

## 真空包装した野菜入り揚げかまぼこの保存性と理化学品質に対する加熱殺菌の影響

小林哲也, 能登裕子, 渡邊 治

### Effect of Pasteurization on Preservation and Physicochemical Properties of Vacuum-Packed Deep-Fried Fish Cake Product

Tetsuya Kobayashi, Hiroko Noto, and Osamu Watanabe

Pasteurization after cooking is essential for preserving vacuum-packed fish paste products for extended periods at refrigerated temperatures. However, depending on the pasteurizing conditions, the original physicochemical properties, such as breaking characteristics, color tone, and volatile substances, can deteriorate. This study revealed the effects of pasteurization on preservation at refrigerated temperatures and the physicochemical properties of a vacuum-packed deep-fried fish cake product. The vacuum-packed samples were heated with a retort sterilizer at 90 – 110 °C for 30 – 60 min, and then stored at 10 °C for 24 weeks to determine spoilage occurrence. Color tone, breaking stress, and breaking strain of the samples were determined before refrigerated storage. No spoilage was observed in samples heated at 90 °C for 45 min, the mildest heating condition. This condition may be insufficient to inactivate psychrotrophic bacterial spores. Thus, the absence of spoilage in samples heated under these conditions was attributed to the low number of spores in the samples before pasteurization. However, color tone and breaking strain declined even under this mild condition compared with the unheated samples. More severe heating conditions resulted in greater deterioration of physicochemical properties. Therefore, reducing the initial bacterial spore count before pasteurization is important for preserving refrigerated, vacuum-packed fish paste products for extended periods with mild heating.

**KEY-WORDS** : fish paste products, pasteurization, preservation, breaking characteristics, color tone

**キーワード** : 魚肉練り製品, 加熱殺菌, 保存性, 破断特性, 色調

魚肉練り製品のうち、pHが4.6を超えかつ水分活性が0.94を超える製品の製造では、食品衛生法によって必要最低限の加熱殺菌条件が定められている。冷蔵（10 °C以下）で保管する場合には、製品形態に応じて中心部分を80 °Cで20–45分間相当以上加熱する必要がある。一方、*Bacillus*属や*Paenibacillus*属、*Clostridium*属などの細菌が形成する芽胞は、このような加熱殺菌条件ではほと

んどが死滅せず製品に生残する。気密性容器に密封された加工食品の細菌汚染を調査した堀川らの報告においても、芽胞として生残していたと推察される*Bacillus*属や*Paenibacillus*属の細菌が揚げかまぼこから分離されている<sup>1)</sup>。また、魚肉すり身やカニ肉からは*Bacillus*属や*Paenibacillus*属細菌の分離<sup>2–4)</sup>が、貝類からは*Clostridium*属細菌の分離<sup>5, 6)</sup>がこれまでに報告されてい

事業名：重点研究

課題名：北海道産農産物を活用したロングライフチルド食品の製造技術開発

る。したがって、芽胞を形成する細菌は水産物にも分布すると推察される。

製品中に芽胞が生残しても10℃以下で発芽・増殖しなければ、冷蔵保管する魚肉練り製品で生残芽胞が食中毒や腐敗を引き起こす可能性は低い。10℃以下で増殖する*Bacillus*属や*Paenibacillus*属の細菌が形成する芽胞の耐熱性(90℃のD値)は、15分以下であることがほとんどである<sup>7-13)</sup>。しかしながら、その中には90℃のD値が90分以上の耐熱性の高い芽胞を形成する菌株も報告されている<sup>8, 13, 14)</sup>。10℃以下で増殖する水産物由来の*Bacillus*属や*Paenibacillus*属の細菌が形成する芽胞の耐熱性は整理されていないが、これらの報告と大きな相違はないとすると、食品衛生法の製造基準で定められた80℃で20-45分間相当の加熱殺菌は、冷蔵保管する魚肉練り製品の芽胞の制御に対しては不十分である。また、松田は10℃以下で増殖する*Bacillus*属や*Paenibacillus*属、*Clostridium*属などの細菌の芽胞のD値を整理し、十分に殺滅するためには100℃で40分間相当の加熱が必要であると報告している<sup>15)</sup>。これらのことから、冷蔵保管する魚肉練り製品の芽胞制御には、食品衛生法の製造基準を大きく上回る加熱殺菌が必要と推察される。

