

# インジェクション法を用いた解凍ブリフィレへの 油脂注入技術の基礎的知見

山田海璃<sup>1</sup>・才津真子<sup>2</sup>・野口絵里香<sup>3</sup>・大島育子・山口辰哉

## A Fundamental Study on the Injecting Solid Fat into Thawed Yellowtail Meat Using Injection Method

KAIRI YAMADA, MAKO SAITSU, ERIKA NOGUCHI, IKUKO OSHIMA AND  
TATSUYA YAMAGUCHI

長崎県は全国有数のぶり類漁獲県であり、全国のぶり類漁獲量の内、本県の漁獲量が約15%を占める。<sup>1)</sup>長崎魚市場で水揚げされる天然ブリの約7割が3~5月に集中して漁獲される。<sup>2)</sup>この時期に漁獲されるブリは初期を除き、粗脂肪率は背側筋で3.3%、腹側筋で7.0%であり、<sup>3)</sup>日本食品標準成分表(八訂)に記載されているブリの粗脂肪率17.6%<sup>4)</sup>と比較して少ない。また短期間に過剰供給されることも重なり、市場価値が低く、その多くは冷凍保管される現状にある。この春先に大量に漁獲される天然県産ブリの市場価値向上を目指し、インジェクション法を用いた解凍ブリフィレの油脂注入技術の研究を行った。

インジェクション法とは「インジェクターと呼ばれる注射針の多く付いた機械で対象物に溶液を注入し、対象物の内部より溶液を浸透させ、品質を改善する技術」とされている。<sup>5)</sup>本技術は主に畜肉加工で用いられる技術でありハム類製造の塩漬工程で広く利用されている。<sup>6)</sup>しかし、

水産物への使用報告は少なく、特に油脂注入を目的としたインジェクション法の報告は皆無である。そこで解凍ブリフィレへの粗脂肪率を15%程度とすることを目標とし、油脂注入を行うための基礎的知見の収集を目的に、注入液の粘度による注入効率の比較(試験1)および、乳化油を使用した解凍ブリフィレへの油脂注入(試験2)を検討したので報告する。

### 材料と方法

**試料** 長崎県漁業協同組合連合会から購入した冷凍ブリフィレ(3~4kg)を使用した。購入後は-30℃で冷凍保管し、試験前日に5℃下で一晩緩慢解凍した。予備試験でフィレの部位や形状によって注入率に差が無いことが判明したため、フィレを3分割し試験に供した(図1)。



図1. ブリフィレ分割図

1.長崎県漁港漁場課 2.長崎県対馬振興局 3.長崎県漁政課

**インジェクター** インジェクターはMHM-21（ノヴィッキ社製）を使用し、 $\phi 2$  mmの針（テンダライザーヘッド型）を42本使用した。移動速度（ベルトコンベアと針の上下する速度）は本機の設定で22とした。ポンプ圧を調整し、針先から出る液量が試験1では5秒間当たり250g、試験2では630gとなるようにした。

**試験区および注入液** 試験1では注入液の粘度による比較を行うため、注入液にはCMC粘度調整剤（アズワン製）を用いて、25°C下で粘度が55 mPa・s（55区）、400 mPa・s（400区）、700 mPa・s（700区）となるようにした。

試験2では粘度が約400 mPa・sとなるように調整した乳化油を用いた（注入区）。即ち、乳化油は、大豆油（日華油脂製）：水：粉末状大豆たん白（フジプロFM、不二製油製）=55：43.8：1.2の割合とした。常温にした水に粉末状大豆たん白を分散させたのち、大豆油を少しずつ加えながらホモジナイザー（POLYTRON製）で全体が均一になるまで攪拌した。また、対照区は、液を注入せずにインジェクターによって針の抜き差しを行ったものを用いた。

**注入後の処理** 各試験とも注入前および注入直後の魚肉重量を測定した。注入直後の重量を測定する際には、周囲に付着している液をキムタオル（日本製紙クレシア株式会社）によって拭き取った。

試験1では、1時間5°C下に静置した後、魚肉重量を測定し、試験2では-30°Cで緩慢冷凍した後、5°C下で一晩緩慢解凍した。この際に生じたドリップの重量およびその成分組成を測定した。

**注入効率の評価方法** 各試験で注入率即ち、魚肉内に注入した液重量/魚肉重量 $\times 100$ を算出した。

試験1では、残留率即ち、注入直後の魚肉内の注入液重量/1時間経過後の魚肉内の注入液重量 $\times 100$ を算出した。

試験2では、油脂注入率、ドリップ率、ドリップ組成を求めた。油脂注入率は乳化油に占める油脂の割合は55%であるので、注入率に0.55を乗じたものを油脂注入率とした。ドリップ率は、解凍時に発生するドリップをキムタオルで拭き取ることで回収し、ドリップ量を測定し、ドリップ量/魚肉重量とした。回収したドリップは105°Cで48時間加熱し、ドリップ中の水分率を測定した。この時、蒸発しなかったものを油脂率として、ドリップ組成を求めた。

