

研究の動向

■ エスプーマ利用による高齢者食への展開

東京家政大学大学院 峯木 真知子

1. はじめに

先進国では、超高齢社会が顕著であり、高齢になっても、できるだけ自立した生活を目指す健康寿命が重要視されている。それには、個々の状態に応じた食事を提供し、口から食べ続けることが必要である。高齢者の咀嚼能力低下に伴い、高齢者が摂取しやすいあるいは摂取可能な食品や調理・調製法の開発が望まれている。近年では、高齢者向けの食事として、ムース食やソフト食が開発され、利用されている。しかし、ソフト食は、調理時間が長く、食材本来の歯ごたえや食感を楽しみにくいため、人によっては苦手とする可能性もある。これらの対策の一つとして新しい調理法である、エスプーマ法を用いた泡状食（以下、エスプーマ食）の利用を考えた。

エスプーマは、サイフォンと呼ばれる加圧容器と二酸化炭素または亜酸化窒素ガスを用いて、液体に圧力を加えながら空気を含ませて作られる軽い泡の料理のことである¹⁾²⁾。この料理は、スペインのレストラン「エル・ブジ (El Bulli)」(1946年～2011年)のシェフであるフェラン・アドリアにより開発され、数多くのレシピを公開している。レシピは野菜、果物、飲料などについて記載されており、ホットエスプーマのメニューもある。しかし、魚・肉料理は記載されていない。エスプーマは、ペースト状にした食材とつなぎとなる素材（凝固剤）を合わせる。それに亜酸化窒素ガスや炭酸ガスを添加して、泡状食を作る方法である。本研究では、味に影響する炭酸ガスではなく、亜酸化窒素ガスを用いた。亜酸化窒素ガスは、食品添加物として許可されており、ポンペを購入して使用できる。炭酸ガスのカートリッジスプレーは既に市販されているが、日本では亜酸化窒素ガスのカートリッジスプレーは許可されていない。

実際にエスプーマに用いられている凝固剤は、一般に乳脂肪クリーム、ゼラチン、卵白などである。これで得た泡状食品は咀嚼の必要がなく、口溶けが良く、しかも食品の風味を強く感じる特徴をもつ。味覚・嗅覚の感度が低下する高齢者において、食品の風味を強く感じることは重要である。また、その利用は障がい児食や幼児食への活用も期待できる。エスプーマ食としては、納豆³⁾の調製や食材の基礎的な研究⁴⁾は報告されているが、それ以外の調製方法やその利用に関する研究はほとんどみられない。

高齢者食へのエスプーマの導入は、ドイツ・ミュンヘンにある特別養護老人ホームを訪問した共同研究者が実際に体験してきている。この時のメニューは、パン粥、ステーキ、果物のエスプーマ食であり、そのおいしさに感動したとのことである。料理がおいしいとだれでも元気になる。そこで、おいしい高齢者食を目指し、日本での導入を検討した。エスプーマ食を嚥下調整食として利用するためには、日本人の嗜好・食文化に合わせた食事のレシピが必要である。また、皆様方が考えるエスプーマ食は、コーヒーの上のミルクや、魚料理やデザートに添えるソースなどの料理の一部を想像されていると思う。私たちは料理自体をエスプーマ食にすることを考えた。この研究を通じての最終目的は、実際にエスプーマ食を高齢者施設やグループホームなどで利用していただくことにある。

2. パン粥の調製⁵⁾

最初に試みたのは、ドイツの高齢者施設より頂いたレシピを参考に、主食であるパン粥を検討した。パンを好む高齢者は多いことから、パンは高齢者施設で提供されている。食事形態は、そのまま、小さく切る、パン粥などである。しかし、多孔質で水分含量が少ないため、唾液を含み上顎に張り付きやすいことから、窒息の原因食品であることが報告されている⁶⁾⁷⁾。そこで、エスプーマで調製したパン粥をえん下困難な高齢者が食べられる食形態であるのかを消費者庁によるえん下困難者用食品の

