

下関市伝統野菜‘彦島春菜’の水産練り製品への 応用に関する研究

谷口成紀[†], 大久保 誠, 前田俊道

Application of the Shimonoseki local traditional vegetable ‘Hikoshima-haruna’ powder to fish paste products

Shigenori Yaguchi[†], Makoto Ohkubo and Toshimichi Maeda

Abstract : ‘Hikoshima-haruna’ (*Brassica rapa* var. *narinosa*) is a local traditional vegetable in Shimonoseki (Yamaguchi, Japan). The mature leaves are edible and much of the harvest is processed into pickles for consumption in the Shimonoseki area. To expand the consumption of ‘Hikoshima-haruna’, we verified the use of ‘Hikoshima-haruna’ powder in fish paste products as a part of the utilization research. We prepared heated gels (Kamaboko) mixed with 0-10% ‘Hikoshima-haruna’ powder and measured their breaking strength. The Kamaboko containing 1.0-4.0% powder exhibited a bright green color, preserving the characteristics of ‘Hikoshima-haruna’ as a plant with bright green leaves. Although the breaking strength of the two-step heating (30°C for 30 min followed by 85°C for 20 min) gels tended to decrease with increasing powder concentration, the 1.0% powder concentration exhibited a slightly greater breaking strength than the other concentrations. Therefore, when applying ‘Hikoshima-haruna’ powder to fish paste products, its use as Kamaboko at a powder concentration of 1.0% was considered appropriate.

Key words : *Brassica rapa* var. *narinosa*, fish cake, fishery products, gel strength, Kamaboko, local traditional vegetable

緒 言

関門海峡に面した下関市は、対馬海流の影響で温暖であり、古くから園芸産地として栄えてきた町である。特に野菜栽培においては、都市近郊という特性に加えて、港湾都市としての背景も有する地域特性から、船舶用の貯蔵の利く野菜の生産も行われてきた。その中で、‘彦島春菜’という地方伝統野菜の生産が一部地域で今も行われている。

‘彦島春菜’ (*Brassica rapa* var. *narinosa*) はアブラナ属に属する野菜で、漬物や煮物に使われる非結球の葉菜類である漬菜（ツケナ）の仲間といわれている。同じツケナの仲間としてよく知られている野菜にはコマツナ (*B. rapa* var. *perviridis*) などがある。‘彦島春菜’の来歴は不明であるが、少なくとも明治時代後期から栽培されていたとされており、一説によると下関市彦島の農家が、小倉市（現

北九州市）から購入した種子を元に、年々自家採種を繰り返した結果できたものといわれている¹⁾。昭和25年8月29日に種苗名称登録番号18号（つけな）として登録されており、夏まきキャベツと秋まきキャベツの切れ目（3月下旬から4月下旬）の春菜として、下関周辺の門司、北九州はもちろん、船舶用としても需要が多かったとされている¹⁾。その中で、昭和30年代に一度栽培が途絶えた歴史があり¹⁾、下関市園芸センター（令和4年3月31日閉園）で辛うじて保存と採種が続けられていた種子を用いて、平成8年から下関市内の生産グループなどが栽培に取り組み、‘彦島春菜’の栽培を復活させている²⁾。

ツケナの仲間である‘彦島春菜’は立性で、生育した葉を可食部とする野菜であり、葉の外見はやや白菜（ハクサイ）に似ているが、葉色が濃く、葉に細かい縮緬（ちりめん）があり、半結球性のためハクサイより葉が広がっている¹⁾

2024年10月23日受付; 2025年 1月 6日受理

水産大学校食品科学科 (Department of Food Science and Technology, National Fisheries University)

[†]責任著者 (corresponding author): yaguchi@fish-u.ac.jp

(Fig. 1)。葉質はハクサイより硬く高菜（タカナ）より柔らかく、歯切れがよく、食味が良いと評価されている²⁾。‘彦島春菜’は耐寒性が強く、抽苔が遅いため、秋まきで春どりの作型で栽培されていたが、現在は8月下旬から9月上旬播種で12月から1月どりの作型が利用されており¹⁾、冬場に

収穫・利用・加工がされている。煮物や油炒めに適する野菜であり、加熱しても葉の緑色が鮮やかなため、料理の彩りとしても優れている²⁾。また、塩漬けた葉をおむすびに巻いて食べると緑が鮮やかでおいしいと言われるなど²⁾、漬物としての品質が優れていることから、生産地域では漬