**統計処理** 統計処理はStatcel Ver.3（有限会社 OMS 出版）を用いた。2種間の比較は等分散がみとめられなかったため、ウェルチのt検定を用いた。3種間以上の比較は、正規分布に従い、等分散とみなせる場合は一元配置分散分析を行い、水準間に差がみられた場合はTukey-Kramer検定を行い、水準間に差がみられない場合はBonferroni検定を行った。危険率は5%で有意差を判定した。

## 結 果

**注入液の粘度による注入率と残留率の比較（試験1）** 各粘度の液を注入した際の注入率、残留率を図2および図3に示す。注入率は55区、400区および700区でそれぞれ $5.0 \pm 1.2\%$ 、 $9.0 \pm 0.9\%$ 、 $4.7 \pm 0.1\%$ となり400区が有意に高かった。 $(p < 0.05)$

一方、残留率は 55 区、400 区および 700 区でそれぞれ  $67.0 \pm 5.3\%$ 、 $63.7 \pm 4.3\%$ 、 $54.7 \pm 6.7\%$  となり有意差は認められなかったが、高粘度液ほど残留率が高くなる傾向があった。

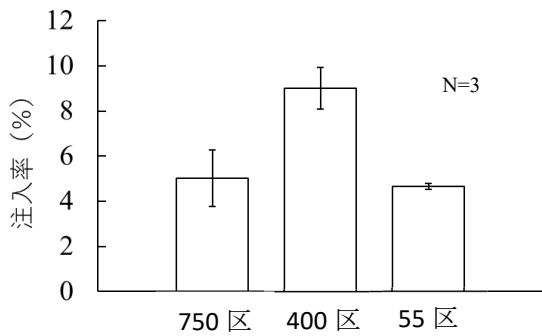


図 2. 異なる粘度の液を注入したときの注入率

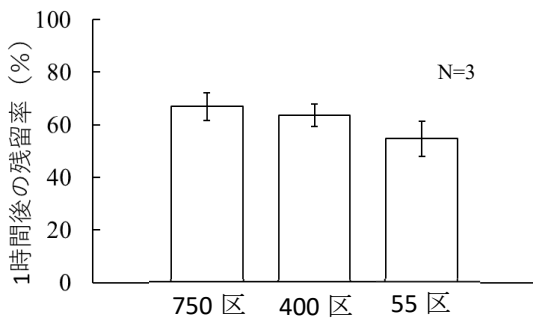


図 3. 異なる粘度の液を注入した後の残留率

**乳化油を使用した解凍ブリフィレへの油脂注入 (試験 2)** 乳化油注入時の油脂注入率は 7.4% であった。ドリップ率およびドリップ組成の結果を図 4 に示す。注入区、対照区のドリップ率はそれぞれ 3.2%、1.2% となり、注入区のドリップ率は対照区と比較して有意に高かった ( $p < 0.05$ )。また、ドリップに占める油脂率は注入区では 34.3%、対照区では 11.8% と注入区が有意に高かった ( $p < 0.05$ )。

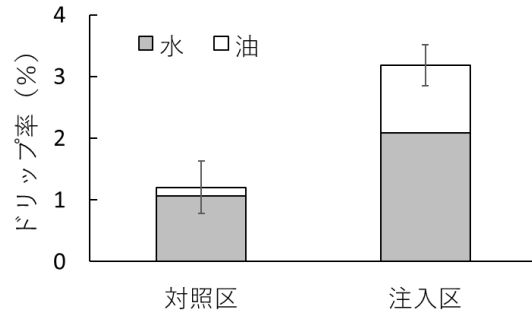


図 4. 各処理により発生したドリップ率および成分組成

### 考 察

試験 1 では注入液の粘度が注入率および残留率に与える影響について検討するため、55、400、700  $\text{mpa} \cdot \text{s}$  に調整した液を解凍ブリフィレに注入した。各粘度の設定に関して、55  $\text{mpa} \cdot \text{s}$  は食用大豆油を想定し、インジェクターで扱うことのできる可能な最大粘度として 700  $\text{mpa} \cdot \text{s}$  を設定した。400  $\text{mpa} \cdot \text{s}$  はその中間とした。結果、注入直後に魚肉内に液がどの位入ったのかを示す注入率は 400  $\text{mpa} \cdot \text{s}$  が 2 倍近く高くなり、本結果から粘度と注入率は比例関係になく、注入に適した粘度があると考えられる。高圧で液体が注入され膨らんだ魚肉は弾性力によりもとの形に戻ろうとするため、内部の注入液に圧力がかかる。この時、注入液が低粘度で流動性が高いと魚肉の弾性力により、注入液は針挿入部等から魚肉外部へと押し出される。一方、高粘度液は流動性が低いため、魚肉内で適度に分散しにくい。針挿入部や筋膜部のような結合の弱い部分に圧力が集中し、筋肉を突き破って注入液が外部へ流出してしまう。つまりブリフィレに注入する液は 400  $\text{mpa} \cdot \text{s}$  程度の適度な粘度が適しているのではないかと考える。

