく」で、平均値が4.62であった。今回のスケールは0点～5点の6段階評価であり、平均4.62は極めて高い値である。一方平均値が2未満のオノマトペは、ごりごり・ぼそぼそ・ぱさぱさ・べたべたであった。本研究対象であるプチプチは平均点が4.01で、現在使用頻度の高いオノマトペから抜粋した25種の用語の中でも、好感度の高いテクスチャー表現であることが示された。

次に各テクスチャー用語よりイメージされる食品について検討した。「プチプチ」というテクスチャー用語からイメージされた食品数は全18品目であった。今回用いた25用語にそれぞれイメージされた食品数は平均30.4品目であり、プチプチの18品目は出現食品数が少ないテクスチャー用語であった。表2にプチプチからイメージされた18品目を全て示し、その食品の特徴をまとめた。その結果、出現した食品のほとんどが球状であり、魚卵が多かった。最も出現頻度が高かったのはいくらで63.6%の出現率であ

表1 各テクスチャー用語の好感度スコア

順位	オノマトペ	好感度スコア	
		平均値	標準偏差
1	ほくほく	4.62	0.59
2	サクサク	4.58	0.61
3	もちもち	4.52	0.75
4	ぷるぷる	4.47	0.63
5	シャキシャキ	4.43	0.70
6	ぶりぶり	4.43	0.76
7	バリバリ	4.39	0.63
8	カリカリ	4.23	0.80
9	つるつる	4.17	0.75
10	プチプチ	4.01	0.90
11	とろとろ	3.89	0.85
12	コリコリ	3.84	1.05
13	ポリポリ	3.73	0.92
14	さらさら	3.61	0.84
15	しこしこ	3.53	1.06
16	ねばねば	3.30	1.28
17	バリバリ	3.18	1.05
18	ぬるぬる	2.61	1.28
19	ガリガリ	2.48	1.20
20	ざらざら	2.14	1.06
21	どろどろ	2.08	1.11
22	ごりごり	1.88	1.05
23	ぼそぼそ	1.74	1.04
24	ばさばさ	1.70	1.02
25	べたべた	1.59	1.05

(n=258)

表2 「プチプチ」からイメージする食品とその出現率

イメージする食品	出現率(%)	食品種	形態
いくら	63.6	魚卵	球状
数の子	10.5	魚卵	球状
海ぶどう	5.8	海藻	球状
とびこ	5.4	魚卵	球状
魚卵	3.1	魚卵	球状
たらこ	2.3	魚卵	球状
すじこ	1.9	魚卵	球状
プチトマト	1.2	野菜	球状
明太子	0.8	魚卵	球状
トマト	0.8	野菜	球状
タピオカ	0.8	菓子	球状
ぶりこ	0.4	魚卵	球状
小さいぶどう	0.4	果物	球状
こっこ	0.4	魚卵	球状
グミ	0.4	菓子	
海藻	0.4	海藻	
オクラ(種)	0.4	野菜	球状
枝豆	0.4	野菜	球状

(n=258)

た。今回試料として用いた海ブドウは、魚卵ではない食品の中で最も高い出現率であった。

2. 海ブドウ添加試料の咀嚼回数の男女比較

男女別の結果を図1に示した。平均値はすべての試料で女性の方が男性より大きな値を示したが、有意差 ($p<0.05$) が認められたのは、海ブドウ3g添加のみだった。そこで、男女の結果を合わせた平均値で、海ブドウ添加とつぶし添加を比較したものを図2に示した。添加0g (ところてん8g) に対して、6種の添加試料は全てに有意差 ($p<0.01$) が認められ、同じ8gの摂取でも、海ブドウの添加によって咀嚼回数が多くなった。さらに、同一添加量間では、全ての添加量で海ブドウ添加とつぶし添加の間に有意差 ($p<0.001$) が認められた。すなわち、海ブドウの添加によって咀嚼回数は有意に増加したが、プチプチ食感を残した海ブドウの添加は、つぶしてプチプチ食感を削除した場合より、有意に多く咀嚼回数を増加させることが示された。