Machiko MINEKI

東京家政大学大学院 東京家政大学・キューピー共同研究講座タマゴのおいしさ研究所特命教授
〔著者紹介〕(略歴) 共立女子大学家政学部食学科卒業、東北大学大学院農学研究科機能形態講座博士後期課程修了 博士(農学)、管理栄養士、専門官能評価士
〔専門分野〕調理科学、応用栄養学

許可基準⁸⁾に基づき評価をおこなった。

パン粥の材料は、食パン（倉敷製パン（株））19 g、バター（雪印メグミルク（株））7 g、上白糖（三井製糖（株））5 g、マーマレード（アオハタ（株））7 g、牛乳（（株）明治）50 g、植物性クリーム（雪印メグミルク（株））50 gを基本試料とした。マーマレードを添加しない配合（M 試料）や、牛乳の代替品として、調製豆乳（キッコーマン（株））を用いたSC 試料を調製した。

これらの材料を計量後、全ての材料をミキサー（（株）TESCOM, TM8200）で1分間破碎・攪拌（120,000回転、1分）したもの100 gを、エスプーマ用ボトル（アドバンスディスペンサーTAH-C G（M）、東邦アセチレン（株））に入れ、亜酸化窒素ガス（エスプーマアドバンス充填器TAH-C G、東邦アセチレン（株））を充填した（図1）。これを、20回振とう後抽出して泡状にした（図2）。

こうして得られたパン粥は、1食の栄養量を100 kcalとした場合、各試料の摂取する重量は、36～38 gである。

各試料の比重は、基本試料 0.46 ± 0.03 、M 試料 0.55 ± 0.09 、SC 試料 0.57 ± 0.11 であり、試料間に有意差はなかった。したがって、100 kcalを得るのに必要な容量を比重より計算すると、78 mlで大さじ5杯程度であった。

エスプーマ抽出後から放置後30分において、泡の状態

およびテクスチャーに変化はみられなかった。このことから、調製した泡状パン粥はいずれも泡の安定がよく、高齢者が食べ終わる時間（放置後30分）まで、状態が変化しないことがわかった（図3）。

エスプーマパン粥のかたさ、凝集性および付着性は、消費者庁によるえん下困難者用食品の規格基準のⅢの範囲内であった。軽度の嚥下困難な高齢者が喫食可能な食事であると判断された。

マーマレードはペクチンを含むので、泡の保形性に影響すると考えたが、基本試料とM 試料の比重や離水、テクスチャーには差異はなかった。泡の安定性には関与していなかったことから、マーマレードの有無は喫食者の嗜好でよいことが分かった。豆乳についても牛乳の代替が可能であることがわかった。

エスプーマ食は摂取量が少なく、高栄養である。しかも咀嚼しやすく、香り高くおいしい。高齢者の食事時間の軽減にもつながると考える。なお、ドイツの高齢者施設より頂いたレシピはそのまま使用できなかった。食材の違いの他、ガスボンベの圧力が日本では低く、泡になりにくかったからである。また、予備実験より、植物性クリームの方が動物性クリームより温度による影響が少なかった。植物性クリームは取り扱いが楽であり、安価であることより、実際の高齢者施設の給食では、植物性クリームが利用しやすいことを確認し、以後は植物性クリームを使用した。

2) 米粥の調製⁹⁾

日本人の主食である米粥は付着性が高く、摂食嚥下機能が低下した高齢者にとって、窒息の恐れのある食べ物である¹⁰⁾。そこで、レトルト米飯20、30、40 g、牛乳50 g、クリーム50 g、砂糖5 g、味噌4 gを用いて、エスプーマ法での米粥を調製した（以後エスプーマ米粥）。味噌は、飯の配合量を除いた液体量に対して、0.4%の塩分になるように調製した。飯20 gを用いた試料をA 試料、30 gの試料をB 試料、40 gの試料をC 試料とした。