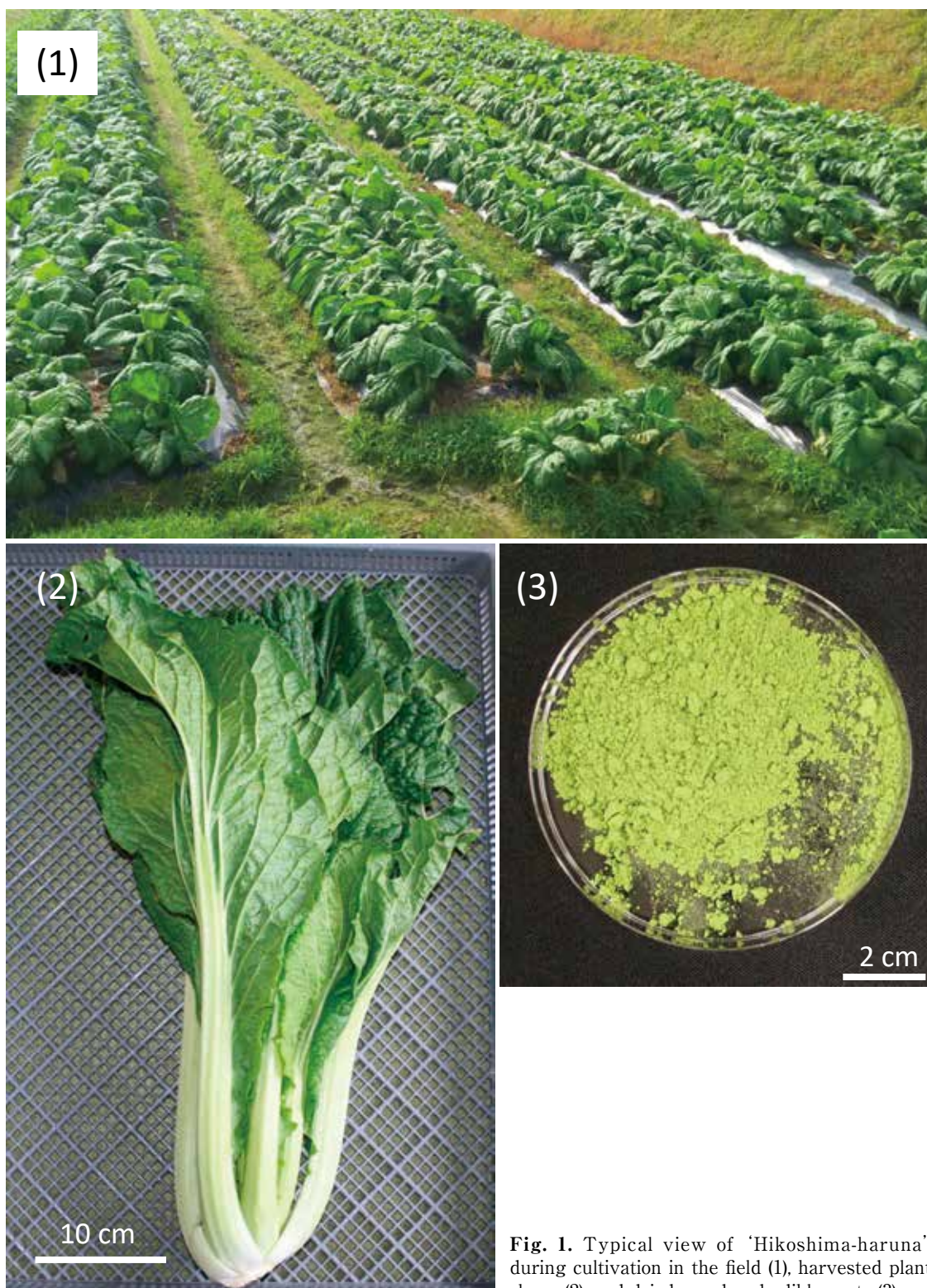


Fig. 1. Typical view of ‘Hikoshima-haruna’ during cultivation in the field (1), harvested plant shape (2), and dried powdered edible parts (3).

物に加工して利用されることが多い^{2,3)}。このように、「彦島春菜」の利用範囲が漬物に集中しがちな現状もあり、若年層を中心とした幅広い年代の消費者に訴求しやすいとは言いがたいことから、消費拡大を目的として「彦島春菜」の新たな利用方法の開発が期待されている。