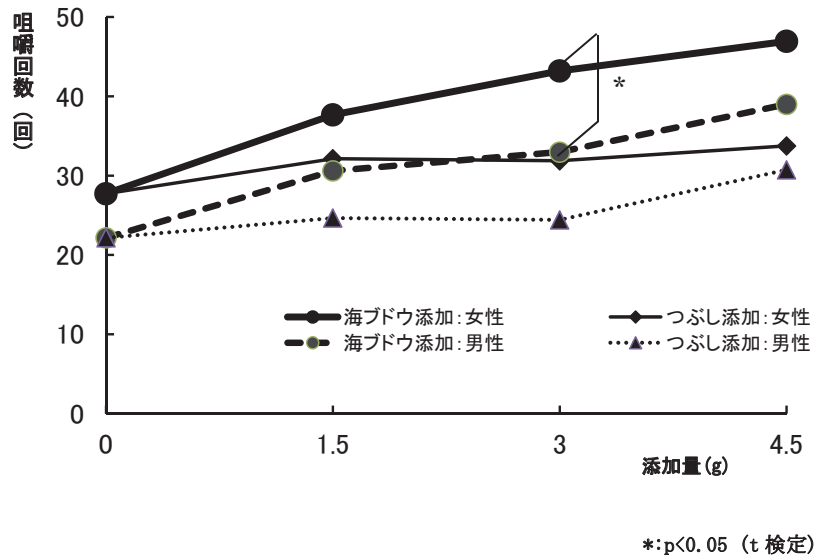


図1 男女別にみた海ブドウ添加による咀嚼回数の変化

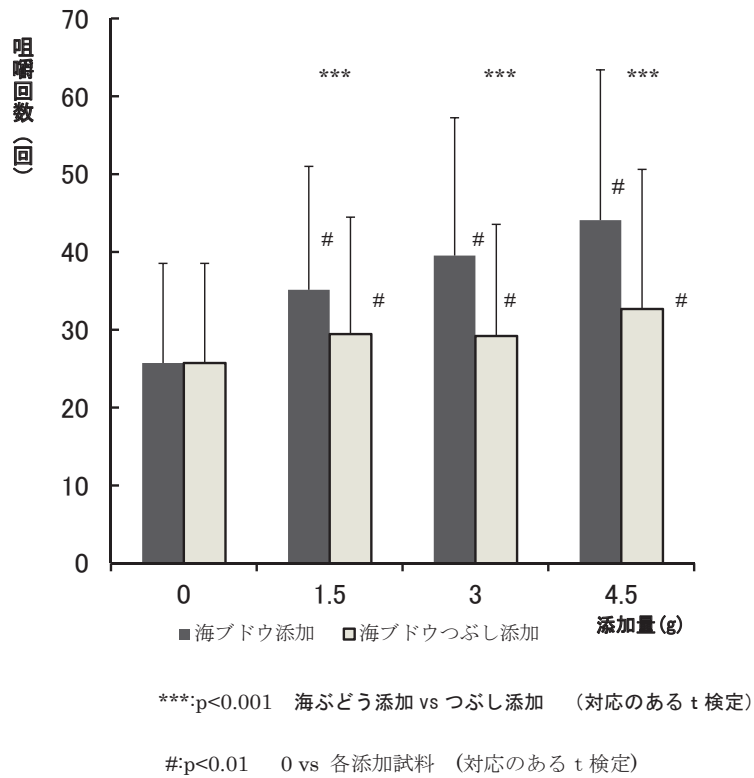
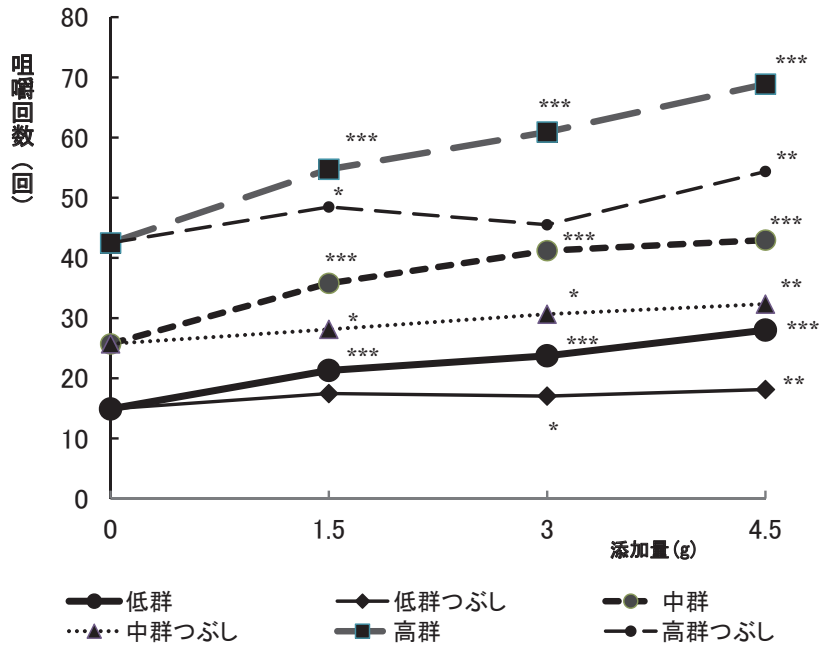