エスプーマ米粥では、各試料約45 gの摂取量で、エネルギー100 kcal、たんぱく質2.0-2.1 g、カルシウム量



図1 ディスペンサー（ボトル）と亜酸化窒素ボンベ

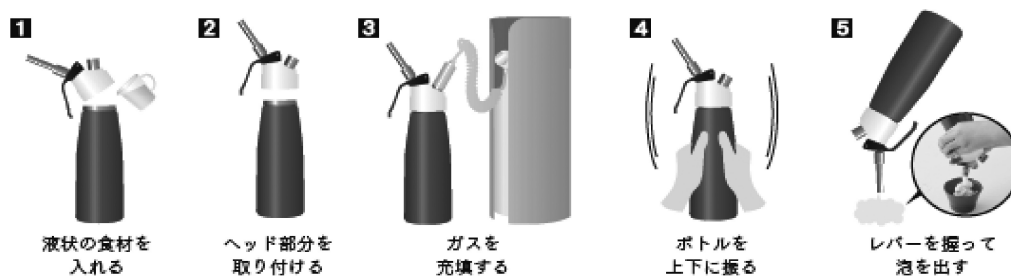


図2 エスプーマ食の基本調理方法

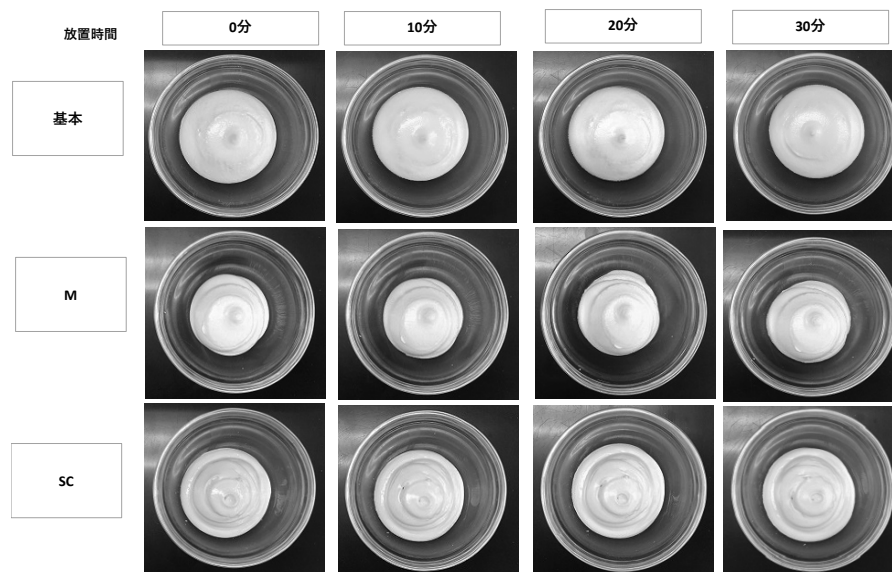


図3 エスプーマパン粥の調製後の経時変化⁵⁾

基本試料：食パン 19 g, バター 7 g, 上白糖 5 g, マーマレード 7 g, 牛乳 50 g, 植物性クリーム 50 g の配合

M：基本配合からマーマレードを入れない

SC：牛乳→豆乳に代替

表1 エスプーマで調製後10分の米粥のテクスチャー（著者作成）

測定項目	A	B	C
かたさ(応力)×10 ² [Pa]	7.00±1.38 ^b	7.82±1.05 ^{ab}	8.64±1.32 ^a
凝集性	0.65±0.02 ^b	0.68±0.04 ^{ab}	0.72±0.03 ^a
付着性×10 ² [J/m ³]	2.07±0.46	2.16±0.45	2.55±0.69

