

鶏挽肉と魚肉すり身を混合した加熱ゲルの 物性に及ぼす鶏卵白粉末の影響

船津保浩¹・山本恭子¹・岩崎智仁¹・金田 勇¹・石下真人¹・
山本克博¹・大堀忠志^{2a}・北上誠³・新井健一³

¹ 酪農学園大学酪農学部食品科学科，江別市 069-8501

² 北海道立中央水産試験場，北海道余市町 046-8555

³ (社)全国すり身協会，網走市 093-0057

(2009. 10. 7 受付, 2010. 2. 23 受理)

要 約 本研究では採卵廃鶏とイカナゴの有効活用と独特な食感を有するゲル化食品の開発を目的とした。鶏ムネ肉の挽肉 (GCH)，イカナゴすり身 (FS) とその混合物に水を 0-150% 添加し，3.0% NaCl と 0, 2% 乾燥鶏卵白 (AP) を加えてカッティング後，初めに 50℃ で数時間予備加熱し，その後 90℃ で 30 分間の本加熱を行った。本加熱ゲルの破断強度 (BS)，破断凹み (bs) およびゲル剛性 ($G_s = BS/b_s$) を測定した。以下に結果を示す。(1) GCH 単独からのゲルの BS と b_s の値は予備加熱の影響を受けなかった。一方，GCH と FS の混合物または FS 単独からのゲルでは予備加熱により物性の劣化がみられた。しかし，それらの劣化は AP の添加により抑制された。(2) 直加熱ゲル (予備加熱 = 0) の BS とタンパク質濃度 (C) の対数値の間には正の相関関係がみられた。また，直加熱ゲルの BS と G_s の間にも正の相関関係がみられた。(3) 上記した 2 つの直線関係は GCH と FS の混合割合や AP 添加の有無によりそれぞれ異なった。以上の事実は，GCH と FS の混合割合や両者に AP を添加することによって多様な食感の加熱ゲル化製品を創出できることを示唆している。

日本畜産学会報 81 (2), 169-180, 2010

鶏舎単位で全群更新方式が採用されて以来，産卵率の低下した 20 ヶ月齢の成鶏が一度に数万羽単位で採卵廃鶏となり，平成 21 年 2 月 1 日現在，国内では 1 億 3991 万羽の採卵鶏が飼養されている (農畜産業振興機構 2009)。食鳥流通統計調査 (平成 19 年現在) によると，食鳥処理量はブロイラーが 175 万トンで全体の約 90% を占め，廃鶏は 15 万 6 千トンと全体の約 8% であった (農畜産業振興機構 2007)。廃鶏はブロイラーに比べ肉質が劣り，産肉性も乏しいことから，濃縮スープの具材やソーセージ等に利用されてきた。これまでに廃鶏の付加価値向上を目的とした研究例があり，廃鶏の骨付きモモ肉部を酸液で軟化処理・アルカリ液での中和処理によりペットフードとしての利用可能であること (多田と菅野 2004) や，廃鶏のモモ肉とムネ肉より筋漿タンパク質を抽出・添加することによるモデルソーセージの物性改善効果 (宮口ら 2005) があることが報じられている。しかし，廃鶏肉そのものを活用したゲル化食品に関する研究は希少である。

一方，北海道で漁獲されるイカナゴの漁獲量は 1.7 万トン (平成 19 年現在) であり，夏季 (6-8 月) に漁獲が多く，大きさも瀬戸内海産のものに比べて大きい，加工用途が乏しいため，大部分が養殖用魚類の餌として利用されているにすぎず，食用としての付加価値向上が求められている (三宅 2005 ; 加藤ら 1996)。また，北海道の漁業生産量も昭和 62 年に比べると平成 19 年度では半減 (135 万トン) している (北海道農林水産部総務課 2009) ことから加工用原料の品質の調査も急務とされている。さらに，イカナゴの冷凍原料を用いた乾製品や調味乾製品等の試験研究 (加藤ら 1996) は行われているが，筋肉タンパク質を利用した練製品に関する加工研究はほとんどない。

ウシ，ブタや家禽類などの陸上動物と魚介類のような海洋動物との一般的性状を比較すると，筋原線維タンパク質の熱安定性には種特異性があること (新井 1987) から両者の加工特性に関する研究はそれぞれ独自に行われてきた。また，両者では凍結貯蔵中の筋原線維タンパク

現住所：^a (地独)北海道立総合研究機構食品加工研究センター，江別市 069-0836

連絡者：船津保浩 (fax : 011-387-5848, e-mail : funatsu@rakuno.ac.jp)

質の変性速度も異なり、後者では冷凍変性防止のため糖および糖アルコールの添加が必須である(新井 1974)。さらに、卵白粉末などの動物タンパク質は弾力補強剤として食肉製品よりも水産練製品での利用度が高い(岡田 1999)。

このような背景下で陸上動物と海洋動物の筋肉タンパク質を混合したゲル化食品の開発を行い、新たな独特の食感を有する製品を創出することで、採卵廃鶏とイカナゴの有効活用につながると考えられる。

そこで、本研究では実用的な見地に立ち、採卵廃鶏挽肉と市販イカナゴすり身を混合し、加水(水伸ばし)した種々の肉糊を調製し、それらの加熱ゲル形成能に及ぼす鶏卵白粉末の影響を、冷凍すり身のゲル形成能を評価するために利用されている新しいアプローチ(北上ら 2002)によって調査した。

材料および方法

1. 試料

本研究では、鶏挽肉と稚内近海で漁獲されたイカナゴ(*Ammodytes personatus*)を原料として製造された市販魚肉冷凍すり身(イカナゴ;(株)草地商店, 稚内)を使用した。表1に鶏挽肉とイカナゴすり身の成分組成を示す。本研究で調製した鶏挽肉はイカナゴすり身に比べて水分量が6.1%低く、タンパク質量が8.1%高く、脂質量が0.6%低く、pHが0.5低かった。また、得られた各種ゲルのゲル形成能の増強のため、乾燥鶏卵白(Kタイプ; キューピー(株), 東京)を供試した。なお、乾燥鶏卵白は水分量11.6%, タンパク質量76.0%およびpHは10%水溶液で7.1であると報じられている(北上ら 2005)。

2. 鶏挽肉の調製

採卵廃鶏の浅胸筋(M. superficial pectoral)と深胸筋(M. deep pectoral)を含むムネ肉部を-20℃で凍結した原料肉を(株)中央食鶏(三笠市)より購入した。流水中で一晩解凍後、皮下脂肪や皮を除去し、4mm目サイズの

挽肉を調製した。次に、裏漉し機(41-AS-NF型;(株)明石鉄工所, 東京)を用いて魚肉すり身と同じ1.5mm目のサイズの挽肉を調製し、4.0%ソルビトールを混合後、約1kgの大きさに個別包装し、-30℃で実験開始まで凍結保管した。以下、本研究では裏漉し処理後の挽肉を鶏挽肉とよぶ。