図2 海ブドウの添加方法による咀嚼回数増加の比較

3. 習慣的咀嚼回数のレベルによる咀嚼回数増加の検討

今回、海ブドウの添加に伴う咀嚼回数の増加が、日常の咀嚼習慣によって影響を受けるかを検討するため、対象者を咀嚼回数の数によって高・中・低の3群に分けた。区分わけにあたっては、7試料の平均咀嚼回数を求め低群を平均-1/2SDの者、高群を平均値+1/2SDの者、その中間を中群とした。その結果、低群は22名、中群は16名、高群は15名となった。図3に、それぞれの群の咀嚼回数を示した。低群つぶし1.5g添加、高群つぶし3.0gを除いて、どの群でも海ブドウ添加0g(ところてん8g)に対して、海ブドウを添加した試料は、つぶし無し・有りとも、有意に咀嚼回数が増加した。

次に群間による増加比を求めた。増加比はところてんのみ8gを基準とした場合の、各試料の咀嚼回数比として求めた。図4に示したように、海ブドウ添加に伴う咀嚼回数増加比、特につぶしていない海ブドウの咀嚼回数増加比は、平均値ではすべての添加量で高群の値が小さかったが、3群間の増加比には有意差が認められなかった。



* : p<0.05 ** : p<0.01 *** : p<0.001 0vs 各添加量 (対応のある t 検定)

図3 咀嚼回数による群別に見た海ブドウ添加に伴う咀嚼回数変化

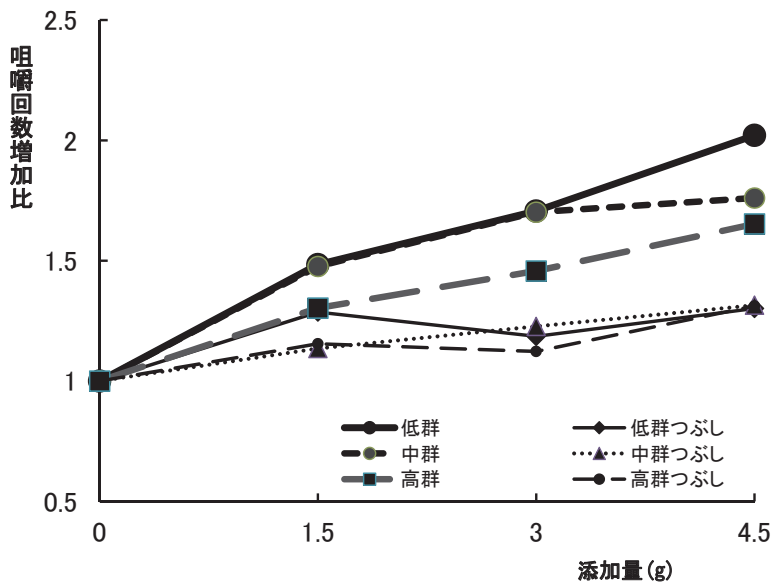


図4 咀嚼回数群別に見た海ブドウ添加に伴う咀嚼回数増加比

4. 海ブドウとところてんの破断応力の比較

海ブドウの複数個の測定では、プランジャーの圧縮に伴い複数個の海ブドウが接触し破断するため、複数回の破断ピークが得られた。破断点の数は1粒測定では1～2回、3粒測定では1～4回、5粒測定では2～6回、9粒測定でも2～6回であった。これらのピークを全て計測し、それぞれの時点での破断距離を示したのが図5である。荷重が小さいピークは、全ての粒に接触していないために生じるものであり、今回は、それぞれの測定での最大荷重を求め平均した。図5に示した図中の囲みは、それぞれの測定で、最大ピークが生じた範囲である。