A：飯 20 g, 牛乳 50 g, 植物性クリーム 50 g, 砂糖 5 g, 味噌 4 g

B：飯 30 g, 他は同配合

C：飯 40 g, 他は同配合

ab：測定項目別に有意差あり（p<0.05）

約 25 mg が摂取できる。このことは、通常の米粥と比較して約1/3の摂取量で、同じエネルギーやたんぱく質量になる。すなわち、エスプーマ米粥は高エネルギー、高たんぱく質食品で、食事量が低下する高齢者の食事として適していた。

調製された試料の比重は A 試料 0.29 ± 0.01 , B 試料 0.34 ± 0.02 , C 試料 0.41 ± 0.04 であった。各試料とも調製後10～30分間放置におけるかたさ、付着性、凝集性に变化がみられなかった（表1）。また、いずれの試料も、えん下困難者用食品の許可基準の規格基準Ⅲ（かたさ： $3 \times 10^2 \sim 2 \times 10^4$ Pa, 付着性： 1.5×10^3 J/m³以下, 凝集性：設定なし）を満たした。このことから、今回調製したエスプーマ米粥は、高齢者施設での食事として利用できると考える。

エスプーマ米粥を液体窒素で凍結後切断し、直ちに卓上SEM（日立、T3030PLUS）で組織構造を観察した。い

ずれの試料もエスプーマによる多数の気泡で構成され、その気泡の周りを連続層が配置している様子が観察された。乳脂肪球皮膜は乳化剤の効果を持ち、たんぱく質や糖たんぱく質、リン脂質、糖脂質などから構成されると報告されている¹¹⁾。連続層は、これらを含んで構成されていると考えられる。A, B 試料（図4-A, B, D, E）の気泡は、C 試料（図4-C, F）よりも大きかった。各試料のSEM画像における気泡の割合（面積比＝気泡の面積／（連続層の面積＋気泡の面積）×100）を算出した結果、A および B 試料の気泡の面積比はそれぞれ55%, 54%と高く、C 試料の面積比は46%と低い値を示した。飯の配合量が高いC試料の組織構造は、気泡の面積比が低く泡が小さいが、気泡を囲む連続層が厚かった。したがって、気泡の大きさや気泡の面積比が低いことは、エスプーマの比重を高くし、かたさと凝集性の増加に影響すると考える。

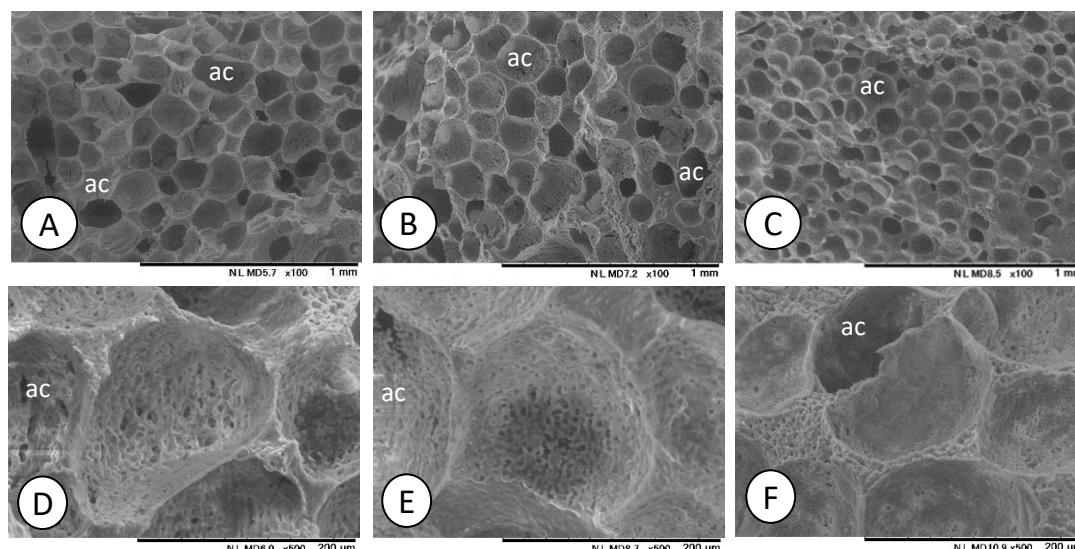


図4 エスプーマ法で調製した米粥の組織構造⁹⁾

卓上 SEM (日立 T3030Plus) 液体窒素凍結後観察 (未固定)