一般的に、加工食品の加熱殺菌では食感や色調、風味といった品質の低下を伴う。加熱殺菌による水産加工食品の品質変化に着目すると、これまでの研究では常温保管を目標として、中心部分を120℃で4分間以上加熱したときの魚肉練り製品やエビ肉の品質変化が報告されている<sup>16-20)</sup>。一方、120℃で4分間未満の加熱殺菌による品質変化に関する報告はない。したがって、10℃以下で増殖する*Bacillus*属や*Paenibacillus*属の細菌が形成する芽胞の加熱殺菌において、魚肉練り製品の品質がどのように変化するか不明である。

そこで本研究では、真空包装した揚げかまぼこをレトルト殺菌機で加熱したときの保存性ならびに色調および破断特性の変化を検討した。

## 実験方法

### 1. 供試試料

試料には、北海道内の水産加工食品企業が製造した野菜入り揚げかまぼこを供試した。試料は4℃以下で保管し、製造翌日に分析ならびに加熱処理に供した。なお、試料の形状、重量および原材料構成は表1の通りであった。

表1 供試試料の形状、重量および原材料構成

| 形状、重量                       | 原材料                                                                    |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 円盤状<br>φ80 mm×18 mm<br>70 g | 魚肉(スケトウダラ、北海道産)、人参、ごぼう、玉ねぎ、卵白、澱粉、植物油、ぶどう糖、発酵調味液、食塩、砂糖/調味料(アミノ酸等)、pH調整剤 |

### 2. 供試試料の理化学分析ならびに芽胞数分析

#### (1) 理化学分析

pH、塩分濃度および水分活性を測定した。はじめに、生菌数測定用フィルター付ストマックバッグ(PX0020P, ELMEX)に無菌的に試料をとり、揉み潰して均一試料を調製した。つぎに、ミルサーカップに均一試料25 gを採取し、9倍重量の蒸留水を加えてミルサー(IFM-800, 岩谷産業)で30秒間処理して試料液を得た。pHおよび塩分濃度は、得られた試料液について、それぞれをコンパクトpHメーター(LAQUAtwin-pH-22B, 堀場製作所)および塩分計(PAL-SALT, アタゴ)で測定した。水分活性は、均一試料を測定カップの基準線まで入れて水分活性測定装置(LabMaster-AW, Novasina)で測定した。装置の測定温度は25℃、温度および水分活性の安定時間はともに5分間とした。

#### (2) 芽胞数分析

理化学分析用に調製した均一試料から25 gを無菌的に別のフィルター付ストマックバッグに採取し、9倍重量の滅菌リン酸緩衝生理食塩水(ORP-2000, アズワン)を加えてストマッカー(BagMixer400, InterScience)で処理(480 rpm, 1分間)して10倍希釈乳剤を調製した。調製した10倍希釈乳剤のうち、30 mLを50 mL容遠沈管に採り、80℃で20分間加熱して大腸菌群等の易熱性細菌を殺滅させた後、9.0 mL滅菌リン酸緩衝生理食塩水(TP2000, 栄研化学)で10倍希釈液列を調製した。加熱済みの10倍希釈乳剤ならびにその10倍希釈液列について、好気性および通性嫌気性菌の芽胞数は、標準寒天培地(島津ダイアグノスティクス)を用いた混釈平板培養法(30℃, 3日間)で測定した。偏性嫌気性菌(クロストリジウム属菌)の芽胞数は、クロストリジア測定用培地(島津ダイアグノスティクス)を用いたパウチ培養法(35℃, 1日間)で測定した。すなわち、クロストリジウム属菌検査用パウチ(エルメックス)に10倍希釈乳剤10 mLと培地15 mLを加え、気泡を除いた後に首部分を熱溶封してよく混和した。所定時間培養した後に出現した黒色コロニーを偏性嫌気性菌(クロストリジ