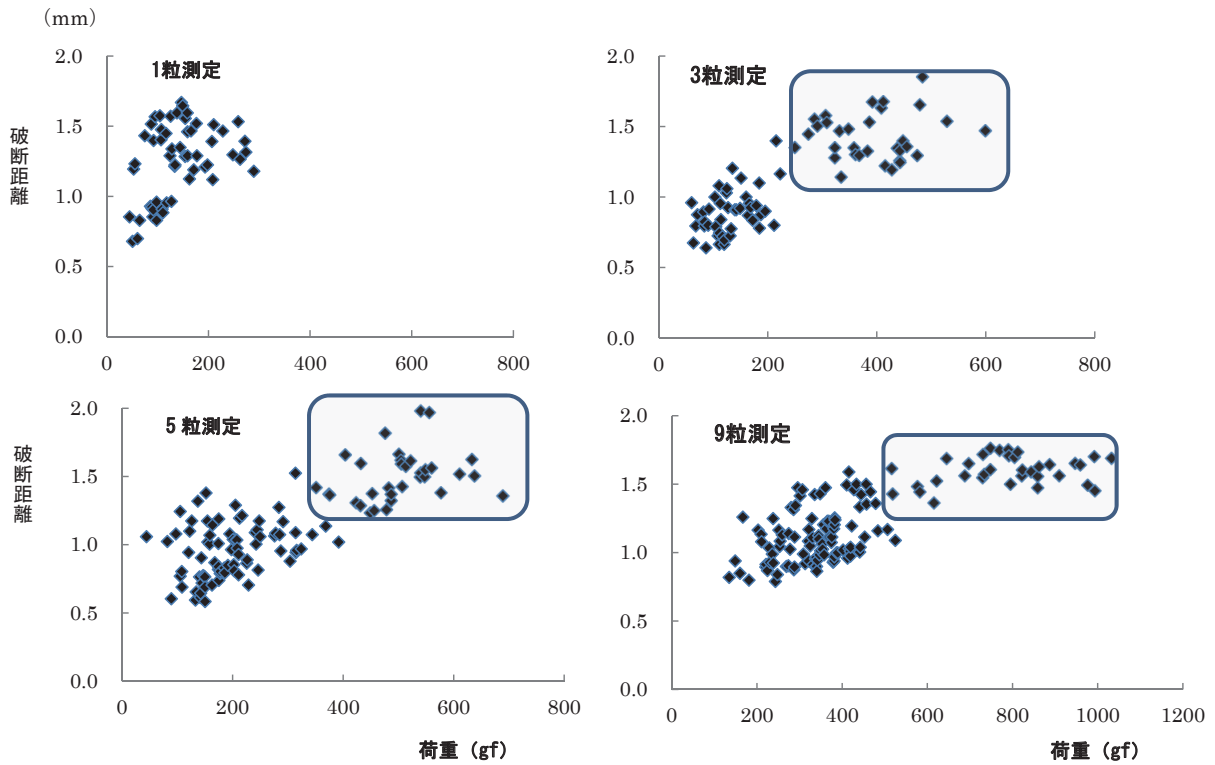


図5 測定粒数別にみた破断荷重と破断距離

次に破断応力を求めるため、図6に海ブドウの測定粒数と荷重との関係を示した。回帰直線の切片を0に設定し回帰式を求めた結果、 $[y=92.55x]$ の式が得られた。

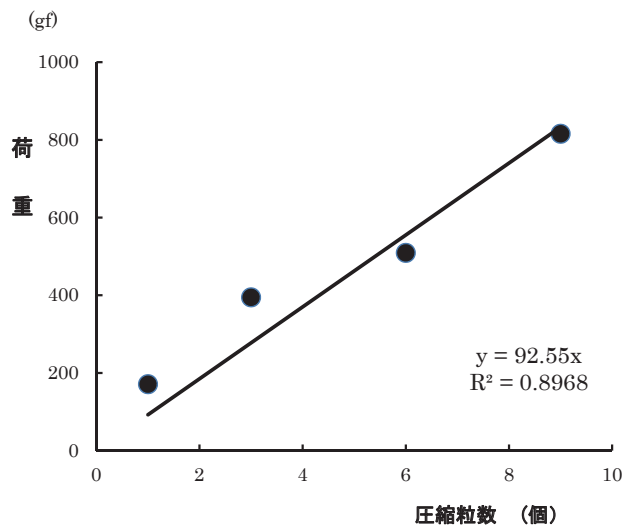


図6 海ブドウの測定粒数と荷重との相関および回帰式

海ブドウの直径 $1.94 \pm 0.084 \text{mm}$ ($n=20$) から表面積を求め、1粒の海ブドウが完全につぶれると想定した見かけ上の接触面積は1/2表面積とし、 5.91mm^2 となった。 1cm^2 の接触面積となる海ブドウは16.9粒と計算され、先の回帰式を用いて、海ブドウの推定破断応力を 15.35N/cm^2 と算出した。