同じ地域に目を向けると、下関市をはじめ山口県はかまぼこ製造業が盛んな地域として知られている。かまぼこを主とした水産練り製品は、国内の水産食用加工品生産量の30%以上を占める重要な品目であることから⁴⁾、「彦島春菜」の新たな利用先として水産練り製品に応用することは十分な可能性を秘めていると考えられる。これまでに、野菜などの植物粉末を加えて練り製品の高付加価値化を目指す研究がいくつかなされてきた。機能性成分を多く含む野菜の粉末を加えたかまぼこは、通常のかまぼこや機能性成分が少ない野菜の粉末を加えたものよりも高い抗酸化能を示す事が報告されており⁵⁾、植物粉末を練り製品に加える事はかまぼこの高付加価値化技術として有効性があると考えられている。しかしながら、植物粉末を練り製品に加えた場合、その加熱ゲル物性が低下する場合があります、植物種やその内容成分組成が物性に影響することが示唆されている⁶⁾。かまぼこにおいて、ぶりぶりした弾力を有する独特な食感は特に重要で、そのような食感を含めたテクスチャーを総称して足（あし）と表現し、足が良いことがかまぼこの価値を左右する重要な項目となっている。そこで本研究では、地域伝統野菜という枠組みのために科学的調査がほとんど行われていない「彦島春菜」の新たな利用方法の検証として、彦島春菜の粉末を混ぜ込んだかまぼこを作製し、練り製品としての物性に与える影響を調査した。

材料と方法

使用した「彦島春菜」は、下関市内日（うつい）地域の企業組合により2017年8月に播種後、同組合の圃場にて育成され、2017年12月5日に収穫した物を購入して、10個体使用した。収穫した個体は水道水により洗浄した後、ペーパータオルで水分を拭きとり、根部を除去した可食部をサイレントカッター（ビブン・ブレンダー、株式会社備文機械製作所）にて細切した。細切後、再度ペーパータオルで水分を拭きとったものを袋詰めして-50℃にて冷凍した。真空凍結乾燥機（SF-02、株式会社大川原製作所）を用いて冷凍した試料を乾燥し、乾燥後に粉碎機（Wonder blender WB-1、大阪ケミカル株式会社）にて30秒間粉砕

処理を行い、乾燥粉末化したものを彦島春菜粉末とした。

練り製品としての物性を評価するために、スケトウダラ冷凍すり身（FA級、マルハニチロ株式会社）を原料に加熱ゲルを作製した。加熱ゲルはYaguchiらの手法⁶⁾を一部改変して作製した。すなわち、4℃にて一晩静置して解凍した冷凍すり身を約1 cm角に切り、-2℃で冷却した高速攪拌機（UMC5, STEPHAN）にて粗ずりした（1,200 rpm, 2分間）。粗ずり肉の重量に対して50%の蒸留水を加えて水延ばし（1,200 rpm, 2分間）、加水した肉の重量の2.0%のNaClを加えて塩ずりを行った（1,200 rpm, 4分間）。無添加の試料（粉末濃度0%）はここで調製を完了し、彦島春菜粉末を加えた試料は、塩ずりした肉糊の合計重量に対して1.0~10%の彦島春菜粉末を加えて混合して調製した（1,500 rpm, 4分間）。調製した肉糊をクレハロンフィルム（シームD-48、幅35 mm×長さ200 mm、株式会社クレハ）に充填し、両端をクリップで留めてケーシング詰めた。加熱ゲルは2種類の加熱方法により作製したが、一つは坐り加熱として30℃にて30分間恒温水槽（Thermo Pro SDC-301, SANSYO）により予備加熱した後に、85℃にて20分間恒温水槽（T104NA, THOMAS）により加熱する二段加熱（two-step heating）とした。もう一つは85℃にて20分間恒温水槽のみにて加熱を行う直加熱（one-step heating）とした。加熱後のゲルは直ちに氷水にて20分間冷却した後、4℃にて一晩静置し、20℃にて20分間恒温水槽により加温した後、ケーシングから取り出して物性測定に使用した。

物性測定はクリープメーター（RE2-33005S、株式会社山電）を用いて、球形φ5 mmのプランジャーを高さ2.5 cmの加熱ゲルに押込む（押込み速度1 mm/sec）ことで、破断点における破断強度（N）および破断歪率（%）を6試料ずつ測定した。試料の高さと破断歪率から破断凹み（cm）を算出し、破断強度（N）を1 N = 102 gfを用いて破断強度（gf）へ換算したのちに破断凹みで除すことによりゲル剛性（gf/cm）を求めた。

結果および考察

使用した「彦島春菜」10個体は、草丈53.8±1.2 cm（平均値±標準誤差）、重量829.0±68.1 gであり、可食部の凍結乾燥粉末を295.9 g回収できた。得られた粉末は爽やかな緑色を呈し、葉が鮮やかな緑色を示すという「彦島春菜」の特徴を保っていた（Fig. 1）。この粉末をスケトウダラ肉