3. 鶏挽肉と魚肉すり身およびその混合肉の加水処理

凍結した鶏挽肉と冷凍イカナゴすり身を解凍(-7~-5℃, 一晩)した後、表2に示す配合比で両者を混合し、水を18~150%添加してこれを3.0%(w/w)のNaClおよび0, 2%(w/w)の乾燥鶏卵白と共に小型サイレントカッター(SCP-2型;(株)花木製作所, 東京)を用いて約15分間カッティングを行った。なお、カッティング終

Table 2 Mixing ratio of water into ground culled hen mixed with fish surimi

Mixing ratio (w/w)		Water (%)	Albumen (%)
Ground culled hen	Fish surimi		
50	50	0	0
42.5	42.5	15	18
35	35	30	43
27.5	27.5	45	82
20	20	60	150
50	50	0	2
42.5	42.5	15	18
35	35	30	43
27.5	27.5	45	82
20	20	60	150

The frozen ground culled hen and the frozen fish surimi were thawed and various ratios of water was added to the mixtures of ground culled hen and fish surimi (1 : 1). The mixtures were ground with 3.0% NaCl with and without 2% albumen powder.

Table 1 Proximate composition of ground culled hen and fish surimi

Product	Materials	Content (%)					pH
		Moisture	Protein	Lipid	Sugar	Na-PPI	
Ground culled hen	Breast muscle	69.2	23.6	1.9	Sorbitol, 4.0	0.30	6.3
Fish surimi (Inland made)	Sand eel	75.3	15.5	2.5	Sucrose, 3.0 Sorbitol, 3.0	0.25	6.8

A breast muscle of culled hen was collected after slaughter. A subcutaneous fat in the breast muscle was removed and muscles were minced with mincer. The minced meat was strained with strainer (Type 41-AS-NF; Akashi Steel Mill Co. Ltd., Tokyo). Strained meat through strainer of ϕ 1.5mm was mixed with additives i.e. 4% sorbitol and 0.3% Na-PPI. The mixed meat was divided into about 1kg piece and packaged with freeze-pack. After packaging, the ground culled hen was frozen at -30℃ before use. Na-PPI: Sodium polyphosphate.

了後の混合肉糊の温度は、約 5°C に保持した（北上ら 2004）。また、本研究では、表 2 の配合比の他に比較のため、鶏挽肉単独およびイカナゴすり身単独の場合についても同様に実験を実施した。

4. 加熱ゲルの調製

一般に魚肉のすり身はカッティング後、初めに低温（25～30°C）、そして高温（85～90°C）で二段階の加熱をして加熱ゲルを調製することが多い。これによって物性値が増強されるからである。しかし、鶏挽肉の場合、カッティング後、25～30°C で加熱しても加熱ゲルの物性にほとんど影響を及ぼさなかったで、本研究では 50°C で予備加熱を実施した。本研究での加熱ゲルの調製方法は下記のとおりである。すなわち、肉糊を折径 48 mm のポリ塩化ビニリデン製チューブに充填し、50°C の恒温水槽で 6 時間にわたって予備加熱を行った（以下、得られたゲルを予備加熱ゲルとよぶ）。この間、経時的に取り出し、90°C の恒温水槽で 30 分間加熱して二段加熱ゲルを調製した。なお、予備加熱を行わず直接 90°C で 30 分間加熱して得られたゲルを直加熱ゲルとよぶ。

5. 加熱ゲルの物性の測定

予備加熱ゲルは氷水中で 30 分間冷却後、速やかに、また、二段加熱ゲルの場合は流水中で 30 分間冷却後、25°C で一晚保管後、直径 30 mm × 高さ 25 mm の大きさに切断してレオメータ（NRM20021；不動工業（株）、東京）を用いて直径 5 mm の球形プランジャー（進入速度 6 cm/min）で破断強度（BS；g）と破断凹み（bs；mm）を測定し、これらのゲル剛性（Gs = BS/bs；g/cm）を算出した（北上ら 2004）。なお、ゲル剛性は先に阿部ら（阿部ら 1996a, b）がバネ定数と表現した値と同じであり、かまぼこのゲル物性上の特徴を表す尺度として品質評価に利用されているものである。

6. 加熱ゲルの一般成分の測定

混合肉への加水（水伸ばし）効果が製品の一般成分と加熱ゲル形成能に与える影響について調査するため、調製した加熱ゲルの水分量、タンパク質濃度および pH を測定した（柴 2002）。すなわち、水分量については常圧 105°C 乾燥法、タンパク質濃度はケルダール法、pH は試料を蒸留水で 10 倍希釈してホモジナイズ後、ガラス電極式 pH メータを用いて測定した。

結果および考察

1. 加水した各種混合肉糊の加熱によるゲル形成能に及ぼす鶏卵白粉末添加の影響

鶏挽肉単独、鶏挽肉：イカナゴすり身 = 1：1（w/w）、イカナゴすり身単独に加水し、卵白粉末を 0 または 2% 添加して調製した肉糊の加熱によるゲル化能について検討した。二段加熱ゲルの破断強度（(a), (c), (e)）および破断凹み（(b), (d), (f)）の予備加熱時間による変化を、図 1 に示す。卵白無添加の場合（A）、鶏挽肉単独

（(a), (b)）の加熱ゲルでは加水量が多くなると破断強度（a）は低下したが、予備加熱時間に伴う減少はみられなかった。破断凹み（b）は加水量の増加に伴い、わずかに低値となったものの破断強度（a）のような大きな減少ではなく、また予備加熱時間に伴う大きな減少は認められなかった。次に、鶏挽肉とイカナゴすり身の混合（(c), (d)）の加熱ゲルでは、破断強度（c）および破断凹み（d）ともに加水量の増加に伴い減少し、また、予備加熱時間に伴う減少が認められた。なお加水量が多い程低値となるため、予備加熱初期からゲル物性の測定が実施しにくくなるほど、ゲルの劣化が進行した。この時、ゲルは水を含んだ砂地のような状態で、プランジャーがゲルに進入するとすぐに崩れてしまう状態であるように観察された。イカナゴすり身単独（(e), (f)）の加熱ゲルでは、破断強度（e）および破断凹み（f）ともに予備加熱を行わない直加熱ゲルでのみ測定が可能であった。すなわち予備加熱時間に伴いゲルの急激な劣化が進み、測定不可能となった。この理由については鶏挽肉との混合に用いたイカナゴすり身の製造条件との関わりで目下検討中である。