ウム属菌)として計数した。

### 3. レトルト殺菌機での加熱処理

#### (1) 試料の密封と加熱殺菌条件

試料は1枚ずつ樹脂製透明パウチ(180 mm×250 mm, 大日本印刷)に入れ, 真空包装機(V-955-500, TOSEI)で密封(真空度:99.0%)した。恒温化するために20℃で30分間保持した後, 熱水貯湯式レトルト殺菌機(RCS-40RTGN, 庫内容量:0.097 m<sup>3</sup>(φ400 mm×奥行800 mm), 180 mm×250 mmのパウチで最大40袋収容;4袋×10段,日阪製作所)で各条件38袋を加熱した。運転プロセスは, 設定温度(90–117℃)までの昇温工程:5分, 設定温度での定温加熱工程, 冷却工程:10分とし, 運転終了後は直ちに試料を氷水中で急冷した。

#### (2) 加熱処理中の温度推移の測定とPasteurization valueの算出

加熱処理中の温度推移は, 無線式温度データロガー(Micropack III, Mesa Laboratories)で測定した。データロガーの先端(測温部分)を中心部分に挿入して密封した試料をレトルト殺菌機の庫内最上段(1段目)および最下段(10段目)に設置し, レトルト殺菌機で加熱した時の検体の温度を10秒間隔で記録した。記録した温度データはPC interface system(Data Trace Version5.lnk, LINK SYSTEM)で読み出した後, 加熱殺菌強度として100℃でのPasteurization value(P<sub>100℃</sub>)をEq. 1により算出した<sup>14)</sup>。

$$P_{100℃} = \int_0^t 10^{\left(\frac{T(t)-T(ref)}{z}\right)} dt \dots\dots\dots \text{Eq. 1}$$

$t$ : 経過時間

$T(t)$ : 経過時間における温度

$T_{(ref)}$ : 100℃

$z$ : 10℃

### 4. 加熱処理試料の保存試験と品質評価

#### (1) 保存試験

加熱処理した試料は, 10℃で保存して腐敗の有無を観察した。腐敗の判定は, 寒天平板での培養にて生菌が検出された試料ならびにpHの変化が観察された試料とした。すなわち, 12週間および24週間経過後に開封して一般生菌数, 嫌気性菌数およびpHを測定した。10倍希釈乳剤ならびに10倍希釈液列の調製は, 希釈液に滅菌生理食塩水を用い, 実験方法2-(2)と同様に行い, 標準寒天平板培地に塗抹した。一般生菌数は30℃で3日間, 嫌気性菌数は, 塗抹した寒天平板を酸素吸収・炭酸ガス発生剤(アネロパック・ケンキ, ジャー用, 三

菱ガス化学)とともにパウチ袋(A-93, 三菱ガス化学)に入れて専用クリップ(A-75, 三菱ガス化学)で口部を密閉した後に30℃で7日間嫌気培養して計数した。pHは調製した10倍希釈乳剤を用いて測定した。

#### (2) 色調分析

色彩色差計(CR-300, コニカミノルタ)で試料表面12箇所(中心1箇所, 中心と外周との中間点5箇所の計6箇所×2面)の色調( $L^*$ ,  $a^*$ および $b^*$ )を測定し, 平均値を各加熱試料の色調として未加熱試料の色調を基準としたときの色差( $\Delta E^*_{ab}$ )をEq. 2により算出した。

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(L^*_h - L^*_{nh})^2 + (a^*_h - a^*_{nh})^2 + (b^*_h - b^*_{nh})^2} \dots\dots\dots \text{Eq. 2}$$