糊と混合してかまぼこ（加熱ゲル）を作製したところ、粉末濃度が1.0～2.0%の加熱ゲルは非常に鮮やかな淡緑色を示し、3.0～4.0%では鮮やかな緑色であった（Fig. 2）。粉末濃度5.0%と10%はくすんだ緑から深緑色を呈した。‘彦

島春菜’は加熱しても葉が鮮やかな緑色を保つといわれているが³⁾、加熱ゲルにおいてもその特性を保っており、粉末濃度4.0%程度までならば練り製品に加えても、その鮮やかな色合いを利用できると考えられた。

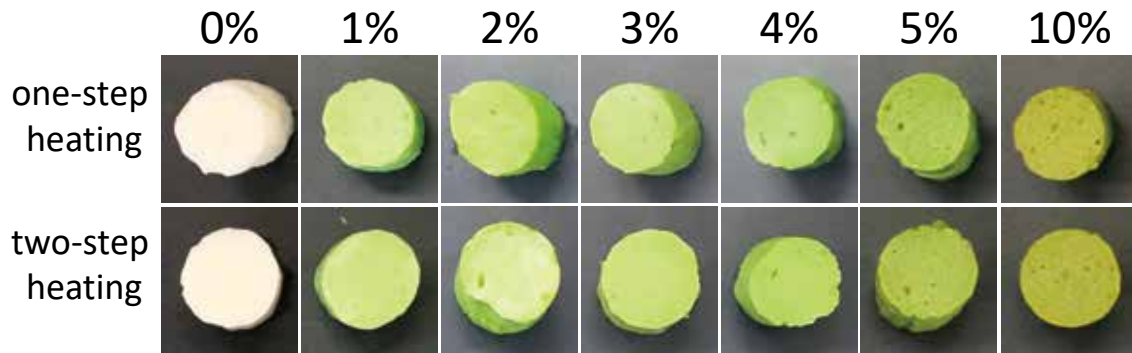


Fig. 2. Cross sections of one-step heating (85°C for 20 min) or two-step heating (30°C for 30 min followed by 85°C for 20 min) gels containing 0-10% ‘Hikoshima-haruna’ powder. Cross sectional diameter is approximately 28 mm.

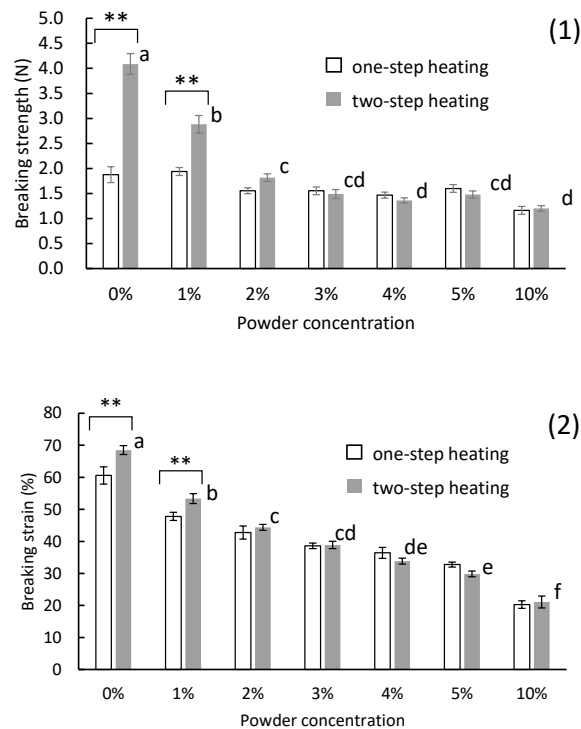


Fig. 3. Breaking strength (1) and braking strain (2) of each heated gel containing 0-10% ‘Hikoshima-haruna’ powder. Bars represent standard errors (n=6). Double asterisks (**) indicate significant differences between one-step heating (85°C for 20 min) and two-step heating (30°C for 30 min followed by 85°C for 20 min) gels with the same powder concentrations, as determined by Tukey’s test at $P < 0.01$. Different letters indicate significant difference among powder concentrations in two-step heating gels at $P < 0.05$ (Tukey’s test).

