

## 秋サケすり身を素材とした発酵ゲル化食品の開発

吉川修司・富永一哉・浅野行蔵

## Gelatinization of Chum Salmon Surimi by Fermentation with Lactic Acid Bacteria

Shuji YOSHIKAWA, Kazuya TOMINAGA and Kozo ASANO

Chum salmon (*Oncorhynchus keta*) surimi has good color, flavor and taste characteristics, but is difficult to gelatinize hard without heating. This paper shows that chum salmon surimi can be gelatinized by fermentation with lactic acid bacteria at 15 or 20°C for 5 to 11 days. *Lactobacillus plantarum* JCM 1149, *Leuconostoc mesenteroides* JCM 6124, *Pediococcus acidilactici* JCM 5885, and *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* IFO 3427 were used for fermentation. The gelatinized surimi was of good quality in texture, flavor and taste.

サケは、野菜と麩とスライスした魚を重ねて漬け込んだ漬物（いずし）やキャベツ・白菜などの野菜の間にスライスした魚をはさみこんだ漬物（はさみ漬け）などに利用されている。サケを素材とした漬物は、味・色調に特徴があるため人気が高い。サケ以外の水産物を利用した漬物には、にしん漬けなどがあり、いずれも本道の特産品として道外でも好評である。

サケは、北海道の代表的な水産物であり、アスタキサンチンを主成分とするサーモンピンクの鮮やかな色調と、コク味物質であるアンセリンが多いなど優れた特徴がある<sup>1)</sup>。近年サケの回帰量が増加し、4000万尾を超える年が続いた。それにとまなう秋サケ（産卵のための回帰途上のサケ）資源の利用が検討され、現在、秋サケの一部が、すり身やフィレ（頭部・内臓・背骨を除いたもの）に加工されている。

魚肉すり身をゲル化させた食品にカマボコなどの魚肉ねり製品がある。カマボコなど魚肉ねり製品の素材は、一般にゲル形成能が高い魚種が好ましいとされる。サケすり身は、低温でゲル化しにくい（すわりにくい）ため、ねり製品への利用例は少ない。中でも、秋サケのすり身は、プロテアーゼによるタンパク質の分解のため、肉質やゲル化特性の低下がみられる。この様な理由から、秋サケのすり身は、廉価であるが、利用方法がかなり限定されている<sup>2)</sup>。そのため、多様な加工法の開発が待たれている。

水産物を利用した漬物の中には、魚の薄切りの代わりにシート状のカマボコを用いる例もある。しかし、サケのすり身は、すわりにくく利用されていない。もし、秋サケすり身を利用できれば、コスト面で利点がある。

一方、すり身のゲル化方法には、加熱、酸液に浸漬する製法（しめカマボコ<sup>3),4),5)</sup>や微生物により魚肉すり身を発酵させる製法がある<sup>6),7),8)</sup>。加熱は、最もよく行われているゲル化方法であり、低温ですわらせた後に加熱した方がより強固なゲルが形成されることが知られている。酸浸漬によるゲル化方法は、厚いと酸液が中心部にまで浸透せず、中心部がゲル化しない欠点がある。発酵によるゲル化方法では、使用されている素材の魚種の大部分が、低温ですわり易い肉質であり、サケのように低温ですわりにくい素材を用いた例はない。

本研究では、乳酸菌の発酵により、低温ですわりにくいサケすり身を素材とし、ゲル強度、弾力性に富んだ物性をもつ食品の開発に成功した（以下、サケ発酵ゲル化食品と呼ぶ）。さらに製造したサケ発酵ゲル化食品は、乳酸発酵による風味が付与されるとともに、サケの味や優れた色調が活かされ、漬物素材として利用可能なものとなった。

なお、本研究によって開発された発酵ゲル化食品の製法は特許出願済である。

## 実験方法

### 1. 供試菌株及び原料

実験に供した乳酸菌は、*Leuconostoc mesenteroides* JCM 6124, *Lactobacillus plantarum* JCM 1149, *Pediococcus acidilactici* JCM 5885, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* IFO 3427 である。IFO 菌株は、発酵研究所、JCM 菌株は、理化学研究所より入手した。乳酸菌は、後に述べる方法で凍結菌体スターターを調製して用いた。