$h$ : 加熱試料

$nh$ : 未加熱試料

#### (3) 破断特性分析

クリープメータ(RE2-33005C(XZ), 山電)で試料表面5箇所(中心1箇所, 直交する2本の直径のそれぞれ1/4点, 3/4点の4箇所)を圧縮したときの応力変化を測定した。測定条件は以下の通りとした; プランジャー: 円柱型(P-5, φ5 mm), 圧縮速度: 1.0 mm/sec, 最大圧縮: 歪率99.0%, ロードセル: 20 N, データ収集間隔: 1ポイント/0.05 sec. 得られた応力-歪曲線はソフトウェア(破断強度解析 for windows, model BAS-3305 ver.2.5001, 山電)で解析し, 各測定箇所の破断応力および破断歪を求め, 平均値を各加熱試料の破断応力および破断歪とした。

## 実験結果および考察

### 1. 供試試料の理化学分析値および芽胞数

試料のpH, Awおよび塩分濃度は, それぞれ6.9, 0.963および1.0 g/100 mLであった。また, 好気性および通性嫌気性菌の芽胞ならびに偏性嫌気性菌(クロストリジウム属菌)の芽胞は検出されなかった。なお, 一般生菌数(30℃, 3日間培養)は, 2.4 log CFU/gであった。

冷蔵温度帯で増殖する*Paenibacillus*属細菌や*Bacillus*属細菌の芽胞は, 魚肉練り製品の主原料である魚肉すり身からも分離される<sup>3, 4)</sup>。一方, これらの報告における芽胞数は, 寒天平板培養法の検出限界水準付近のごくわずかであった。したがって, 本研究で用いた試料の主原料である魚肉すり身(スケトウダラ)についても, 冷蔵温度帯で増殖する*Paenibacillus*属細菌や*Bacillus*属細菌の芽胞が含まれる可能性はあるが, その量はごくわずかであ

ると推察された。原材料構成（表1）を参照すると、すり身の他に芽胞の混入源となる可能性がある原材料として、ごぼうや人参、玉ねぎ、澱粉、砂糖が挙げられる。魚肉練り製品の製造に用いる澱粉および砂糖には、食品衛生法の製造基準において芽胞数の定めがある（1000個以下/g）が、野菜類にはこのような定めはない。農産物を主原料とした加工食品には冷蔵温度帯で増殖する様々な芽胞形成菌が芽胞として分布することはよく知られている<sup>7, 21-23)</sup>。したがって、魚肉練り製品に野菜を配合した場合には農産物由来の芽胞も加わるため、潜在的な腐敗の可能性が高まる。このようなことから、本研究では寒天培養法による測定では供試試料から芽胞は検出されなかったが、温和な加熱殺菌条件で処理した場合には、冷蔵保管中に芽胞が発芽・増殖して腐敗に至る可能性は否定できない。

## 2. 加熱処理試料の保存性

レトルト殺菌機で加熱処理した試料を10℃で12週間および24週間保存したときの腐敗試料数を表2に示した。最も穏和な加熱処理条件である90℃で45分間の加熱処理（ $P_{100^\circ\text{C}}=4.2$ 分）でも10℃で12週間および24週間の保存において腐敗した試料は観察されなかった。なお、真空包装のみの非加熱試料では、10℃で7日間保存後には一般生菌数（30℃、3日間培養）が4-7 log CFU/gに達した。

表2 加熱殺菌条件と10℃での保存性

| 加熱殺菌条件 |       |                             | 保存期間（週）           |      |
|--------|-------|-----------------------------|-------------------|------|
| 温度（℃）  | 時間（分） | $P_{100^\circ\text{C}}$ （分） | 12                | 24   |
| 90     | 45    | 4.2                         | 0/11 <sup>a</sup> | 0/12 |
| 95     | 45    | 13.5                        | 0/11              | 0/12 |
| 100    | 30    | 26.9                        | 0/11              | 0/12 |
| 100    | 45    | 44.0                        | 0/11              | 0/12 |
| 100    | 60    | 61.6                        | 0/11              | 0/12 |
| 105    | 45    | 137.2                       | 0/11              | 0/12 |
| 110    | 45    | 445.5                       | 0/11              | 0/12 |