加熱ゲルの物性を測定した結果 (Fig. 3), どちらの加熱方法でも粉末濃度の増加に伴い破断歪率は減少しており, 粉末濃度が高いほど脆いゲルになっていた。直加熱においては, 破断強度は粉末濃度が変化しても大きな差は見られなかった。一方で, 二段加熱における破断強度は, 彦島春菜粉末を加えた場合, その濃度が1.0%の時は, 粉末濃度2.0~10%のゲルと比べて有意に高い破断強度 (2.9 N) を示したが, 粉末濃度が0%のゲルと比較すると有意に低く (4.1 N), 0.7倍ほどであった。粉末濃度が0%あるいは1.0%の場合, 破断強度も破断歪率も, 直加熱と比べて二段加熱の方が有意に高い値を示し, 粉末濃度が2.0%以上の場合, このような加熱方法の違いによる有意差はみられなかった。

魚肉すり身を用いた加熱ゲルの物性測定により得られる破断強度 (gf) を破断凹み (cm) で除した形で表されるゲル剛性 (gf/cm) と, 破断強度 (gf) を散布図にプロットすることで, すり身のゲル形成能の定性的な評価が可能であることが報告されている⁷⁾。これは, 破断強度と破断凹みは坐り加熱の進行により増加し, 破断強度に対してゲル剛性を散布図にプロットすることで, 両者の間には正の相関が成り立つことから, その関係の解析結果を加熱ゲルの物性評価に利用する試みとして用いられてきた手法である⁸⁻¹⁰⁾。これらの研究で破断強度の単位として用いられたグラム重 (gf) は, SI単位であるニュートン (N) から1 N=102 gfで変換される。このことを用いて, 本研究の

Fig. 3に示した粉末濃度の異なる加熱ゲルの破断強度 (N) を破断強度 (gf) に変換したうえでゲル剛性 (gf/cm) を算出し, それぞれに対応する破断強度 (gf) とともに散布図にした (Fig. 4)。その結果, 粉末濃度が0%と1.0%の場合は直加熱と二段加熱のプロット間には傾きが正で, ある程度の長さのある直線を引くことができた。しかしながら, その他の粉末濃度においてはその直線がごく短い, 傾きが負の場合, または, プロットがほとんど重なる場合も見られた。このような, 加熱条件の違いによるゲル剛性と破断強度の関係から得られる直線性において, 阿部¹¹⁾は, 直線の傾きが大きいほどしなやかなゲルを形成すること, 傾きが小さいほど硬くて脆いゲルを形成すること, そして, 坐りが起きない場合にはプロットが一点に集中することを原料に使用したすり身の評価として示している。したがって本研究において, 彦島春菜粉末を1.0%加えた場合, 粉末濃度0%より破断強度は劣るものの, ある程度しなやかで足の良いゲルが形成される条件であったと判断できた。また, 粉末濃度が2.0%以上では弾力に乏しく脆い, 足の良くないゲルになることが示唆された。

足が良いかまぼこを作るために, 室温程度の低温下で肉糊を静置してゲル化させてから加熱する方法が二段加熱であり, 低温におけるゲル化を坐り, 低温による予備加熱を坐り加熱という。坐りによるゲル化は, すり身に塩を加えて肉糊を調製することで可溶化した筋原線維タンパク質を

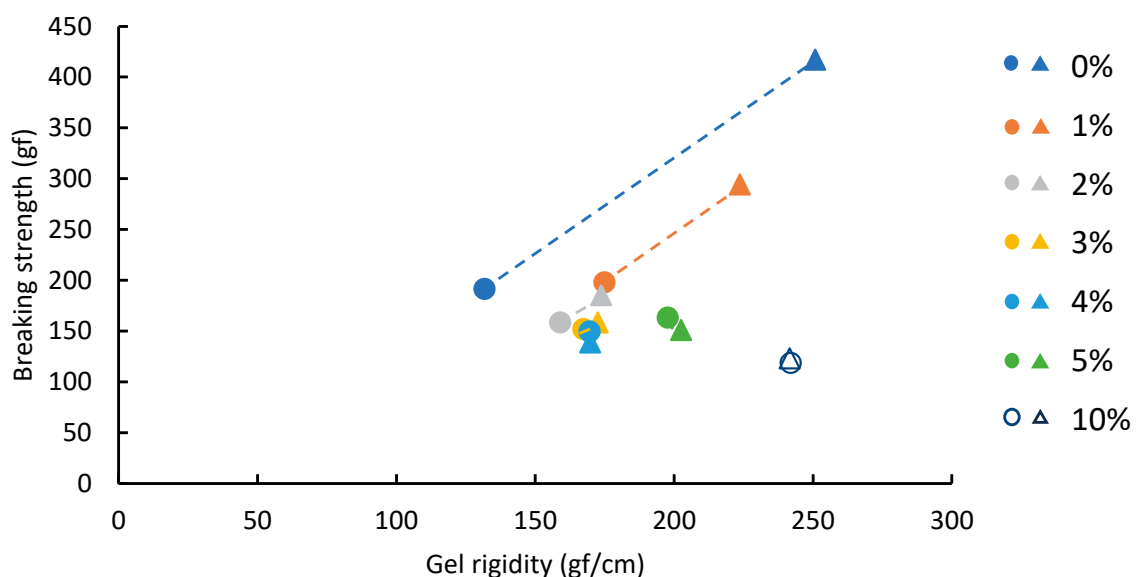


Fig. 4. Relationship between gel rigidity versus breaking strength among different powder concentration gels. ○ and △ indicate the value of one-step heating (85 °C for 20 min) and two-step heating (30 °C for 30 min followed by 85°C for 20 min) gels, respectively. Dashed lines show the distance between the value of one- and two-step heating gels in the same powder concentrations.