すり身は、秋サケ無塩すり身（道漁連製）を使用した。すり身は、魚肉に対し、蔗糖 6%，重合リン酸塩 0.25% が添加されており、水分含量は 76~77% である。材料となるサケの格付けは、C プナのオスである。

### 2. 乳酸菌スターターの調製

乳酸菌の培養は、MRS 液体培地に接種し、2 日間 30°C で静置した。菌体は、遠心分離で集菌し、20% グリセロール水溶液に懸濁後、速やかに -85°C で凍結保存した。

### 3. サケ発酵ゲル化食品の調製

サケ発酵ゲル化食品は、サケすり身に食塩、グルコース、蒸留水、乳酸菌スターターを加えて混合し、発酵させて製造した。

具体的には、冷凍サケすり身を 4°C 前後で一晩かけて解凍し、フードカッターで 1 分間混合（空摺り）した。次に食塩（すり身重量の 4.35%）を添加し、フードカッターで 3 分間混合（塩摺り）した。さらに、蒸留水（同 35%）、乳酸菌スターター（同 10%、対照区では蒸留水）、グルコース（同 21.75%）を添加し、フードカッターで 5 分間混合した。真空包装機を用いて 2 度脱気した後、ポリ塩化ビニリデンケーシング（直径 30 mm）に充填した。発酵条件は、*L. plantarum* を添加したものは、20°C で 5 日間、*Lac. lactis* subsp. *cremoris*、または *P. acidilactici* を添加したものは、20°C で 6 日間、*Leu. mesenteroides* を添加したものは、15°C で 11 日間とした。

### 4. 破断強度および破断歪の測定

試料を高さ 25 mm、直径 30 mm の円柱状に切断し、レオメーター（サン科学㈱ CR-200 D）を用いて測定した。プランジャーは、直径 10 mm 円筒型を使用した。試料台の上昇速度は、60 mm/min とした。サンプルが破断した時点でかかっていた荷重を破断強度、プランジャーがサンプル表面と接触してから破断するまでに進んだ距離（サンプルの歪）を破断歪としてそれぞれ算出した。

### 5. 圧出水分量の測定

大島らの方法<sup>9)</sup>を一部改変して測定した。スライスし

た試料（4~5 g、厚さ 3~5 mm）を二枚の濾紙（東洋 No. 101）の間にはさみ、上に板を置き、さらにその上に水の入ったビーカーを置いた。試料 1 g 当たり約 500 g 加重されるようにビーカーの水の量を加減した。3 分間放置後、試料の重さを測定し、水分減少率を圧出水分量として算出した。

### 6. pH 及び乳酸量の測定

試料に同じ重量の水を加え、ホモジナイザーで破碎後、破碎物の pH を測定した。さらに破碎物を遠心分離後、上清中の乳酸濃度を D, L-乳酸測定用酵素試薬（F キット、ペーリンガー・マンハイム社）を用いて測定した。

## 結果および考察

### 1. 乳酸発酵による pH の低下と乳酸量

本実験系での対照区とは、乳酸菌スターターを添加しない系である。サケすり身は、無菌処理を施していない。対照区のサケすり身を乳酸菌添加区と同一の条件、20°C、9 日間放置し、pH 変化を測定した。対照区の pH が低下することより、サケすり身にもともと酸を生成する菌が存在すると思われる。対照区では、pH の低下しない期間