一方、残留率は高粘度液ほど高くなる傾向があることが明らかになった。高粘度液は流動性が低いため、一度注入された液は外部の流出しにくいことによると考える。高粘度液程この傾向は強くなると推察されるがインジェクターは孔径 1～4 mm 程度の細い針で構成されることが多く、細い針を使う場合、高粘度の液体を扱うことはインジェクターに負荷がかかり故障に繋がる。今後はより細かく粘度を調整し、最適粘度の注入液を検討する必要がある。

試験 2 では試験 1 で最も適していると考えられる 400 mpa・s の粘度に注目し、大豆油を乳化させることで 400 mpa・s となるよう粘度を調整し注入をした。また、注入後に 1 時間静置すると内部の注入液は 30～40%流出することが判明したため、注入後に即冷凍し流出を抑えることとした。結果、油脂注入率は 7.4%であり、背側筋の 3.3%<sup>3)</sup> と足すと、推定される粗脂肪率は約 11%となった。本試験では目標値の粗脂肪率 15%には届かなかったが一定量の油脂注入が可能であることが明らかになった。一方で凍結することで解凍時にドリップが生じた。注入区のドリップ率は対照区と比較して有意に高いことに加え、ドリップの内に占める油脂の割合が注入区の方が高いことから、注入液の一部はドリップとして解凍後に魚肉外へ流出したと考えられる。注入液がドリップとして流出した原因としては凍結解凍による乳化状態の破壊があげられる。木村らは凍結解凍による乳化状態の破壊を「油脂の結晶化および針状結晶の成長により乳化膜が破壊され、解凍後に近傍

の油滴同士が合一して脂分離が起きやすい」と説明しており、<sup>7)</sup>今回ドリップとして注入した油脂の一部が流出したのは凍結解凍によって乳化油が低粘度の水と油脂に戻ったため流出が起きたと考える。凍結解凍による乳化の破壊は「複数の油脂を混合する」、「油脂結晶調整能のある乳化剤を使用する」、「食品添加物乳化剤やカゼインを配合する」ことで可能であるとされる<sup>7)</sup>。今後は凍結耐性のある最適な注入液の検討が必要である。

また、今回の試験では冷凍の有無に関わらず、注入液の一部は流出したが、試験 2 では注入区と対照区のドリップ率の差は 2%であることから、注入液由来のドリップ率は 2%と考えられる。今回乳化油の注入率は 13.5%であったため注入液の 15%程度が流出したと推察される。試験①で凍結せずに 1 時間静置した場合は 30～40%程度注入液が流出したことを考慮すると、注入直後の凍結は流出防止に効果的である。

本試験より、インジェクション法による脂質注入の注入液の粘度に関する基礎的知見が明らかになった。本技術の実用化に向けては課題も多いため、今後はさらに注入率と残留率を上げる条件を解明し、油脂注入による解凍ブリフィレの有効利用化に繋げたい。

## 文 献

- 1) 令和 2 年度海面漁業生産統計調査. 農林水産省.
- 2) 長崎魚市場統計年報 (令和 2 年 1 月～12 月)
- 3) 眞角里帆, 大島育子, 鈴木絢子, 宮木

- 廉夫, 桑原浩一. 県産ブリの付加価値向上を図る新技術の開発. 長崎県総合水産試験場事業報告. 2020; p49~50
- 4) 文部科学省 科学技術・学術審議会. 日本食品標準成分表 2020 年版 (八訂) 「ぶり 生魚 生」
- 5) 開内洋, 井岡久. インジェクション法を利用した魚肉への冷凍耐性付与技術の開発. 島根水試県報 2005.12.13~23
- 6) 新村裕, 山田純一, 藤井静江, 春日谷郷子, 高坂和久. ピックル注入法における亜硝酸ナトリウムおよびアスコルビン酸ナトリウムの適正添加
- 7) 木村知文, 田中智章, 梅津徹, 有泉雅弘. マヨネーズに機能性を付与する最新の技術開発. 日本食品工学会誌 2011. Vol. 12, No. 2, 113~115