卵白添加の場合（B）、鶏挽肉単独の加熱ゲルの場合（(a), (b)）は添加により物性値はほぼ一律に上昇するものの、破断強度（a）および破断凹み（b）と予備加熱時間の関わりは卵白無添加の場合（A）とほぼ類似した傾向であった。しかし、鶏挽肉とイカナゴすり身の混合（(c), (d)）の加熱ゲルでは、卵白無添加の場合（A）と同様に破断強度（c）および破断凹み（d）とも加水量の増加に伴い低値となる傾向は同じであったが、加水量に関わりなく、卵白添加により予備加熱に伴うゲルの劣化が抑制され、減少しなくなった。また、破断凹み（d）は加水量の増加に伴い低値となる傾向を示したが、無添加の場合（A）の（d）と予備加熱時間に伴う低下がみられない点で異なった。一方、イカナゴすり身単独（(e), (f)）の加熱ゲルでは、卵白添加により加熱ゲルの劣化が抑制され測定が可能となったが、予備加熱に伴って破断強度（e）と破断凹み（f）はいずれも減少し、また、低値となる点では、鶏挽肉単独（(a), (b)）や混合（(c), (d)）と大きく異なった。したがって、卵白の添加によるゲル物性の増強効果は鶏挽肉単独よりも鶏挽肉とイカナゴすり身の混合およびイカナゴすり身単独でより顕著に現れるということができる。

2. 加水して調製した直加熱ゲルの性状

北上ら（2005）はこれまでに各種すり身に対して加水してタンパク質濃度を変えて調製した二段加熱ゲルの物性の最大値を走査測定し、加熱ゲルの物性の最大値とタンパク質濃度の関係式から各パラメータを算出し、すり身の等級との関係を調査した。すでに図 1 に示したように、卵白粉末添加の有無にかかわらず、各試料からは坐りゲルは形成しない（加熱ゲルの破断強度と破断凹みは

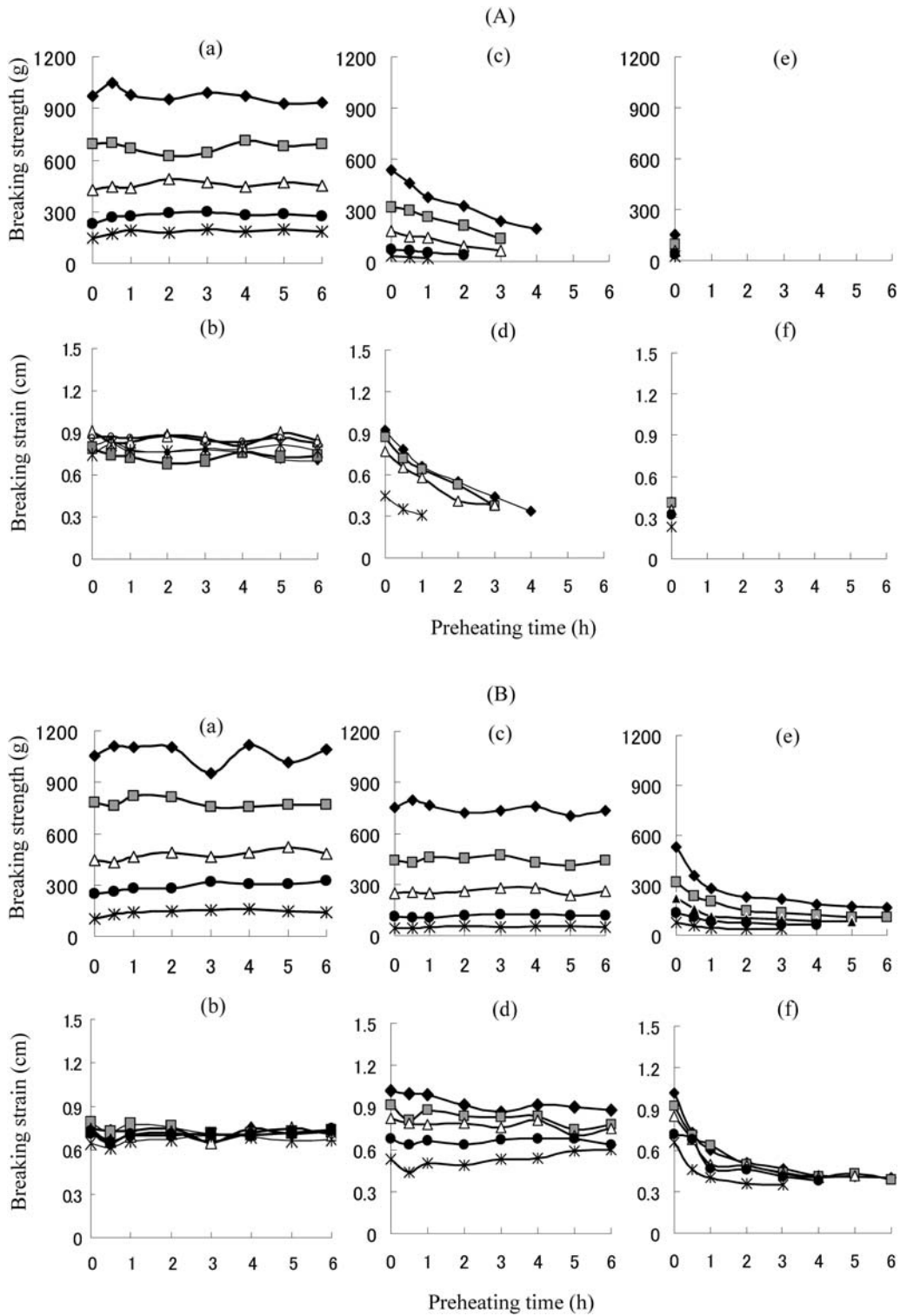


Figure 1 Preheating-time dependent changes in breaking strength and breaking strain of two-step heated gels with or without albumen as a function of mixing with ground culled hen, fish surimi and water. The salt-ground meat from the mixture of ground culled hen, fish surimi and water with various ratios was preheated at 50°C for 6 h, and subsequently heated at 90°C for 30 min. Assay condition : Sliced gel of ϕ 30 mm \times l 125 mm ; Using a rheometer (NRM2002, Fudoh) with spherical plunger of ϕ 5 mm. The weight ratio of water : 0 (◆), 18 (■), 43 (△), 82 (●), and 150 (*) % of heated gel (wet weight). (A) : without 2% albumen, (B) : with 2% albumen. Mixing ratios (w/w) of ground culled hen and fish surimi from sand eel are ; ((a), (d)) 100 : 0, ((b), (e)) 50 : 50, ((c), (f)) 0 : 100.