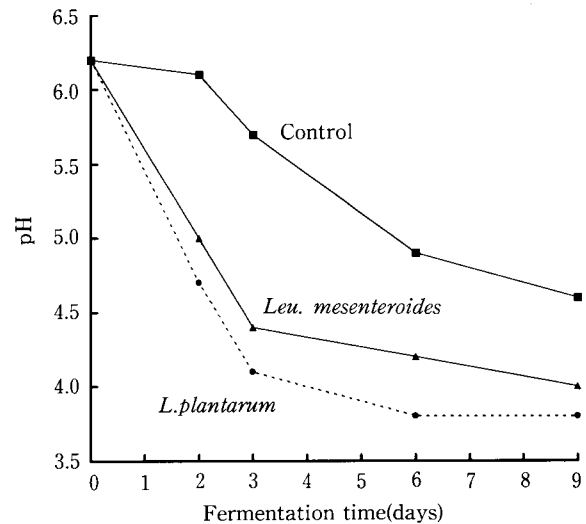


Fig. 1 The change in pH of the chum salmon surimi during fermentation with different strains of lactic acid bacteria

*L. plantarum* JCM 1149 and *Leu. mesenteroides* JCM 6124 were inoculated as starters in salmon surimi and incubated at 20°C for 9 days, respectively. The initial concentration of lactic acid bacteria was  $5 \times 10^8$  CFU/g. The surimi gelatinized as fermentation went on. Surimi without starter was incubated as a control. The pH of the control surimi also became lower because of naturally existing acid-producing bacteria.

(ラグタイム)があり、その後 pH は緩やかに低下した。

一方、乳酸菌スターター接種区では、ラグタイムがほとんどなく、かつ pH が速やかに低下した。これは、腐敗菌や有害菌の繁殖が抑えられ、安定した品質の食品が製造できる可能性が示唆された (Fig. 1)。

*Leu. mesenteroides* は、他菌種より多くの炭酸ガスを発生し、テクスチャーの低下をもたらすことから、*Leu. mesenteroides* 接種区およびその対照区については、発酵温度を他菌株より 5°C 低い 15°C に設定して以降の試験を行った。

*P. acidilactici*, *L. plantarum*, *Lac. lactis* subsp. *cremoris* のいずれをスターターとして接種しても最終 pH は 4.6 となり、対照区 (pH 5.1) に比べて低い値を示した。

*Leu. mesenteroides* 接種区の最終 pH は 4.8 であり、この場合も対照区 (pH 5.3) に比べ低い値を示した。

いずれの区も、乳酸菌スターターの添加効果が現れていた。

*L. plantarum* をスターターとして発酵させた場合の乳酸量は 5.1 mg/g, *Lac. lactis* subsp. *cremoris* で 5.8 mg/g, *P. acidilactici* では 6.2 mg/g であり、対照区 (3.5

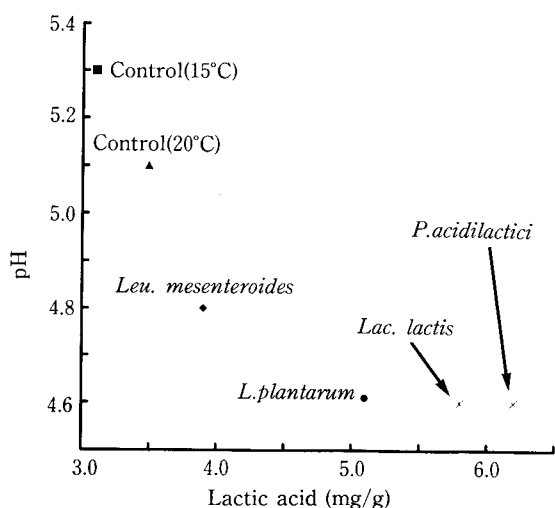


Fig. 2 The relation between pH and lactic acid content in the fermented chum salmon surimi

The surimi was fermented with *L. plantarum* JCM 1149 at 20°C for 5 days, with *Leu. mesenteroides* JCM 6124 at 15°C for 11 days, and with *Lac. lactis* subsp. *cremoris* IFO 3421 and *P. acidilactici* JCM 5885 at 20°C for 6 days. The initial concentration of lactic acid bacteria was  $5 \times 10^8$  CFU/g. Two controls were incubated without lactic acid bacteria, as starter inoculation. One control was incubated at 20°C. Another control (of *Leu. mesenteroides*) was incubated at 15°C.