一方、ところてん1cmの平均荷重は $900.55 \text{g} \pm 112.4 \text{g}$ ($n=20$) で、平均圧縮面積は 0.605cm^2 であり、ところてんの破断応力は 14.59N/cm^2 となった。

IV 考察

1. プチプチ食感に対するイメージ

25種のなかで、最も好印象とされたのは、ほくほく、サクサクであり、ぼそぼそ、ぱさぱさ、べたべたが最も低値であった。今回の調査対象は若年女性であり、じゃが芋やさつま芋に用いられるほくほく食感や、焼き菓子で多く用いられるサクサク食感が好まれたものと推察する。今回の研究対象テクスチャーであるプチプチは、好感度スコアが4.01であり、最高スコアが5点であることから、若年女性を対象とした今回の調査からは、プチプチ食感は好ましいと評価されていることが示された。

「プチプチ」からイメージされた食品は、258人中で全18品目に留まった。今回用いた25用語からそれぞれイメージされる食品の平均食品数は30.4品目であり、18品目はそれよりかなり少ない。このことから、プチプチ食感を持つ食品が、比較的限定されていることが推察された。プチプチ感は、風船状に膨らんだ球形が、負荷された荷重によって変形した後に破裂した際に生じる食感と予想される。実際、「プチプチ」よりイメージされる食品は、球状の形態をした魚卵が多く、特にいくらは63.6%の者が挙げていた。今回用いた海ブドウは、いくら、数の子について出現頻度が高く、魚卵と異なり特有の味・香りが少ないため、試料に適するものと判断された。

2. プチプチ食感の咀嚼回数増加作用

物性測定の結果、コントロールとして用いたところてんの破断応力は 14.59N/cm^2 、海ブドウの破断応力は 15.35N/cm^2 となった。海ブドウとところてんの破断応力は、ほぼ同程度となったが、咀嚼回数結果から、コントロールであるところてん8gの試料に対して、つぶした海ブドウの1.5g添加においても、わずかではあるが有意に咀嚼回数が増加したことから、海ブドウの方がところてんより硬さがあることが示唆された。

今回、海ブドウのプチプチとした食感が、咀嚼誘発性を呈するかを検討したが、予めつぶしてプチプチ食感を削除した海ブドウとの比較では、1.5g、3.0g、4.5gのすべての添加量で両者に有意差 ($p < 0.001$) が認められた。このことから、ほぼ同程度の硬さの食品 (今回はところてん) にプチプチ食感を添加することによって咀嚼回数が増加することが示された。

食品の不均一性と味の感じ方、フレーバーの放出、および咀嚼時間との関係は、すでに報告されているが、いずれも均質なものより不均一であることで、味を強く感じたり^{11,12)}、摂食時間が延び、フレーバーを強く感じることを示されている¹³⁾。咀嚼運動は、舌、歯根膜、口腔粘膜の触・圧感覚によって、食品の物性を認知することにより生じ、食品の物性によって咀嚼回数が影響される^{4,9)}。今回のプチプチ食感の添加も、均質なところてんに海ブドウを加えることによって、咀嚼中に質の異なるテクスチャーが出現し、咀嚼時間が延長すなわち咀嚼回数が延長したものと考えられる。

このように、ところてんにプチプチ食感を添加することによって、不均一な試料が調整された。加えてプチプチとした食感、好ましいと感じる食感であることが本研究で示され、咀嚼中の感覚的快適性を高

めたことが推察される。従って、口腔内でより積極的に感じる事が望まれた結果として、プチプチ食感の添加によって顕著な咀嚼回数増加が生じたものと推測する。

今回、男女別、習慣的咀嚼回数のレベル別に検討したが、男女では咀嚼回数に有意差は認められなかった。また、咀嚼回数の多い群、中間群、少ない群でも回数増加比には有意差が認められなかった。このことから、プチプチ食感で期待できる咀嚼回数増加効果は、日常的によく噛む習慣のある者、ない者に関わらず、期待できることが示唆された。

今回はコントロールを海ブドウ相当の硬さであるところてんとしたが、コントロール食品を硬くした場合でも、海ブドウの添加によって咀嚼回数の増大効果が認められるかは今後の課題である。