A, D : A 試料 B, E : B 試料 C, F : C 試料 ac : 気泡

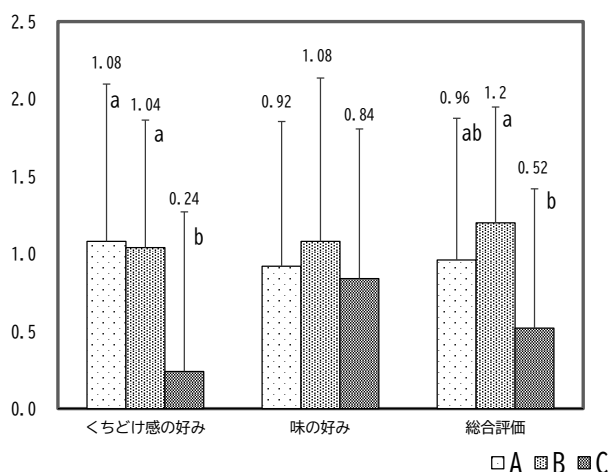


図5 エスプーマ法で調製した米粥の5段階評点による嗜好型官能評価⁹⁾

評点は-2 (好ましくない), -1 (やや好ましい), 0 (どちらでもない), +1 (やや好ましい), +2 (好ましい) の5段階評点法で行った値は平均値±標準偏差を示す (データラベルは平均値を示す)

a, b, c : 各項目の試料間に有意差があり ($p < 0.05$)

本学学生及び教員の20歳代女性28名をパネルとして、評点法による官能評価を行った。分析型官能評価では、-2点 (弱い), 0点 (どちらでもない), 2点 (強い) で識別するくちどけ感の強弱はいずれの試料も+点であった。米の香りで-0.9~-0.5, 味では-0.3~-0.5で低値であった。しかしながら、嗜好型官能評価 (くちどけ感, 味, 総合評価) の結果では, A, B 試料 (飯 20 g, 30 g) は, いずれも1点 (やや好ましい) 以上を示して好まれた (図5)。

このことから, 今回調製したエスプーマ米粥は好まれ

ていたが, 米の風味については, さらにレシピの改善が必要である。

また, 咀嚼の必要がほとんどないエスプーマ食において, えん下の状態を確認する必要がある。食事に問題のない高齢者2名 (被験者X, Y: 65歳, 67歳) にB 試料を一口15 g 飲み込んでいただき, そのえん下状態を嚥下内視鏡検査¹²⁾ で確認した。1回目の嚥下後には口腔内に薄く膜が張っているように見え (図6: X-1, Y-1), 軽度残留が認められた。2回目のえん下では, 被験者Xに残留はほとんど認められなかった。被験者Yでは1回目より残留の程度が少なくなっていた。一般に, 健常者の嚥下内視鏡所見で軽度の残留が認められることは多く, 特に液状栄養食は膜状に残留する所見が認められることから, 正常範囲とみなして問題ないといえる。本研究においても, 軽度残留を正常範囲とみなすと, B 試料は, 誤嚥の可能性が低い食事であると考えられる。従って, 摂食嚥下機能が低下した者へ利用できる可能性が考えられるが, えん下困難者における検討がさらに必要である。

3. 米粥のみその検討¹³⁾

エスプーマ食の凝固剤として, 主にクリームが用いられる。エスプーマ米粥としては米の風味のある米粥を調製するために, 日本独特の調味料である味噌を添加し, 米粥の品質および嗜好性を検討した。その結果, 味噌の添加は, 離水も少なく, エスプーマ食としての品質を高めた。地域に合わせた味噌を選択することで, 嗜好性も向上すると考えられる。