鶏肉と魚肉すり身の混合加熱ゲル

予備加熱時間に伴い増加せず、ほぼ一定か、または低下傾向を示した)。そこで、本研究では、予備加熱を行わない直加熱ゲルの破断強度と破断凹みを選択し、タンパク質濃度との関係式とパラメータの算出を行うことにした。また、これら直加熱ゲルの一般性状を調べ、その結果を表3と4に示す。これによると、卵白添加の有無にかかわらず、いずれの加熱ゲルの場合でも加えられた水分は直加熱ゲルの構造中に保持され、それに応じてタンパク質濃度が減少する傾向が示された。なお、pHはイカナゴすり身の混合割合が高い程、やや上昇する傾向にあり、6.4~6.9の範囲であった。これはイカナゴすり身のpHがやや高い(pH 6.8)ことによると考えられる。

3. ゲル形成能のタンパク質濃度依存性と鶏挽肉および魚肉すり身の混合比率との関係

これまでに加熱ゲルの物性の試料濃度依存性に関する

研究では、原料素材がタンパク質か、高分子量の糖質かにかかわらず、ゲルの弾性定数は濃度に強く依存し、形成されるゲルの弾性率(G)は、その濃度(C)のほぼ2乗に比例することが多く、 $G = kC^a$ (kとaは物質によって決まる定数)で表されると報じられている(西成 1978)。北上ら(2005)は数種類の冷凍すり身について、二段加熱ゲルの破断強度(BS)とタンパク質濃度(C)との関係はいずれも $BS = kC^a$ の式で表され、aの値は等級が上位のものほど低い値を示す傾向があると報じている。本研究では解析結果の比較を容易にするため本加熱ゲルの破断強度の対数値(LnBS)に対してタンパク質濃度の対数値(LnPC)をプロットした。その結果は図2に示すが、卵白の添加の有無、鶏挽肉とイカナゴすり身の混合割合にかかわらず、両者の関係は直線式で表示され、関係直線の一次式を最小二乗法で求めた。これによると、

Table 3 Proximate composition of directly heated gels

Mixing ratio (protein conc.)		Added water (%)	Content in directly heated gel		pH
Ground culled hen	Fish surimi		Moisture (%)	Protein (%)	
100	0	0	67.2	22.9	6.3
		18	71.8	21.9	6.3
		43	80.0	17.4	6.4
		82	80.5	13.6	6.3
		150	81.8	12.1	6.3
80	20	0	69.4	20.5	6.5
		18	73.2	18.1	6.4
		43	77.2	14.9	6.4
		82	81.3	12.0	6.4
		150	85.1	10.1	6.4
60	40	0	72.0	17.5	6.5
		18	75.7	15.5	6.5
		43	79.3	12.4	6.4
		82	82.7	10.6	6.4
		150	85.8	7.4	6.4
20	80	0	70.7	17.9	6.7
		18	74.5	15.5	6.7
		43	79.4	13.1	6.7
		82	81.6	10.8	6.6
		150	80.8	8.0	6.6
0	100	0	73.1	15.1	6.8
		18	76.6	13.2	6.9
		43	79.2	11.5	6.9
		82	81.3	10.4	6.8
		150	84.0	9.4	6.9

The mixture of ground culled hen, fish surimi and water was ground with 3.0% NaCl (w/w), and heated at 90°C for 30 min.

Table 4 Proximate composition of directly heated gels with 2% albumen

Mixing ratio (protein conc.)		Added water (%)	Albumen (%)	Content in directly heated gel		pH
Ground culled hen	Fish surimi			Moisture (%)	Protein (%)	
100	0	0	2	66.9	22.7	6.3
		18	2	70.9	19.7	6.4
		43	2	75.2	16.5	6.4
		82	2	79.4	13.1	6.4
		150	2	83.2	10.1	6.4
80	20	0	2	68.2	21.3	6.4
		18	2	72.2	18.4	6.5
		43	2	78.5	15.8	6.5
		82	2	81.8	13.0	6.5
		150	2	85.1	10.7	6.5
60	40	0	2	71.1	19.0	6.6
		18	2	74.6	16.5	6.6
		43	2	78.5	14.0	6.6
		82	2	81.8	11.6	6.6
		150	2	85.1	8.8	6.6
20	80	0	2	69.7	19.0	6.7
		18	2	73.2	16.5	6.7
		43	2	97.0	14.1	6.7
		82	2	80.8	11.9	6.6
		150	2	83.8	9.1	6.6
0	100	0	2	72.4	18.8	6.9
		18	2	75.4	16.2	6.9
		43	2	77.7	14.1	6.9
		82	2	80.0	11.6	6.9
		150	2	82.5	9.4	6.9

See Table 2 for the preparation of the directly heated gel and the expression of concentration of each components.

卵白無添加の場合(図2(A))は、直線の勾配はやや異なるが、イカナゴ単独(鶏挽肉:イカナゴすり身 = 0:100)およびイカナゴ75%混合試料(鶏挽肉:イカナゴすり身 = 25:75)の加熱ゲルの破断強度が、他の複合試料の値に比べるとかなり低値となる点の特徴である(a)。また、イカナゴすり身の混合割合が多い試料、すなわち、鶏挽肉:イカナゴすり身 = 25:75とイカナゴすり身単独(鶏挽肉:イカナゴすり身 = 0:100)試料の加熱ゲルの破断強度とタンパク質濃度の関係は近似していた。この傾向は破断凹みで比較しても同様であった(c)。一方、卵白を添加した場合(図2(B))、いずれの試料からの加熱ゲルの場合も直線の勾配には僅かな違いがみられたが、破断強度はほぼ同じレベルの近似する値となることが示された(b)。また、この関係直線は卵白無添加の鶏挽肉単独、イカナゴすり身25%混合およびイ

カナゴすり身40%混合試料(鶏挽肉:イカナゴすり身 = 75:25および鶏挽肉:イカナゴすり身 = 60:40)からの加熱ゲルの直線関係にも近似していた(図2(a), (b))。また、このことは破断凹みに関しても同様であることが示された(図2(c), (d))。卵白無添加(A)のイカナゴすり身75%混合試料からの加熱ゲルは破断強度と破断凹みの最大値がやや低いことを除けば他はほぼ類似した結果が得られた。したがって、鶏挽肉に40%程度のイカナゴすり身を混合するか、または、少量の卵白粉末の添加によりイカナゴすり身の混合量を多くしても鶏挽肉単独の加熱ゲルとゲル物性(破断強度と破断凹み)の良く近似した製品が得られるため、資源の有効活用につながると思われる。