V. まとめ

本研究は、プチプチ食感を主軸にした、咀嚼誘発性食品（楽しく・自然と咀嚼を増やすことができる食品）の開発を大きな目的とし、プチプチ食感を有する海ブドウを用いて、添加量の増加にともなう咀嚼回数の変化を検討し以下の結果を得た。

プチプチというテクスチャー表現は好感度レベルが高く、5点満点で平均スコア4.01であった。海ブドウとところてんの破断応力はほぼ同程度であったが、海ブドウの硬さはわずかに大きく、つぶし海ブドウの添加によっても有意に咀嚼回数は増加した。しかし、プチプチ食感を残した海ブドウの添加試料は、つぶし試料より咀嚼回数が有意に増加し、その差は添加量の増加によってさらに大きくなった。

このことから、ほぼ同程度の硬さの食品に対して、プチプチ食感を添加することによって咀嚼回数が増加することが明らかとなった。加えて、咀嚼回数増加の効果は、男性・女性で有意差が無く、また、咀嚼回数の多い・少ないという、個人の咀嚼習慣性の影響も小さいことが示された。

VI. 引用文献

- 1) 歯科保健と食育の在り方に関する検討会報告書（概要）「歯・口の健康と食育～噛ミング30（カミングサンマル）を目指して～」厚生労働省、2009
- 2) Otsuka R., Takatoshi K., J Epidemiol. 2006, 16, 117-124.
- 3) 吉松博信：肥満治療のストラテジー。日歯医師会誌。2007, 6-18.
- 4) 有住和浩。食品の硬さが咀嚼運動に及ぼす影響に関する実験的研究。補綴誌。1989, 33, 1301-1312.
- 5) 柳沢幸江。摂食時の咀嚼運動と食物物性およびテクスチャーとの対応性。食品のテクスチャー評価の標準化（森友彦，川端昌子編）。第1版，東京，光琳，1996，141-162.
- 6) 柳沢幸江，田村厚子，寺元芳子，赤坂守人。食物の咀嚼筋活動量，及び食物分類に関する研究。小児歯科学雑誌。1989, 27, 74-84.
- 7) 中川弥子，畑江敬子，又井直也，島田淳子。咀嚼性に基づく食品テクスチャーの評価。日本家政学会誌。1991, 42, 355-361.
- 8) 道脇幸博，衣松令恵，横山美加，角保徳，高堀哲雄，道健一。食品の大きさとテクスチャーによる咀嚼運動の変化。口腔科学誌。2001, 50, 70-75.
- 9) 小泉敦，西村豊，神山かおる。筋電図によるおやつ・おつまみの咀嚼特性評価。咀嚼学会誌。2008, 18, 60-68.
- 10) 小出あつみ 他。食材の切り込み操作が高齢者の咀嚼回数と嗜好性に及ぼす影響。調理科学誌。2012, 45, 48-55.
- 11) A.C.Mosca, Van de Velde, J.H.F. Bult, et al. Effect of gel texture and sucrose spatial distraction on sweetness perception. LWT-Food Science and Technology, 2012, 46, 183-188.
- 12) S.C. Hutchings, M. O'Sullivan et al. Food Quality and Preference. 2015. 45. 132-139.
- 13) S.Nakao, S.Ishihara, M.Nakamura et al: Effect of inhomogeneous spatial distribution of aroma compounds on perceived aroma intensity and human eating behavior for neutral pH gels. Food Sci. Technol. Res. 2013, 19, 675-683.
- 14) 早川文代ら。日本語テクスチャー用語の収集。日本食品科学工誌。2005, 52, 337-346.
- 15) 穴井美恵，高橋徹，森田一三，丸山智美。ビデオ観察法を用いて咀嚼行動を観察する際の観察者間および観察者内誤差の検討。日本食生活学会誌。2012, 23, 174-177.
- 16) 弓削公，斎藤滋。ビデオによる食行動の定量的評価—学校給食時の学童の咀嚼行動について—。咀嚼学会誌。2002, 12, 33-41.

柳澤 幸江 (和洋女子大学 生活科学系 教授)

小谷 哲司 (アサヒグループホールディングス株式会社 コアテクノロジー研究所)

淡嶋 恭子 (アサヒグループホールディングス株式会社 コアテクノロジー研究所)

杉山 洋 (アサヒグループホールディングス株式会社 研究開発部門)

(2017年10月10日受理)