<sup>a</sup> 腐敗試料数／測定試料数

冷蔵温度帯で増殖する*Bacillus*属や*Paenibacillus*属の細菌は、10℃以下で保存する加工食品中では2-5週間ほどで増殖して製品を腐敗させる<sup>3, 11, 23-25)</sup>。したがって、10℃で24週間保存しても腐敗しなかった加熱処理試料には、冷蔵温度帯で増殖する*Bacillus*属や*Paenibacillus*属の細菌が形成する芽胞は生残していないことが推察された。冷蔵温度帯で増殖する*Bacillus*属や*Paenibacillus*属の細菌が形成する芽胞の90℃のD値は15分以下である場合が多く、z値を10℃として換算すると、100℃のD

値は1.5分以下である<sup>7-13)</sup>。100℃で4.2分相当の加熱は、このような耐熱性の芽胞を3桁以上減少させる効果がある。一方、稀に報告される90℃のD値が100分前後の芽胞<sup>8, 13, 14)</sup>は、同様にz値を10℃として換算すると、100℃のD値は10分前後である。100℃で4.2分相当の加熱は、このような耐熱性の芽胞に対してほとんど効果がない。10℃で増殖する細菌が形成する芽胞の制御には100℃で40分相当の加熱が必要であるとの指摘がある<sup>15)</sup>。一方、100℃で4.2分相当の加熱でも最長24週間にわたって試料が腐敗しなかったことは、90℃のD値が100分前後の耐熱性の高い芽胞は供試試料を汚染しておらず、90℃のD値が15分以下の芽胞は生残していたとしてその量は少なく、3桁の死滅で十分に殺滅できたためと推察された。

## 3. 加熱殺菌による試料の色調変化

レトルト殺菌機で加熱した試料の外観は、加熱殺菌強度（ $P_{100^\circ\text{C}}$ ）が高まるに伴って褐色化が進行した（図1）。色調分析においても外観の褐色化を支持する結果が得られ、加熱殺菌強度に応じてL\*値の低下、a\*値の増加およびb\*値の低下が観察され、色差が大きくなった（表3）。

加熱殺菌強度（ $P_{100^\circ\text{C}}$ ）の高まりに伴い褐色化が進行したことは、原材料構成（表1）に原因があると推察された。すなわち、調味料（アミノ酸等）としてグリシンが添加されており、ブドウ糖とのアミノカルボニル反応によって褐色物質が生成された可能性が高い。



非加熱



90 ℃, 45 分間



95 ℃, 45 分間



100 ℃, 30 分間



100 ℃, 45 分間



100 ℃, 60 分間



105 ℃, 45 分間



110 ℃, 45 分間



図1 加熱殺菌後の各試料の外観

表3 色調の変化

| 加熱殺菌条件                       |           | 明度<br>( $L^*$ )             | 赤み<br>( $a^*$ ) | 黄色み<br>( $b^*$ ) | 色差<br>( $\Delta E^*_{ab}$ ) |
|------------------------------|-----------|-----------------------------|-----------------|------------------|-----------------------------|
| 温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 時間<br>(分) |                             |                 |                  |                             |
| 非加熱                          |           | 59.8 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup> | 7.1 $\pm$ 0.1   | 36.1 $\pm$ 1.6   | —                           |
| 90                           | 45        | 56.4 $\pm$ 0.6              | 9.6 $\pm$ 0.9   | 36.4 $\pm$ 0.6   | 4.6 $\pm$ 0.6               |
| 95                           | 45        | 53.4 $\pm$ 0.9              | 12.0 $\pm$ 0.7  | 36.2 $\pm$ 0.6   | 8.4 $\pm$ 0.9               |
| 100                          | 30        | 53.9 $\pm$ 1.3              | 11.7 $\pm$ 0.4  | 36.4 $\pm$ 0.6   | 7.7 $\pm$ 0.5               |
| 100                          | 45        | 51.7 $\pm$ 1.0              | 13.3 $\pm$ 0.7  | 35.4 $\pm$ 0.5   | 10.4 $\pm$ 0.5              |
| 100                          | 60        | 50.4 $\pm$ 0.9              | 14.2 $\pm$ 0.7  | 34.3 $\pm$ 0.4   | 12.0 $\pm$ 0.4              |
| 105                          | 45        | 48.8 $\pm$ 1.4              | 15.0 $\pm$ 0.6  | 33.1 $\pm$ 0.6   | 13.9 $\pm$ 0.7              |
| 110                          | 45        | 44.3 $\pm$ 1.0              | 16.0 $\pm$ 0.6  | 29.3 $\pm$ 0.4   | 19.2 $\pm$ 0.4              |