なお、本研究では主に破断強度の対数値とタンパク質濃度の対数値との関係を論じたが、ゲル剛性(破断強度/

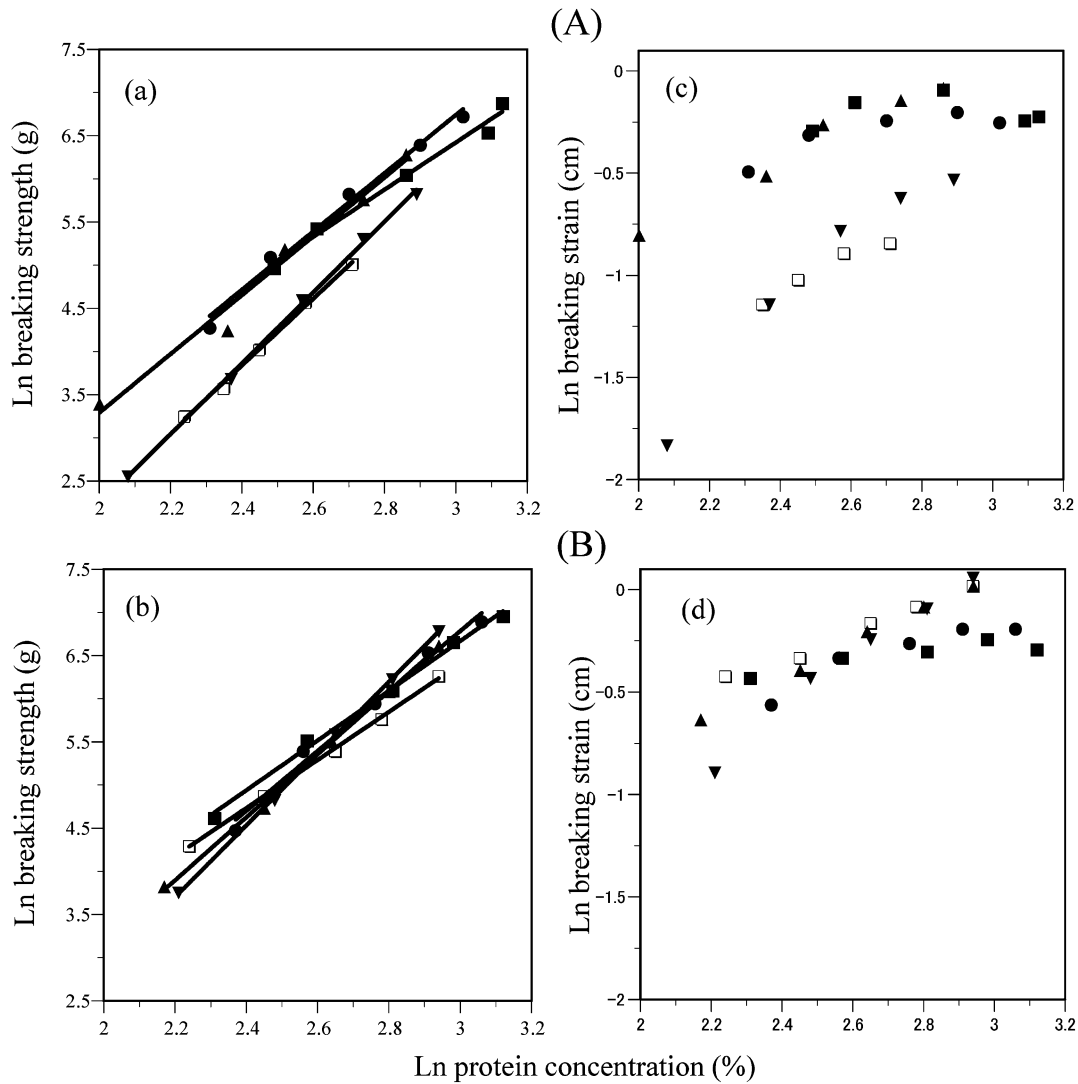


Figure 2 Protein concentration dependence of breaking strength and breaking strain of directly heated gel mixed with ground culled hen, fish surimi and water. The values of breaking strength ((a), (b)) and breaking strain ((c), (d)) were obtained in a same manner as shown in Figure 1 by using 5 different mixing ratios of ground culled hen and fish surimi. The protein mixing ratios (w/w) of ground culled hen and fish surimi are ; 100 : 0 (■), 75 : 25 (●), 60 : 40 (▲), 25 : 75 (▼), 0 : 100 (□). (A) : without 2% albumen, (B) : with 2% albumen.

破断凹み) とタンパク質濃度との間にも同様の関連が成り立つことを認めた (結果は図示せず)。

4. タンパク質濃度が異なる混合加熱ゲルの破断強度とゲル剛性との関係

魚肉すり身タンパク質が形成する加熱ゲルの破断強度と破断凹みは予備加熱時間の進行に伴い増加する (坐り加熱ゲル) ことから, 破断強度に対してゲル剛性をプロットすると, 両者の間に正の相関が成り立つため, その関係の解析結果からかまぼこゲルの物性を評価する試みがなされてきた (北上ら 2002)。しかし, 非坐り加熱ゲル (直加熱ゲル) の場合は予備加熱の時間は破断強度とゲル剛性に影響及ぼさないので, 上記の方法では評価が

できない。そこですり身に対して加水してタンパク質濃度を変えた場合の破断強度とゲル剛性の関係の変化を調べ, 両者の間に成り立つ正の相関関係を利用してゲルの物性を評価している (北上 2006)。本研究では直加熱ゲルを研究対象としたためこの評価手法を応用し, 破断強度とゲル剛性の関係を解析した。その結果を図 3 と表 5 に示す。卵白添加の有無にかかわらず, いずれの試料でも直加熱ゲルの破断強度とゲル剛性の間には正の強い相関が成り立ち, 一次式 $BS = a \cdot Gs + b$ (a と b は加熱ゲルごとの定数) を認めた。これによると, 卵白無添加の場合 (A), イカナゴ単独およびイカナゴ 75% 混合加熱ゲルの関係直線の勾配 ($a = 0.485$ と 0.657) は他の試料

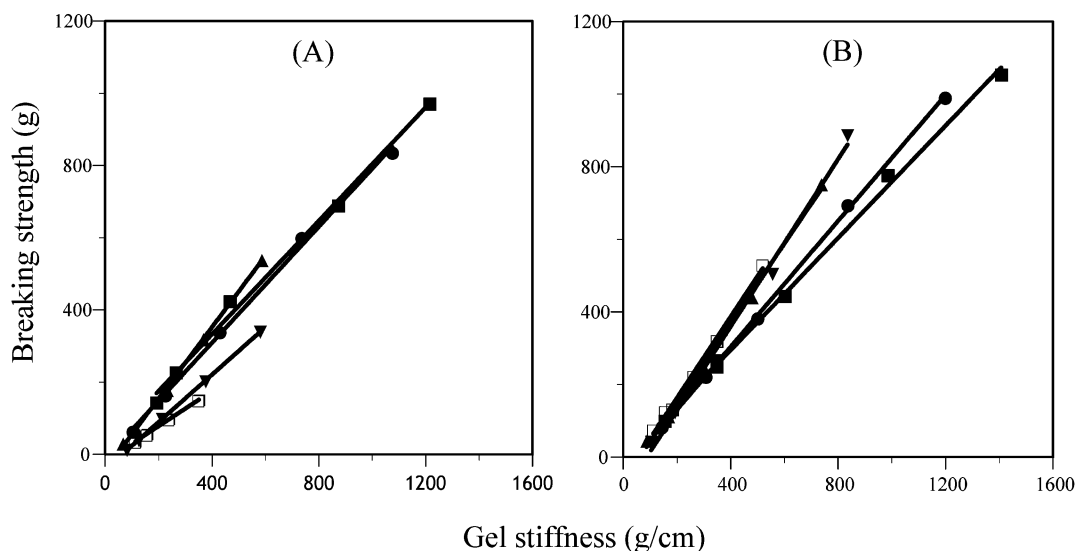


Figure 3 Relationship between breaking strength and gel stiffness of directly heated gels formed. From the data shown in Figure 2, the gel stiffness was calculated as (breaking strength/breaking strain), and plotted against the breaking strength. Refer to the legend of Figure 2 for symbols. (A) : without 2% albumen, (B) : with 2% albumen.