また, ライスジュレを用い, クリームを使用しない米粥のレシピ¹⁴⁾ も検討している。

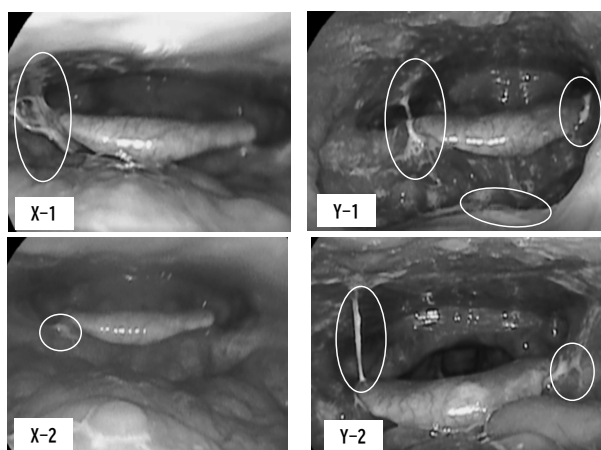


図6 米粥嚥下後の内視鏡画像⁹⁾

被験者1:X 被験者2:Y

X-1, Y-2: 1回目の嚥下後の口腔内の状態

X-2, Y-2: 2回目の嚥下後の口腔内の状態 ○: 試料の残留物

残留の分類(液状物)

なし: まったく残留がない

軽度: 膜状(コーティング状)に少量残留

中等度: 残留は2カ所*以内, 膜状より厚みをもって残留

高度: 残留は3カ所*以上, ないし量的に多量に残留

*左右咽頭蓋谷, 左右梨状窩, 咽頭壁など

引き続き, 日本人の嗜好にあったエスプーマ食を開発・調製している。

3) 主菜¹⁵⁾, 副菜, デザートの調製

魚介類を用いた主菜として, 鮭のクリーム煮エスプーマ食¹⁵⁾を検討した。植物性クリームの他, 豆乳クリームを凝固剤として使用した。泡の密度や離水量より, 乳化剤の入った植物性脂肪クリーム試料や豆乳クリーム試料では, 密度が小さく, 離水量が少なかった。特に豆乳クリーム試料では, 温度に関わらず離水は全くみられないので, エスプーマ法による凝固剤として大変優れていることが判明した。乳化剤には, 乳化を安定化, 攪拌・エアレーションによる乳化の破壊, 泡を安定に取り込む作用¹⁶⁾があるため, 乳化剤の含まれているクリームは密度が小さく軽い泡になったと考えられた。豆乳クリームは, 大豆タンパク質のような球状タンパク質で形成された膜は安定であり泡沫特性も優れているので¹⁷⁾¹⁸⁾, 離水が少なかったと考えられる。また, タンパク質は分子内に親水基と疎水基を持つため, 界面活性剤として働き, 水分の表面張力を下げて, 泡を安定に保つ作用があることが報告されている¹⁹⁾。エスプーマ法に用いる凝固剤として, 大変優れていることが判明した。また, 20歳代パネルによる官能評価及び高齢者(平均約80歳)による官能評価