mg/g) と比較し、乳酸生成量は明らかに増加した。

*Leu. mesenteroides* 接種区では、3.9 mg/g で、この場合も対照区 (3.1 mg/g) と比較し、乳酸生成量の増加がみられた。

対照区は、乳酸濃度が低く、pH 低下が不十分であった。一方、乳酸菌を接種したものでは、pH 4.6 で、乳酸濃度も高かった。しかし、*Leu. mesenteroides* を接種したものだけは、pH が低下した割には、乳酸生成量が少なかった (Fig. 2)。一般に *Leuconostoc* 属は、グルコースから乳酸の他に酢酸を生成することが知られており<sup>10)</sup>、この結果は、サケすり身の発酵にとまない、乳酸とともに酢酸を多く生成したためと考えられる。

*L. plantarum* をスターターとして発酵させた場合の全乳酸量に占める D-乳酸の比率が 63%, *P. acidilactici* で 46%であったのに対し、対照区では 17%であった。*Leu. mesenteroides* をスターターとした区で、D-乳酸の比率は 50%であり、対照区で 15%となった。これら 3 菌株で発酵させた場合は、D-乳酸生成比率が高いのが特徴である (Fig. 3)。

*Leu. mesenteroides* は D-乳酸を、他の 2 菌株は D-乳酸と L-乳酸を生成することが知られている<sup>10),11)</sup>。また、すり身は、無菌処理などをしておらず、もともと菌が存在している可能性がある。したがって、対照区と乳酸菌添加区の D, L-乳酸比率の差は、すり身に存在していた菌ではなく、スターターとして添加した乳酸菌が、

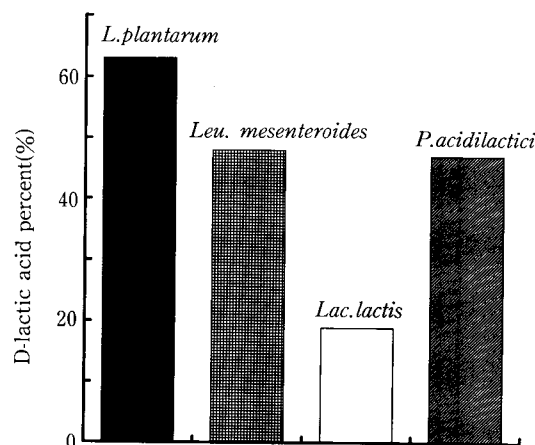


Fig. 3 The ratio of D-lactic acid produced in the fermented chum salmon surimi

Conditions of fermentation were the same as in Fig. 2. The ratios of D-lactic acid were calculated as percentages of D-lactic acid to total (D- + L-) lactic acid. In control surimi, ratios of D-lactic acid incubated at 20°C and 15°C were 17% and 15%, respectively.

目的通りに主として発酵を担っていたことを示す。

*Lac. lactis* subsp. *cremoris* をスターターとして発酵させた場合、D-乳酸の比率は、19%であり、対照区(17%)とともにD-乳酸の比率は低かった。

*Lac. lactis* subsp. *cremoris* は、L-乳酸のみを生成することが知られており<sup>10)</sup>、実験結果と一致する。

## 2. ゲル物性に与える乳酸発酵の影響

*L. plantarum* をスターターとして発酵させた場合の破断強度は1650 g、*Lac. lactis* subsp. *cremoris* で1221 g、*P. acidilactici* では1277 gであり、対照区の破断強度は、328 gであった。

同様に *Leu. mesenteroides* 接種区で、破断強度は788 g、対照区は、164 gであった (Fig. 4)。

いずれの菌株を使用した場合においても、ゲル強度が乳酸発酵によって、対照区の4~5倍に増加した。

また、*L. plantarum* で発酵させたサケ発酵ゲル化食品は、最も破断強度が高く、市販のスケトウダラなどで作られた魚肉ねり製品の一部とほぼ同等の数値を示した。市販の魚肉ねり製品は、澱粉や大豆や小麦由来の植物性タンパク質などを結着剤として添加し、ゲル強度を高めているのに対し、本実験で調整した発酵ゲル化食品は、結着剤を使用していないにもかかわらず、得られた破断強度は、実用的に十分高かった。