Table 5 Relationship between breaking strength (BS) and gel stiffness (Gs) of directly heated gels with or without 2% albumen mixed with ground culled hen (GCH) and fish surimi (FS)

Additive	Mixing ratio of protein concentration of GCH and FS	y = ax+b (y : BS, x : Gs)		r ²
		a	b	
None	100 : 0	0.786	-18.5	0.995
	75 : 25	0.804	-12.4	0.998
	60 : 40	0.989	-43.4	0.999
	25 : 75	0.657	-42.2	0.999
	0 : 100	0.485	-19.0	0.999
2.0% albumen	100 : 0	0.773	-14.3	0.998
	75 : 25	0.863	-43.3	0.999
	60 : 40	1.092	-67.0	0.997
	25 : 75	1.153	-101.3	0.994
	0 : 100	1.112	-60.6	0.996

A regression line was fitted using the least squares method on the basis of the data shown in Figure 3.

のそれらに (a = 0.786 と 0.989) 比べてかなり小さかった。また、破断強度とゲル剛性の最大値もかなり低いレベルであった。イカナゴ 40% 混合加熱ゲルの関係直線の勾配 (a = 0.989) は大きく、鶏挽肉によるゲル物性への影響が認められたものの、物性の最大値は依然として低いレベルに留まった。イカナゴすり身 25% 混合加熱ゲルと鶏挽肉単独加熱ゲルの直線の勾配 (a = 0.804 と 0.786) はイカナゴ 40% 混合すり身のそれよりもわずか

に小さかったが、物性の最大値は約 2 倍高く、イカナゴ 75% 混合および単独の加熱ゲルよりも著しく高い値を示した。一方、卵白を添加すると (B)、イカナゴすり身 25% 混合および鶏挽肉単独加熱ゲルでは、関係直線の勾配 (a = 0.868 と 0.773) がやや小さくなり、卵白無添加の加熱ゲル (A) のそれら (a = 0.804 と 0.786) にほぼ近似した値となったが、物性の最大値はやや高くなった。また鶏挽肉 25% 以下の混合加熱ゲルでは関係直線の勾

配 ($a = 1.112 \sim 1.153$) が大きくなり、さらに鶏挽肉 25% 混合試料ではゲル物性 (破断強度とゲル剛性) の最大値も著しく高くなったことから、卵白添加による物性の向上効果が最も強く発揮されたと推察される。すなわち、同じ破断強度の加熱ゲル間で比べると変形する時に壊れにくい (噛んだときに弾力が感じられる) 物性であることを示す。しかし、鶏挽肉 25% 以上の混合加熱ゲルでは卵白による加熱ゲルの物性の改良効果はやや異なると考えられた。このことは卵白をゲル物性の補強剤として使用する際に有用なデータベースとなると考えられる。

本研究では鶏挽肉との混合にイカナゴすり身を用いたが、混合するイカナゴすり身は水晒・脱水により魚肉中の水溶性成分が除去され、塩溶性タンパク質が濃縮された魚肉すり身であるため、鶏の場合でも挽肉とすり身では同じタンパク質濃度でも加熱によるゲル形成が異なると考えられる。そこで、魚肉すり身の製造方法 (北上ら 2003) に準じて鶏のすり身を供試した実験を実施した。すなわち、挽肉を水晒・脱水後、裏漉し、添加物 (4% ソルビトール, 0.3% 重合リン酸塩) を混合後、 -30°C で凍結保管した。得られたすり身の組成は、水分が 79.6%, タンパク質が 14.8% で、pH が 7.0 であった。このすり身を解凍し、カッティング、成型した肉糊を鶏挽肉と同様な方法で予備加熱後、 90°C で 30 分間加熱したところ、挽肉の場合と類似した傾向のゲル物性の結果が得られた。鶏挽肉と鶏すり身の直加熱ゲルの破断強度とゲル剛性との関係を図 4 に示す。卵白添加の有無にかかわらずいずれも両値の間に直線関係が認められた。卵白無添加の場合、図 3 に示すように、鶏挽肉では $BS = 0.786Gs - 18.5$, $r^2 = 0.995$ で、鶏すり身では $BS = 1.13Gs - 31.4$, $r^2 = 0.998$ であり、同じ BS 値のゲルで比較すると、鶏すり身の加熱ゲルの方が鶏挽肉のそれよりも変形に際し壊れにくい加熱ゲルとなった。卵白添加の加熱ゲルは、鶏すり身の関係直線の勾配 ($a = 0.858$) が卵白無添加のそれ ($a = 1.131$) より小さくなったが、鶏すり身の場合、関係直線の勾配は卵白添加の有無にかかわらず近似した ($a = 0.786$ と 0.773)。ただし、鶏すり身加熱ゲルの物性の最大値は鶏挽肉のそれに比べればかなり低値に留まった。これは調製したすり身の水分量が著しく低値となることに起因するものと推定した (北上ら 2005)。したがって、鶏挽肉と鶏すり身では卵白添加の有無にかかわらず、同じ BS 値で比べると前者は後者より変形に際し壊れやすい加熱ゲルとなる点では共通しているが、卵白添加によるゲル物性への影響力は前者と後者ではやや異なる。

そこで、鶏挽肉と鶏すり身から調製した加熱ゲルのゲル物性の最大値のタンパク質濃度依存性を図 2 と同様に $\ln BS$ に対する $\ln PC$ の関係から調査した。その結果を図 5 に示す。破断強度の場合 (A), 直線の勾配は近似したが、同一タンパク質濃度で比較すると、鶏すり身の加