図7 エスプーマ小冊子表紙²⁰⁾

でも豆乳クリームの使用は良好な成績であった。豆乳クリームのエスプーマの使用は, 日本人向きの味が考えられる。現在投稿準備中のため, 詳細については割愛する。

4) レシピ集の発行²⁰⁾

エスプーマ食の利用を考え, 「味薫るエスプーマ食・レシピ集-咀嚼・えん下の難しい人向けの泡食」を発行した(図7)。エスプーマ食レシピを26品紹介している。主食7品(米粥, ミートソースパスタ, グラタン, ラーメン, うどんなど), 主菜5品(すき焼き, 焼き鳥, 豚の角煮など), 副菜7品(枝豆の塩ゆで, きんぴらごぼう, ほうれん草の胡麻和えなど), デザート7品(みたらし団子, おしるこ, アップルパイ, 果物など)を紹介している。また, そのままで食べるだけではなく, ソフト食のバリエーションとして, ミックスで食べたり, 添え味として使用するなどの工夫もできる。表2に, ラーメン, 豚肉の角煮, ほうれん草の胡麻和え, おしるこの材料, えん下分類, 盛り付け図を示した。作り方などについては, 小冊子に記載している。また, 簡単にできるように, カップ麺や市販品を利用している。取り上げたレシピは高齢者が食べたいと希望する料理であるが, 咀嚼・えん下の低下した高齢者には, 提供しにくい料理である。

是非, 高齢者施設の調理の方々や栄養士の方にご利用いただき, 実際に使用していただきたい。

表2 エスプーマ料理集²⁰⁾ より抜粋

形態	主食		主菜		副菜		デザート	
料理名	ラーメン		豚肉の角煮		ほうれん草の胡麻和え		おしるこ	
材料	ラーメン（市販カップ麺）	1 個	豚バラブロック	200	ほうれん草ピューレ	40	ゆであずき	60
	植物生クリーム	30 g	角煮用水	200	植物生クリーム	60	めし	7
			市販の角煮たれ	60	醤油	1.7	水	30
			植物生クリーム	200	ねりごま	10	植物生クリーム	60
			水	100	粉醤油・砂糖	各1.2		
栄養量 (40 g 当たり)	エネルギー (kcal)	60	エネルギー (kcal)	104	エネルギー (kcal)	104	エネルギー (kcal)	115
	たんぱく質 (g)	1.1	たんぱく質 (g)	2.7	たんぱく質 (g)	2.7	たんぱく質 (g)	4.2
	カルシウム (mg)	7	カルシウム (mg)	5	カルシウム (mg)	5	カルシウム (mg)	12
	食塩相当量 (g)	0.4	食塩相当量 (g)	0.3	食塩相当量 (g)	0.3	食塩相当量 (g)	0.1
えん下 分類	えん下分類	Ⅲ	えん下分類	Ⅲ	えん下分類	Ⅲ	えん下分類	Ⅱ
料理								
エス プーマ								

4. まとめ

その後の実験により、ミキサーで食材を破碎した粒子の大きさは、エスプーマを通じてその大きさに変化がないこと、レシピの成功には、エスプーマに入れる前の食材の粘度が影響することはほぼ把握することができた。しかし、適切な粘度の範囲などについてはさらに検討する必要がある、今後の課題である。

また、日本でのエスプーマは、ガスボンベが大きく、持ち運びができないことから、料理する側に制限があり、食べる側からは、泡状食なので、どの料理も同じに見え、外観からの意欲が減退するなどの問題もある。実際の使用や普及には改善や工夫の必要がある。また、高齢者食に利用できることは可能であったが、えん下困難者における安全性の検討はさらに確認が必要である。

エスプーマ食は食べてみると、なめらかで風味が高く、くちどけが良く、おいしい。このコロナ禍でエスプーマ食の試食会を開催できないことが本当に惜まれる。

今後、エスプーマの使用が、おいしい食事の提供になり、そして高齢者のQOL向上につながることを期待している。

謝 辞

最後に、この研究は、東京家政学院大学駒込乃莉子助手、東京家政大学和田涼子特任教授、小泉昌子特任講師、元大学院生小泉和子氏のご協力により、進めることができました。この場を借りて、深謝申し上げます。また、この研究の遂行に対し、公益財団法人森永奉仕会より研究奨励金、一般社団法人旗影会および一般社団法人東洋水産財団より学術奨励金をうけました。東京家政大学ブランディング事業からも研究費の援助をいただきました。御礼申し上げます。

文 献

- 1) Adrià, F.; Soler, J.; Adrià, A. エルブリの1日。(清宮真理, 小松伸子, 斎藤唯, 武部好子訳). ファイドン, 2009.
- 2) 渡辺万里. エル・ブジ至極のレシピ集. フェラン・アドリア編. 日本文芸社, 2000.
- 3) 渡邊久美, 長谷川莉子, 桑原明, 石川伸一. 豆乳および牛乳エスプーマへの増粘剤添加が物理的特性および官能特性に及ぼす影響. 家政誌. 2022, Vol. 73, No. 2,

67-78.