*Leu. mesenteroides* で発酵させた場合は、破断強度が他の菌株を接種した場合よりも低かった。同菌株が、他菌株より多くの炭酸ガスを発生し、テクスチャーの低下をもたらすため、発酵温度を他菌株より5°C低く設定

した。これにより乳酸発酵の度合いが、他のスターター接種区に比べて遅れた。

*L. plantarum* をスターターとした場合の破断歪は17.5 mmで、*P. acidilactici* で18.3 mm、*Lac. lactis* subsp. *cremoris* では16.4 mmであり、対照区(12.7 mm)と比較し、弾力性が高かった。

同様に *Leu. mesenteroides* 接種区で21.2 mm、対照区(14.6 mm)と比較し有意に高かった (Fig. 5)。

破断歪は、ゲルの弾力性を示す数値で、数値が大きいほど弾力性に富み、しなやかであることを示す。乳酸菌添加による破断歪の増加は、発酵により弾力性が付与されたことを意味する。

サケ発酵ゲル化食品の破断歪は、市販の魚肉ねり製品とほぼ同等であり、実用面では弾力性に富んだ興味ある食品を開発できたといえる。

以上から4菌株のいずれを使用した場合も、発酵により十分ゲル化し、硬さも弾力もある良いテクスチャーのサケ発酵ゲル化食品となった。特に *Lac. lactis* subsp. *cremoris*、*P. acidilactici*、および、*L. plantarum* によって発酵させた場合に、ゲル化の度合いが著しかった。乳酸発酵によって、実用に十分な硬さ、弾力性に富んだ食品の製造が可能であることが示された。

*L. plantarum* をスターターとすると、圧出水分量は9.9%で、*P. acidilactici* で9.3%、*Lac. lactis* subsp. *cremoris* では11.4%、であり、対照区は13.1%であった。

同様に *Leu. mesenteroides* 接種区の圧出水分量は

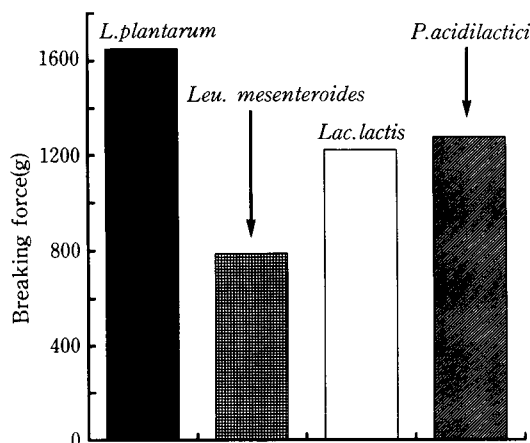


Fig. 4 Breaking force of the fermented chum salmon surimi

Conditions of fermentation were the same as in Fig. 2. The breaking forces of controls incubated at 20°C and 15°C were 328 g and 164 g, respectively.

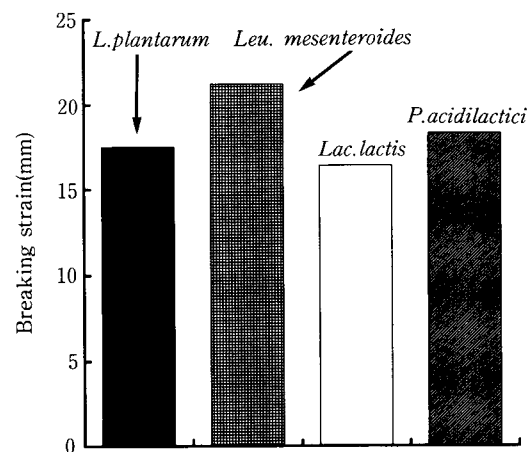


Fig. 5 The breaking strain of the fermented chum salmon surimi

Conditions of fermentation were the same as in Fig. 2. The breaking strains of the controls incubated at 20°C and 15°C were 12.7 mm and 14.6 mm, respectively.