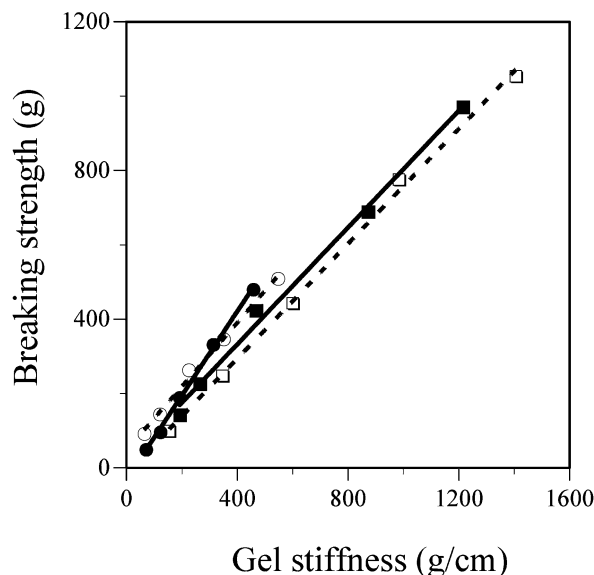


Figure 4 Comparison of relationship between breaking strength and gel stiffness of directly heated gel from ground culled hen (■, □) and chicken surimi (●, ○). Chicken surimi was prepared on a laboratory scale from breast muscle from culled hen by the method of Kitakami *et al.* (2003). The additives, moisture, protein concentration and pH of chicken surimi were 4% sorbitol and 0.3% sodium polyphosphate, 79.6%, 14.8% and 7.0, respectively. The directly heated gel of chicken surimi was prepared in a same manner as shown in Figure 1. (closed symbol, solid line) : without 2% albumen, (open symbol, dotted line) : with 2% albumen.

熱ゲルの方が鶏挽肉のそれよりも破断強度が高値であることが特徴である。タンパク質濃度が 15% ($\ln 2.7$) 以上の加熱ゲルの破断強度は、鶏すり身からは求められなかった。その理由は、鶏すり身は水晒しにより水溶性の筋繊維タンパク質が除去され、筋原線維タンパク質の増加が加熱ゲルの物性の増強に役立つものの、脱水には限界があって調製された製品中には水が残存し水分量が増加するため、タンパク質量が減少する。これが高い物性の加熱ゲルの形成を成し難くしたものと推察される。また破断凹み (B) も同様であり、タンパク質濃度が 18% ($\ln 2.9$) 以上になっても加熱ゲルの破断凹みが増加しない傾向が認められたので、この点で破断強度の場合と異なっている。卵白を添加した加熱ゲルの場合も、破断強度 (A) は、同一タンパク質濃度で比較すると鶏挽肉と鶏すり身の加熱ゲルの値がやや近似してくる点を除いては卵白無添加の場合と同様な傾向を示した。破断凹みの場合も、鶏すり身ではタンパク質濃度の増加に伴いやや高い値を示したのに、鶏すり身ではそれが小さい点を除けば無添加の場合と同じ結果を示した。したがって、破断強度が同値の加熱ゲル間で比較すると、タンパク質濃度

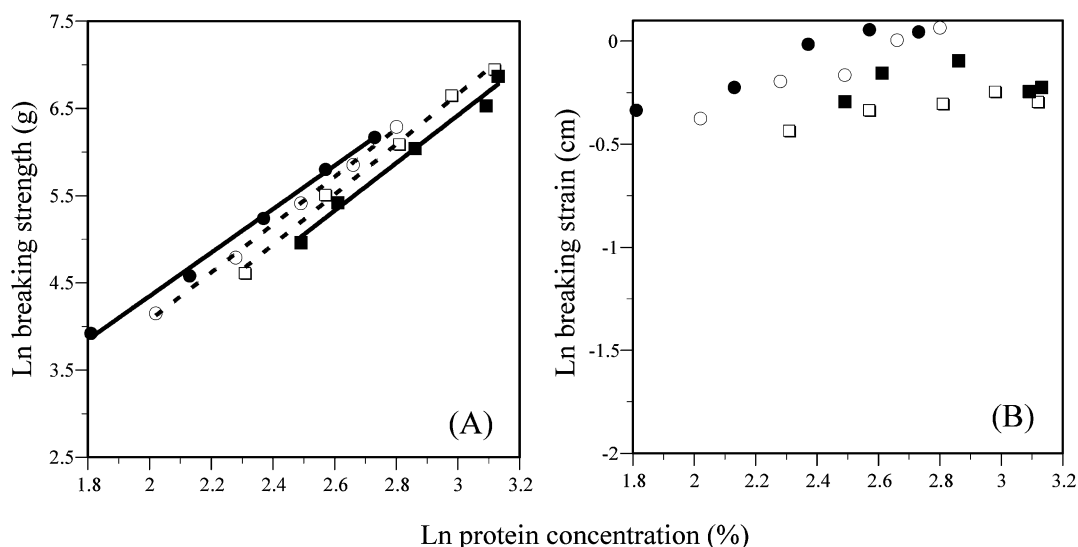


Figure 5 Protein concentration dependence of breaking strength and breaking strain of directly heated gel mixed with ground culled hen (■, □) or chicken surimi (●, ○). The values of breaking strength (A) and breaking strain (B) were obtained in a same manner as shown in Figure 4 by using 5 different mixing ratios of ground culled hen or chicken surimi. (closed symbol, solid line) : without 2% albumen, (open symbol, dotted line) : with 2% albumen.

が15% (Ln 2.7) 以下であれば、鶏すり身の方が鶏挽肉よりも噛んだ時に歯ごたえのある加熱ゲルの調製が可能であるが、タンパク質濃度が18% (Ln 2.9) 以上の加熱ゲルは鶏挽肉を利用しなければ調製できないので、高い物性値の製品を創出する原材料として鶏すり身よりは有利であることが明らかである。

これまでに、かまぼこのゲル形成能は10%以上の脂質添加で足に影響が生じる(岡田1999)と報じられているが、廃鶏のムネ肉から調製した挽肉とイカナゴすり身の脂質量は、それぞれ1.9%と2.5%(表1)と少ないため、鶏挽肉とイカナゴすり身混合加熱ゲルのゲル形成能への脂質の影響は少ないと考えられる。また、Nowsadら(2000)は成鶏(98週齢)と若鶏(12週齢)のムネ肉とモモ肉からそれぞれすり身を調製し、3% NaClで水分量80%に調整してカッティング後の肉糊を90°Cで15分間加熱して得られた加熱ゲルの物性(ゲル強度と破断強度)を比較した。その結果、得られたゲルの伸縮性、弾力、水分保持の特性は両者でほぼ同じであるが、8週間冷凍貯蔵後で異なり、その理由が凍結防止剤の効果の相違に起因していると報じている。本研究では鶏挽肉は冷凍貯蔵約1ヵ月以内に実施しているため凍結貯蔵中のタンパク質の変性は少ないと考えられるが、今後は鶏挽肉を長期凍結貯蔵した後のゲル形成能の調査研究も必要と考えられる。

以上の結果から、本研究で実施した鶏挽肉とイカナゴすり身を混合したゲル化食品の開発は採卵廃鶏とイカナゴの付加価値向上のための技術として有効であることが示唆される。また、鶏挽肉にイカナゴすり身を混合して