構成するミオシンが架橋を形成することであり、ミオシン頭部の重合およびミオシン尾部による絡み合いによって生じるタンパク質の多量化反応である¹²⁾。坐りを経た後に本加熱を行うことで、坐りによって生じた網目構造の中でさらにタンパク質表面の疎水性が向上し、疎水性相互作用による凝集が生じるため^{13,14)}、直加熱のゲルより足が良いかまぼことなる。

これまで、かまぼこの物性を改良するために植物を使用することはしばしば研究されてきたが、それらの多くは植物から抽出したタンパク質やデンプンなど単体の化合物に着目した研究が主であったため¹⁵⁾、植物粉末そのものをかまぼこに加えるという点での報告は非常に限定される。その中で、植物粉末を添加した加熱ゲルではポリフェノール類の含有量が多い粉末を加えた場合ほど破断強度が低くなりやすいという報告がある⁹⁾。一方で、酸化されたポリフェノール類を加えた加熱ゲルは物性が向上することも報告されている¹⁶⁾。本研究で用いた‘彦島春菜’に関するこれまでの研究は、その栽培技術^{17,18)}や形態特性¹⁹⁾、および、遺伝学的な報告^{19,20)}などに集中しており、‘彦島春菜’の生体に含まれるポリフェノール類の組成や含有量等は著者が知る限り報告が無い。このような内容成分特性が明らかになれば彦島春菜粉末を添加した場合の加熱ゲル物性を評価することができるようになると考えられるため、さらなる‘彦島春菜’の利用拡大を目指すにはその食品成分分析や機能性成分の検索などが必要である。

かまぼこの物性を改良するために植物由来のデンプンや植物性タンパク質を肉糊に混ぜることはしばしば行われるが、デンプンは筋原線維タンパク質のゲル化よりわずかに遅れて水分子を取り込んで膨張し、筋原線維タンパク質のゲル内で充填剤としてゲル化を補強すると考えられている^{21,22)}。また、代表的な植物性タンパク質である大豆タンパク質も、水分や脂質との結合力が高く、体積の数倍の水とともに加工時に加えられることもあり、大豆タンパク質は低品質のすり身から作るかまぼこのゲル強度を改善することが報告されている²³⁾。一方で、筋原線維タンパク質のような線維状タンパク質とは異なる球形タンパク質を加えることは、かまぼこのゲル強度を低下させる傾向にあるとも報告されている²⁴⁾。植物性タンパク質に多く含まれる球形タンパク質を加える事によるゲル強度の低下は、筋原線維タンパク質の架橋形成作用の遅延が起り、ゲル形成が阻害されることが原因で起こると考えられている^{25,26)}。

植物粉末はセルロースに代表される細胞壁成分を含む

が、セルロース自体は加熱中に粘弾性を変化させるような体積膨張を起こさないといわれている²⁷⁾。また、セルロースはデンプンほど水分子と吸着する力が強くないため、筋原線維タンパク質のゲル内における充填剤としてゲル化を補強する力も劣り、ゲル物性を向上させる効果は認められていない²⁸⁾。

ツケナ類であり葉を可食部とする‘彦島春菜’の粉末には、貯蔵多糖類であるデンプンは存在しておらず、そのため、デンプンによるゲル化を補強する効果は得られなかったものと考えられた。一方、彦島春菜粉末には細胞壁由来のセルロースや植物性タンパク質は充分存在していたと考えられ、粉末添加量の増加に伴い、ゲル物性の向上に寄与しない異物としてのセルロース濃度の上昇、および、球形タンパク質によるゲル形成阻害作用が増加した結果、粉末濃度が2.0%以上のゲルにおいては坐りによる破断強度の増加が起らなかったものと考えられた。

彦島春菜粉末を加えたかまぼこはゲル物性を改善する効果は得られなかったものの、粉末の鮮やかな緑色が加熱後でも見られたことから、本植物体粉末を鮮やかでさわやかな色合いのかまぼこ製造に利用することは可能であった。特に、濃度1.0%となる粉末添加量は、加熱ゲル物性の低下への悪影響をやや抑え、且つ‘彦島春菜’のさわやかで鮮やかな緑色を保てることから、魚肉練り製品への使用に際し、適切な添加量であると思われた。