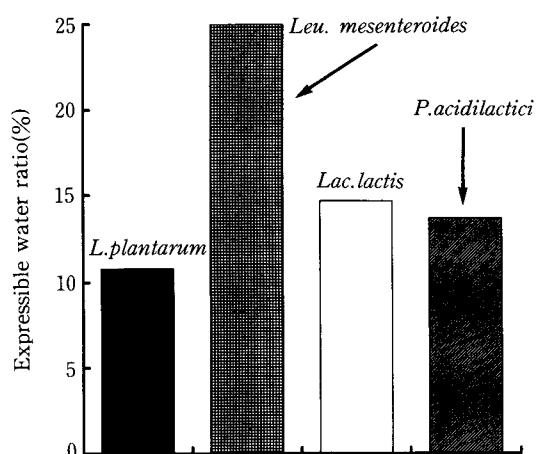


Fig. 6 The expressible water ratio of fermented chum salmon surimi

Conditions of fermentation were the same as in Fig. 2. The expressible water ratios of controls incubated at 20°C and 15°C were 13.1% and 25.0%, respectively.

23.2%であり、対照区は25.0%であった (Fig. 6)。

今後、発酵ゲル化食品に澱粉などを添加することにより、圧出水分量を減少させるのが課題である。

以上から、乳酸発酵の技術を用いることによって、ゲル強度、弾力性を増すことができ、実用化するのに十分なテクスチャーを持つ食品が開発できたといえる。

### 3. 乳酸発酵によるその他の影響

発酵による香りが、いずれの菌株を用いた場合も付与された。特に *Leu. mesenteroides* をスターターとして発酵させたサケ発酵ゲル化食品は、他の乳酸菌をスターターとした場合よりも豊かな香りが付与された。一般に *Leuconostoc* 属は多様な香気成分を産生することが知られており、風味の付与の点では有効であると考えられる。

### 要 約

サケは、スケトウダラなどと比べ、香りや色調、味などが優れている。しかし、サケすり身は低温ですわりに

くいたために食品用素材としての利用方法がかなり限定されていた。本研究では、秋サケすり身を4菌属の乳酸菌 (*L. plantarum*, *Leu. mesenteroides*, *Lac. lactis* subsp. *cremoris*, *P. acidilactici*) で発酵させ、サケ発酵ゲル化食品を製造する方法を開発した。いずれの菌株を用いて発酵させた場合も、すわりにくい秋サケすり身から、十分な弾力性を持つ発酵ゲル化食品を製造することができた。しかも、サケの持つ優れた色調や風味を損なうことなく、発酵による風味が感じられた。

この食品は、北海道の特産品であるサケの特徴を活かした新しいタイプの漬物素材として、その利用価値は高いと思われる。

### 文 献

- 1) 安藤清一・羽田野六男：水産の研究，6，93(1987)。
- 2) 安藤清一・羽田野六男：水産の研究，6，90(1987)。
- 3) 技術部会 新製品開発グループ：水産ねり製品技術研究会誌，6，311(1981)。
- 4) 技術部会 商品開発グループ：水産ねり製品技術研究会誌，6，406(1981)。
- 5) 水上 広・山本常治：水産ねり製品技術研究会誌，6，547(1981)。
- 6) 加納 哲・橋本信宏・伊藤芳直・土井梅幸・丹羽栄二：日本食品工業学会誌，39，519(1992)。
- 7) Arynta, R.W., Fleet, G.H. and Buckle, K.A: Int. J. Food Microbiol., 13, 143(1991)。
- 8) 中井 暉：日本公開特許公報，昭61-35765(1986)。
- 9) 大島隆夫・丹羽栄二・早川新一：日本公開特許公報，平4-299964(1991)。
- 10) Teuber, M., Geis, A. and Neve, H.: The Prokaryotes, 2nd ed., 2, Balows, A., Truper, H.G., Dworkin, M., Harder, W. and Schleifer, K.-H. (Springer-Verlag, New York), p.1482(1991)。
- 11) 辨野義己：微生物，6，3(1990)。