- 4) 藤間紀明, 山村千絵. エスプーマ調理器で泡状に加工した納豆の咀嚼・嚥下特性—テクスチャー検査と官能検査—. 日本咀嚼学会雑誌. 2012, Vol. 22, 113-121.
- 5) 駒込乃莉子, 山本菜美, 和田涼子, 峯木眞知子. 高齢者向きエスプーマ調理法による泡状パン粥の調製. 東京家政大学研究紀要自然科学. 2019, Vol. 59, 27-32.
- 6) 坂口逸子, 市川光太郎. 食品による窒息の現状把握, 平成19年度厚生労働科学特別研究分担研究報告書. 2008, 1.
- 7) 堀口逸子, 市川光太郎. 食品による窒息の現状把握, 厚生労働科学研究補助金総括研究報告「食品による窒息の現状把握と原因分析研究」(代表: 向井美恵). 2008, 10-19.
- 8) 消費者庁 (2019/9/9). 別添特別用途食品表示許可基準並びに特別用途食品の取扱い及び指導要領. https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/health_promotion/pdf/food_labeling_cms206_190924_01.pdf. (閲覧 2019.12.27)
- 9) 駒込乃莉子, 山本菜美, 和田涼子, 峯木眞知子. エスプーマ法で調理した米粥の特性. 日本調理科学誌. 2021, Vol. 54, 91-98.
- 10) 大越ひろ, 河村彩乃. 食品による窒息の要因分析・人側の要因と食品リスク度, 平成20年度厚生労働科学特別研究分担研究報告書. 2009, 25-33.
- 11) 北畠直文, 土井悦四郎. 泡沫の物性. 日本食品工業学会誌. 1987, 34, 549-557.
- 12) 藤井一郎, 薛克良. 嚥下障害治療における内視鏡(鼻咽腔喉頭ファイバースコープ)検査—FOOD TESTにおける咽頭残留の評価. 平成12年度厚生科学研究費補助金長寿科学研究「摂食・嚥下障害の治療に関する統合的研究」(主任研究者: 才藤栄一). 2001, 17-45.
- 13) 駒込乃莉子, 小泉昌子, 和田涼子, 峯木眞知子. 味噌の種類がエスプーマ米粥の品質および嗜好性に与える影響. 東京家政大学研究紀要自然科学. 2022, Vol. 62, 27-33.
- 14) 駒込乃莉子, 山本菜美, 和田涼子, 加藤和子, 峯木眞知子. エスプーマ調理法による米ゲルを用いた泡米粥の調理特性. 日本調理科学会大会研究発表要旨集. 2019, 73.
- 15) 小泉和子, 小泉昌子, 和田涼子, 峯木眞知子. クリームの温度がエスプーマ法による魚料理に及ぼす影響. 日本調理科学会大会研究発表要旨集. 2019, 46.
- 16) 野田正幸. クリームの起泡性. 油化. 1993, Vol. 42, No. 10, 784-791.
- 17) 山内文男. 大豆タンパク質の構造と食品物性. 日食工学会誌. 1979, Vol. 26, No. 6, 266-277.
- 18) 土井悦四郎. 食品タンパク質の加工特性に関する研究. 日食工学会誌. 1992, Vol. 39, No. 12, 1163-1169.
- 19) 畑江敬子. 第1章泡・泡立て, 泡をくうお話. 建帛社, 2017, 5-6.
- 20) 峯木眞知子, 和田涼子. 味薫るエスプーマ食・レシピ集. 東京家政大学, 2020, 1-29.