近年、3Dプリンタに代表される新たな食品加工技術が利用されるようになってきているが、魚肉すり身由来の肉糊をインクとして利用したガス圧吐出方式の3Dプリント技術は未だ確立されていない。理由としては、インクとして使用する魚肉糊が、低温下でも徐々に坐りを起こしてゲル化して、インクとして細いノズルから吐出することが難しくなるという特徴を有するためである。一方で、坐りを完全に抑制してしまうと、インクとしてノズルから吐出された肉糊はゲル化により固まることがなく、立体造形を保つことができずに垂れてしまう。そのため、坐りを完全に抑制するのではなく、一時的に坐りを遅らせる技術が必要となる。著者は、スケトウダラ肉糊にホウレンソウ粉末を濃度5%で加えることで、低温下での坐りによるゲル化するまでの時間を延長できる事、さらに、その肉糊が室温に晒されて温度が上昇する時に、粉末無添加の肉糊より低い温度で弾力の増加が始まり、より固まり易いことを明らかにしている²⁹⁾。この様なホウレンソウ粉末を5%加えた肉糊は、3Dプリンタのインクとして坐りを遅延させるだけで

なく、造形後に早く硬くなることで垂れにくく形を保持しやすいという特性が得られたことから、3Dプリンタで上方に広がる逆円錐台の造形も可能となっている^{30,31)}。一方で、ハウレンソウ粉末を5%加えた肉糊を加熱してかまぼこを製造した場合、その加熱ゲルはややくすんだ暗緑色を呈し、脆く破断しやすい事が明らかになっている³²⁾。この問題の解決策の一つとして彦島春菜粉末の利用が考えられ、本粉末を4.0%以下の濃度で加えたゲルの鮮やかな緑色は、ハウレンソウ粉末を加えたゲルの暗緑色とは異なる色の3Dプリンタ用インクとして活用できることが期待される。したがって今後は、新しい食品加工技術である3Dプリンタへの応用を目指し、彦島春菜粉末を加えた魚肉糊における低温下での坐りやすさや、温度上昇中の粘稠性などの物性変化やその速度を調査し、彦島春菜粉末を加えた肉糊インクの開発を進めることで、地域伝統野菜である「彦島春菜」の新たな利用価値の創造につなげたい。

謝 辞

下関市内日地区で「彦島春菜」の栽培に取り組み、収穫期の個体を特別に販売してくださった、企業組合うつい工房の皆様に感謝申し上げます。また、本研究の一部はJSPS科研費 21K05791の助成を受けたものです。