<sup>a</sup> 平均値 $\pm$ 標準誤差

## 4. 加熱殺菌による試料の破断特性変化

レトルト殺菌機で加熱した試料では、加熱殺菌強度の高まりに伴って破断応力と破断歪の低下が観察された(表4)。すなわち、加熱処理によって試料の食感は軟らかく、もろくなることが示唆された。

表4 破断特性の変化

| 加熱殺菌条件                    |        | 破断応力 ( $\times 10^4\text{Pa}$ ) | 破断歪 (%)        |
|---------------------------|--------|---------------------------------|----------------|
| 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 時間 (分) |                                 |                |
| 非加熱                       |        | 20.2 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>     | 55.5 $\pm$ 1.0 |
| 90                        | 45     | 20.9 $\pm$ 1.0                  | 46.9 $\pm$ 1.1 |
| 95                        | 45     | 21.5 $\pm$ 1.0                  | 47.0 $\pm$ 0.8 |
| 100                       | 30     | 20.8 $\pm$ 0.8                  | 46.7 $\pm$ 0.9 |
| 100                       | 45     | 19.3 $\pm$ 0.9                  | 43.2 $\pm$ 0.9 |
| 100                       | 60     | 17.7 $\pm$ 0.9                  | 40.6 $\pm$ 0.6 |
| 105                       | 45     | 17.9 $\pm$ 0.9                  | 39.6 $\pm$ 0.4 |
| 110                       | 45     | 16.1 $\pm$ 0.7                  | 35.2 $\pm$ 0.7 |

<sup>a</sup> 平均値 $\pm$ 標準誤差

かまぼこの再加熱においては、90 $^{\circ}\text{C}$ で加熱したときの品質変化が報告されている<sup>26, 27)</sup>。特に、揚げかまぼこは90 $^{\circ}\text{C}$ で60分間加熱すると、硬さの指標であるゼリー強度が低下し、官能評価においても色調や香りの低下が指摘された<sup>27)</sup>。本研究においても、90 $^{\circ}\text{C}$ で45分間加熱した試料では非加熱試料と比較して色調や破断歪の低下が観察された。したがって、当該試料と非加熱試料の品質を官能評価で比較したときには、その差を検知するパネルが現れる可能性がある。また、本研究では、これまでの研究では不明であった95 $^{\circ}\text{C}$ 以上で加熱した魚肉練り製品の品質変化を明らかにした。残念ながら、加熱殺菌条件が過酷になるにしたがって色調、破断特性ともに非加熱試料からの低下が顕著となった。本研究で供試した試料は、耐熱性の高い芽胞が混入した可能性は小さく、芽胞数も少なかったため、90 $^{\circ}\text{C}$ で45分間の加熱処理でも10 $^{\circ}\text{C}$ 保存で24週間にわたって腐敗しなかったが、耐熱性の高い芽胞が混入した場合や芽胞数が多い場合に

は加熱殺菌後も芽胞が生残し、10 $^{\circ}\text{C}$ で保存しても腐敗する可能性がある。この場合には95 $^{\circ}\text{C}$ 以上での加熱殺菌が必要となるが、理化学品質の劣化を伴うため、そのような加熱殺菌が許容されないことも想定される。したがって、本研究が示すように、穏和な加熱殺菌条件で真空包装魚肉練り製品を長期間冷蔵保管するためには、加熱殺菌前の芽胞数低減が重要である。これを達成するための手段としては、芽胞数の少ない魚肉すり身の使用や副原料として用いる野菜類の洗浄殺菌の徹底などが考えられる。