得られた加熱ゲルの物性(破断強度と破断凹み)は、両者の混合比率と鶏乾燥卵白の添加によって調節可能であることが明らかとなった。

謝 辞

本研究は、2008年度酪農学園大学・酪農学園大学短期大学部共同研究の助成および2006~2007年旗影会一般研究助成の一環として実施されたものである。本研究を遂行するにあたり、ご協力いただいた(地独)北海道立総合研究機構中央水産試験場加工利用部主査 菅原 玲氏、同機構稚内水産試験場研究参事 前田圭司氏、(社)全国すり身協会技術研究所研究員 村上由里子氏、キューピー(株)研究所タマゴR&Dセンター タマゴ素材グループリーダー 青山 忍氏ならびに(株)明石鉄工所専務取締役 佐野智彦氏に深く謝意を表します。また、本研究で使用した乾燥鶏卵白はキューピー(株)、ソルビトールは東和化成工業(株)にご分与いただいたものであり、深謝いたします。

文 献

- 阿部洋一, 安永廣作, 北上誠一, 村上由里子, 大田隆男, 新井健一. 1996a. 等級の異なるスケトウダラ冷凍すり身にトランスグルタミンナーゼ製剤を添加して調製したかまぼこの品質. 日本水産学会誌 **62**, 439-445.
- 阿部洋一, 安永廣作, 北上誠一, 村上由里子, 大田隆男, 新井健一. 1996b. 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.
- 新井健一. 1974. 魚の品質(内山 均, 松宮弘幸, 河端俊治, 石若金吾編). 第一版. pp. 51-72. 恒星社厚生閣, 東京.
- 新井健一. 1987. 水産食品学(須山三千三, 鴻巣章二編). 第一

鶏肉と魚肉すり身の混合加熱ゲル

- 版. pp. 171-184. 恒星社厚生閣, 東京.
- 加藤健二, 金子博実, 佐々木政則, 蛭谷孝司, 麻生真悟, 菅原玲. 1996. 集積活性化支援事業費補助事業報告書 (イカナゴの食用化技術開発). pp. 1-19. 北海道中央水産試験場・北海道稚内水産試験場, 北海道.
- 北上誠一. 2006. スケトウダラ冷凍すり身のゲル形成能に関する基礎研究. pp. 90-107. (社)全国すり身協会, 網走.
- 北上誠一, 阿部洋一, 新井健一. 2002. 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.
- 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. 2004. スケトウダラ冷凍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.
- 北上誠一, 村上由里子, 安永廣作, 加藤 登, 新井健一. 2005. スケトウダラ冷凍すり身タンパク質のゲル形成能とその濃度依存性. *日本水産学会誌* **71**, 957-964.
- 北上誠一, 安永廣作, 村上由里子, 阿部洋一, 新井健一. 2003. スケトウダラ冷凍すり身のゲル形成能の pH 依存性と重合リン酸塩の影響. *日本水産学会誌* **69**, 405-413.
- 北海道農林水産部総務課. 2009. 平成 19 年北海道水産現勢. p. 30. 北海道農林水産部, 北海道.
- Noesad AAKM, Kanoh S, Niwa E. 2000. Thermal gelation characteristics of breast and thigh muscles of spent hen and broiler and their surimi. *Meat Science* **54**, 169-175.
- 農畜産業振興機構. 2007. 畜産の情報, トピックス, 2007 年 7 月月報. [homepage on the Internet], 農畜産業振興機構, 東京; [Cited 18 March 2007]. Available from URL : <http://lin.alic.go.jp/alic/month/dome/2007/jul/topics.htm>
- 農畜産業振興機構. 2009. 畜産の情報, 採卵鶏, 飼養戸数, 羽数ともに減少, 2009 年 8 月. [homepage on the Internet], 農畜産業振興機構, 東京; [Cited 1 February 2009]. Available from URL : <http://lin.alic.go.jp/alic/month/domefore/2009/aug/egg-jp.htm>
- 宮口右二, 坂本太郎, 林 佑樹, 永山精美. 2005. 採卵廃鶏の有効利用: 鶏筋漿タンパク質画分によるモデルソーセージの物性改善効果. *日本食品科学工学会誌* **52**, 572-577.
- 三宅博哉. 2005. 新・北のさかなたち (水島敏博, 鳥澤 雅監修). 第二版. pp. 220-223. 北海道新聞社, 北海道.
- 岡田 稔. 1999. かまぼこの科学. 第一版. 成山堂書店, 東京.
- 柴 真. 2002. 水産ねり製品入門. pp. 77-78. 日本食糧新聞社, 東京.
- 多田耕太郎, 菅野三郎. 2004. 骨軟化処理による採卵廃鶏を用いたペットフードの開発. *富山県食品研究所研究報告* **5**, 25-30.

Effect of albumen powder on physical property of heat-induced gels formed from ground chicken mixed with fish surimi

Yasuhiro FUNATSU¹, Kyoko YAMAMOTO¹, Tomohito IWASAKI¹, Isamu KANEDA¹, Makoto ISHOROSHI¹,
Katsuhiko YAMAMOTO¹, Tadashi OOHORI², Seiichi KITAKAMI³ and Ken-ichi ARAI³

¹ Department of Food Science, Faculty of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu 069-8501, Japan

² Hokkaido Central Fisheries Experiment Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan

³ National Surimi Manufacturers Association, Abashiri 093-0057, Japan

Corresponding : Yasuhiro FUNATSU (fax : +81 (0) 11-388-4892, e-mail : funatsu@rakuno.ac.jp)

This study is aimed to develop unique characteristics of meat products from culled hen and sand eel *Ammodytes personatus*, which are regarded as low-valued food resources. Water (0-150%, w/w) and 3.0% NaCl were added to ground culled hen breast muscle (M. superficial pectoral and M. deep pectoral, GCH), fish surimi (FS), and the mixture (GCH+FS), and ground with and without 2% albumen powder (AP). The salt-ground meats were preheated at 50°C for several hours, and subsequently heated at 90°C for 30 min. The quality of the products was evaluated by determining breaking strength (BS), breaking strain (bs) and gel stiffness (Gs = BS/bs) of the two-step heated gels. The results were as follows : (1) The BS and bs values of the gels prepared from GCH alone were little changed during preheating. On the other hand, the quality of the gels from GCH mixed with FS and FS alone was deteriorated during preheating. However, the deterioration of their gels by the preheating was restrained with adding AP. (2) The positive linear relation between Ln BS and Ln protein concentration (PC) was similar to that in the directly heated gels, while the relation between the Ln bs and Ln PC of the gels was clearly different. There was also a close positive correlation between the values of BS and Gs of the directly heated gels in the range of the PC from 7 to 23%. (3) Two kinds of the linear relations and their slopes were quite different with the mixing ratios of GCH and FS and with or without adding AP. These findings suggest that a variety of heat-induced gel products can be produced with different mixing ratios of GCH and FS regardless of adding AP.

Nihon Chikusan Gakkaiho 81 (2), 169-180, 2010

Key words : breaking strength, breast muscle, gel stiffness, ground culled hen, surimi.