引用文献

- 1) 片川 聖: 山口県. 芦沢正和(監修) 都道府県別地方野菜大全. 社団法人農山漁村文化協会, 東京, 241-248(2002)
- 2) 山口県農業試験場: 彦島春菜. やまぐちに伝わる野菜と果樹. 山口県農業試験場, 山口, 32-34 (2005)
- 3) 山口県: 地域に伝わる「こだわり農産物」. ふれあい山口 山口県広報誌10月号(通巻152号). 山口県広報広聴課, 山口, 3 (2008)
- 4) 農林水産省: 令和4年水産加工統計調査結果. 政府統計, 水産物流通調査, 令和4年水産加工統計調査 (2023)
- 5) Harada K, Wada R, Yaguchi S, Maeda T, Date R, Tokunaga T, Kazumura K, Shimada K, Matsumoto M, Wako T, Yamauchi N, Shigyo M: Supplementation with Japanese bunching onion (*Allium fistulosum* L.) expressing a single alien chromosome from shallot increases the antioxidant activity of Kamaboko fish jelly paste in vitro. *Biomedical Reports*, **1**, 355-358 (2013)
- 6) Yaguchi S, Shimoda M, Fukushima H, Maeda T: Comparison of gel strength of Kamaboko containing powders from nine different vegetables and fruits. *Journal of National Fisheries University*, **65**, 1-8 (2017)
- 7) 北上誠一: スケトウダラ冷凍すり身のゲル形成能に関わる基礎的研究. 酪農学園大学博士論文 (2006)
- 8) 阿部洋一, 安永廣作, 北上誠一, 村上由里子, 太田隆男, 三堀友雄, 新井健一: TGase製剤または牛血漿粉末を添加して調製したかまぼこゲルの特徴. 日本水産学会誌, **62**, 446-452 (1996)
- 9) 北上誠一, 阿部洋一, 新井健一: 冷凍すり身の品質を評価する新しいアプローチ. *New Food Industry*, **44**, 9-16 (2002)
- 10) 北上誠一, 村上由里子, 小関聡美, 阿部洋一, 安永廣作, 新井健一: スケトウダラ塩すり身のゲル形成能とその加熱温度依存性. 日本水産学会誌, **70**, 354-364 (2004)
- 11) 阿部周司: 冷凍すり身のゲル形成能の新たな評価方法の構築. 定温生物工学会誌, **67**, 9-14 (2021)
- 12) Abe S, Asada T, Akazawa R, Kajiwaru K: Determination of setting gel forming rate of refrozen surimi using a novel quantitative analysis method. *Cryobiology and Cryotechnology*, **66**, 27-34 (2020)
- 13) 志水 寛, 町田 律, 竹並誠一: 魚肉肉糊のゲル形成特性に見られる魚種特異性. 日本水産学会誌, **47**, 95-104 (1981)
- 14) 丹羽栄二: 魚肉のゲル化と疎水結合について. 日本水産学会誌, **41**, 907-910 (1975)
- 15) 岡田 稔: 新訂かまぼこの科学. 成山堂書店, 東京(2012)
- 16) Balange A, Benjakul S: Enhancement of gel strength of bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) surimi using oxidised phenolic compounds. *Food Chemistry*, **113**, 61-70 (2009)
- 17) 松村 正: 抽苔系菜類の播種と逆淘汰について. 彦島春菜についての1例. 日本園芸学会雑誌, **22**, 28-32(1954)
- 18) 陶山紀江: 彦島春菜の生育特性と加工向け年内どりの播種時期. 山口県農業試験場研究報告, **50**, 62-65 (1999)
- 19) 松村 正: 邦産n=10群Brassicaの莢型について. 育種学雑誌, **4**, 179-182 (1954)
- 20) Hatono S, Nishimura K, Murakami Y, Tsujimura M, Yamagishi H: Complete mitochondrial genome sequences of *Brassica rapa* (Chinese cabbage and mizuna), and intraspecific differentiation of cytoplasm

- in *B. rapa* and *Brassica juncea*. *Breeding Science*, **67**, 357-362 (2017)
- 21) Kim JM, Lee CM: Effect of starch on textural properties of surimi gel. *Journal of Food Science*, **52**, 722-725 (1987)
- 22) Wu MC, Hamann DD, Lanier TC: Rheological and calorimetric investigations of starch-fish protein systems during thermal processing. *Journal of Texture Studies*, **16**, 53-74 (1985)
- 23) Westerly DB, Decker CD, Holt SK: Gelling proteins. In: Martin RE (ed) Third nat. tech. seminar on mechanical recovery and utilization of fish flesh. National Fisheries Institute, Washington, D.C., 324-347 (1980)
- 24) Lee CM, Kim JM: Texture and freeze-thaw stability of surimi gels in relation to ingredient and formulation. In: Martin R, Collette R (eds) International symposium on engineered seafoods including surimi. National Fisheries Institute, Washington, D.C., 168-187 (1986)
- 25) Okada M: Effect of washing on the jelly forming ability of fish meat. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, **30**, 255-261 (1964)
- 26) Shimizu Y, Nishioka F: Interactions between horse mackerel actomyosin and sarcoplasmic proteins during heat coagulation. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, **40**, 231-234 (1974)
- 27) Lee CM, Wu MM, Okada M: Ingredient and formulation technology for surimi-based products. In: Lanier TC, Lee CM (eds) Surimi technology. Marcel Dekker Inc., New York, 273-302 (1992)
- 28) Yoon KS, Lee CM: Effect of powdered cellulose on the texture and freeze-thaw stability of surimi-based shellfish analog products. *Journal of Food Science*, **55**, 87-91 (1990)
- 29) 谷口成紀, 柏崎未来, 大久保 誠, 前田俊道: ホウレンソウ粉末を添加した肉糊の物性に関する研究. 令和4年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 69 (2022)
- 30) 前田俊道, 谷口成紀, 大久保 誠: 3Dフードプリントによる魚肉すり身を原料とした食品製造. 平成31年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 140 (2019)
- 31) 谷口成紀: 3Dフードプリンティングのための野菜粉末による魚肉すり身の坐り制御技術. アグリバイオ, **80**, 51-53 (2022)
- 32) 谷口成紀, 下田真紀, 武分秀平, 前田俊道: 野菜乾燥粉末の添加が加熱ゲルの破断強度に及ぼす影響について. 平成28年度日本水産学会中国・四国支部例会プログラム, 7 (2016)