## 要約

本研究では、真空包装した野菜入り揚げかまぼこの保存性と理化学品質に対する加熱殺菌の影響を明らかにした。供試試料は、90 $^{\circ}\text{C}$ で45分間の加熱殺菌( $P_{100^{\circ}\text{C}}=4.2$ 分)によって10 $^{\circ}\text{C}$ で24週間の保存においても腐敗は観察されなかった。10 $^{\circ}\text{C}$ で増殖する*Bacillus*属や*Paenibacillus*属の細菌が形成する芽胞の耐熱性を考慮すると、当該加熱殺菌の効果はこれらの芽胞に対して不十分である。そのため、10 $^{\circ}\text{C}$ で24週間保存しても試料が腐敗しなかったことは、加熱殺菌前の試料の芽胞数がごく少量であったため、加熱殺菌の効果が不十分であっても冷蔵保管中に発芽・増殖する芽胞を殺滅できたことに起因すると推察された。90 $^{\circ}\text{C}$ で45分間の加熱殺菌は、検討した加熱殺菌条件のうちで最も穏和な条件であったが、色調や破断特性は低下した。加熱殺菌がさらに過酷になるとその低下も顕著になったため、芽胞は殺滅できる一方、品質は損なわれる。したがって、穏和な加熱殺菌条件で魚肉練り製品の長期間冷蔵保管するためには、加熱殺菌前の芽胞数低減が重要である。

本研究を行うにあたり、研究試料をご提供頂いたニコー食品株式会社に対し、感謝の意を表します。

## 文献

- 堀川和美, 濱崎光宏, 村上光一, 石黒靖尚, 腎 博美, 長野英俊, 小熊恵二 (2005). 気密性のある容器包装に詰められた食品の細菌汚染実態. 日本食品微生物学会雑誌, **22**, 95-102.
- Condón-Abanto, S., Arroyo, C., Álvarez, I., Condón, S., and Lyng, J.G. (2016). Application of ultrasound in combination with heat and pressure for the inactivation of spore forming bacteria isolated from edible crab (Cancer



- pagurus). *Int. J. Food Microbiol.*, **223**, 9-16.
- 3) Coton, M., Denis, C., Cadot, P., and Coton, E. (2011). Biodiversity and characterization of aerobic spore-forming bacteria in surimi seafood products. *Food Microbiol.*, **28**, 252-260.
- 4) Tsuda, K., Nagano, H., Ando, A. Shima, J., and Ogawa, J. (2015). Isolation and characterization of psychrotolerant endospore-forming *Sporosarcina* species associated with minced fish meat (surimi). *Int. J. Food Microbiol.*, **199**, 15-22.
- 5) Agnoletti, F., Arcangeli, G., Barbanti, F., Barco, L., Brunetta, R., Cocchi, M., Conedera, G., D'Este, L., Drigo, I., Spigaglia, P., and Mazzolini, E. (2019). Survey, characterization and antimicrobial susceptibility of *Clostridium difficile* from marine bivalve shellfish of North Adriatic Sea. *Int. J. Food Microbiol.*, **298**, 74-80.
- 6) 小林とよ子, 上野一恵 (1984). 貝類における *Clostridium* 属の分布に関する研究. 食品と微生物, **1**, 119-125.
- 7) Choma, C., Guinebretière, M.H., Carlin, F., Schmitt, P., Velge, P., Granum, P.E., and Nguyen-The, C. (2000). Prevalence, characterization and growth of *Bacillus cereus* in commercial cooked chilled foods containing vegetables. *J. Appl. Microbiol.*, **88**, 617-625.
- 8) Dufrenne, J., Bijwaard, M., te Giffel, M., Beumer, R., and Notermans, S. (1995). Characteristics of some psychrotrophic *Bacillus cereus* isolates. *Int. J. Food Microbiol.*, **27**, 175-183.
- 9) Luu-Thi, H., Khadka, D.B., and Michiels C.W. (2014). Thermal inactivation parameters of spores from different phylogenetic groups of *Bacillus cereus*. *Int. J. Food Microbiol.*, **189**, 183-188.
- 10) Meer, R.R., Baker, J., Bodyfelt, F.W., and Griffiths, M.W. (1991). Psychrotrophic *Bacillus* spp. in fluid milk products: a review. *J. Food Prot.*, **54**, 969-979.
- 11) Helmond, M., Nierop Groot, M.N., and van Bokhorst-van de Veen, H. (2017). Characterization of four *Paenibacillus* species isolated from pasteurized, chilled ready-to-eat meals. *Int. J. Food Microbiol.*, **252**, 35-41.
- 12) 稲津早紀子, 竹谷早稀, 松永藤彦 (2017). 変敗コーンペーストから分離された *Paenibacillus* 属の生育性  
状解明. 日本食品微生物学会雑誌, **34**, 126-130.
- 13) Kobayashi, T., Azuma, T., Yasokawa, D., Yamaki, S, and Yamazaki, K. (2021). Spore heat resistance and growth ability at refrigeration temperatures of *Bacillus* spp. and *Paenibacillus* spp. *Biocontrol Sci.*, **26**, 147-155.
- 14) Daelman, J., Vermeulen, A., Willems, T., Ongenaert, R., Jaccxs, L., Uyttendaele, M., and Devlieghere, F. (2013). Growth/no growth models for heat-treated psychrotrophic *Bacillus cereus* spores under cold storage. *Int. J. Food Microbiol.*, **161**, 7-15.
- 15) 松田典彦(1985). チルド食品と低温殺菌. 食品と低温, **11**, 31-37.
- 16) 竹内友里, 高橋英史 (2011). レトルト殺菌によるウシエビ組織の脆弱化原因の研究. 日本水産学会誌, **77**, 887-895.
- 17) 竹内友里, 高橋英史 (2013). 食塩水処理とヘッドスペースの調節によるレトルト殺菌にともなうウシエビ組織の脆弱化の抑制. 日本水産学会誌, **79**, 38-47.
- 18) Tanaka, M., and Kimura, S. (1988). Effect of heating condition on protein quality of retort pouched fish meat. 日本水産学会誌, **54**, 265-270.
- 19) 山澤正勝 (1990). 高温加熱によるかまぼこの物性変化. 日本水産学会誌, **56**, 497-503.
- 20) 山澤正勝, 村瀬 誠, 志賀一三 (1979). レトルトかまぼこの品質改良に関する研究- I. 日本水産学会誌, **45**, 187-192.
- 21) Del Torre, M., Della Corte, M., and Stecchini, M.L. (2001). Prevalence and behaviour of *Bacillus cereus* in a REPFED of Italian origin. *Int. J. Food Microbiol.*, **63**, 199-207.
- 22) Del Torre, M., Stecchini, M.L., Braconnier, A., and Peck, M.W. (2004). Prevalence of *Clostridium* species and behaviour of *Clostridium botulinum* in gnocchi, a REPFED of Italian origin. *Int. J. Food Microbiol.*, **96**, 115-131.
- 23) Guinebretiere, M.H., Berge, O., Normand, P., Morris, C., Carlin, F., and Nguyen-The, C. (2001). Identification of bacteria in pasteurized zucchini purées stored at different temperatures and comparison with those found in other pasteurized

- vegetable purées. *Appl. Environ. Microbiol.*, **67**, 4520-4530.
- 24) Carlin, F., Guinebretière, M.H., Choma, C., Pasqualini, R., Braconnier, A., and Nguyen-the, C. (2000). Spore-forming bacteria in commercial cooked, pasteurised and chilled vegetable purées. *Food Microbiol.*, **17**, 153-165.
- 25) Hamasaki, Y., Kotoura, S., Nakane, M., and Sugiyama, M. (2006). Spoilage ability of psychrotrophic *Paenibacillus* spp. isolated from cooked food products. *Biocontrol Sci.*, **11**, 43-47.
- 26) 赤羽義章 (1985). 真空包装かまぼこ保存中の物性変化に及ぼす製造条件の影響. 日本水産学会誌, **51**, 1685-1691.
- 27) 白川武志 (1985). 蒲鉾の再加熱による影響. 香川県発酵食品試験場報告, **77**, 38-62.