

第73回技術大会プログラム

開催期日 令和6年11月19日(火)・20日(水)

開催会場 ホテルクラウンパレス浜松
(静岡県浜松市中央区板屋町110-17)

主 催 公益社団法人 日本缶詰びん詰レトルト食品協会
一般社団法人 静岡缶詰協会

■スケジュール

第1日 [11月19日 (火)]

- 開会式, 逸見賞表彰式 13:00~13:20
- 逸見賞受賞講演 13:30~14:20
- 研究発表 14:30~16:20
- 特別講演 16:30~17:30
- 懇親会 18:00~20:00

第2日 [11月20日 (水)]

- 研究発表 9:00~11:15

■会場

ホテルクラウンパレス浜松
(静岡県浜松市中央区板屋町110-17)

◇特別講演◇

「地球温暖化や自然環境の変化がもたらす水産資源への影響について」

国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター 海洋環境部
部長 亀田卓彦氏

研究発表座長一覧◇ (予定)

- | | | | |
|------|-------|--------|---|
| 発表番号 | 1~3 | 深谷哲也氏 | (カゴメ(株) カゴメ・フード・インターナショナルカンパニー グローバル品質保証部長) |
| | 4~6 | 菅原大輔氏 | (大和製罐(株) 総合研究所 第2研究室 室長) |
| | 7~9 | 小暮正人氏 | ((公財)東洋食品研究所 研究部 研究部長) |
| | 11~12 | 長谷川 渉氏 | (ハウス食品(株) 開発研究所 開発一部1G チームマネージャー) |
| | 13~14 | 田辺利裕氏 | (東洋製罐(株) テクニカルセンター 基盤技術開発部 CSSグループ 主査) |

〈令和6年度逸見賞授賞論文〉

- Technique for the identification of insect species in processed foods based on three short DNA sequences

ハウス食品グループ本社株式会社 渡辺 聡・正村典也・平尾宜司
株式会社ハウス食品分析テクノサービス 佐藤伸哉
Food Control Vol. 153 (2023)

- 海藻レトルト食品の栄養成分および抗酸化力に及ぼす製造条件の影響

地方独立行政法人青森県産業技術センター食品総合研究所 宮部好克・落合瞳子
北海道大学 熊谷祐也・岸村栄毅
日本調理科学会誌 Vol. 56, No. 3 (2023)

■お問い合わせ先

公益社団法人 日本缶詰びん詰レトルト食品協会
技術大会事務局
TEL: 03-5256-4801 E-mail: gitaikai@jca-can.or.jp

第73回技術大会研究発表論文要旨

目 次

1編につき16分（発表14分・質疑応答2分）

研究発表

第1日 [11月19日（火）]

発表時間 14:30~15:20

1. 果実シラップ漬缶詰の加速試験について 1
2. 市販水産缶詰中の2-オキソ-イミダゾールジペプチドの定量 3
3. 芽胞の耐熱性はその含水率で決まる
—走査型プローブ顕微鏡や走査型熱顕微鏡で解明した耐熱性と含水率との関係について—
..... 5

発表時間 15:30~16:20

4. RTD 飲料中におけるショ糖脂肪酸エステルによる芽胞菌静菌メカニズムに関する考察 7
5. 食品に含まれる油が*Bacillus subtilis*芽胞の耐熱性に及ぼす影響 9
6. *Geobacillus* 属菌の増殖への pH の影響 11

第2日 [11月20日（水）]

発表時間 9:00~9:50

7. 二価金属イオンのE型ボツリヌス菌芽胞の発育における役割と耐熱性への影響 12
8. ロングライフチルド食品の変敗原因菌 *Paenibacillus* 属細菌芽胞の耐熱性特性について 15
9. 芽胞の耐熱性測定における試験室間検証試験
—*Bacillus cereus* 芽胞の耐熱性測定— 18

発表時間 10:00~10:30

11. 加熱均一性を改善した新規マイクロ波加熱殺菌システムの開発 20
12. 加熱殺菌処理における容器詰食品の最冷点特定に関する研究 22

※研究発表10は、発表者の都合により発表を取り下げました。

発表時間 10:45~11:15

13. ATS法による管理基準を逸脱した殺菌条件下での品温履歴の推定【第二報】 24
14. 容器詰食品の品温履歴数理モデルの精度向上に関する一考察
—カムアップ期、カムダウン期の補正係数の見直し— 26

特別講演 [11月19日（火）]

講演時間 16:30~17:30

「地球温暖化や自然環境の変化がもたらす水産資源への影響について」

国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産資源研究所

水産資源研究センター 海洋環境部 部長 亀田卓彦氏 29

1. 果実シラップ漬缶詰の加速試験について

(公社)日本缶詰びん詰レトルト食品協会 研究所

○山崎良行・田口真寿美・堀 英司

南九州大学大学院 園芸学・食品科学研究科

黒木思音・長田 隆

本会研究所に寄せられる相談には賞味期限に関するものがあり、中でも特に加速試験についての問い合わせが多い。加速試験は常温よりも高い温度で貯蔵することで品質の劣化速度を速め、常温での品質劣化を短時間で予測することができる。通常は内容物の品質に対して試験が行われるが、果実シラップ漬缶詰のようなスズの溶出が起こる内面無塗装缶については容器の考察も必要となる。仮に、加速試験において内容物の品質劣化速度よりもスズの溶出速度の方が加速される場合は、早期に容器のシェルフライフが終了してしまい、内容物の品質を評価できないという事態が起こりうる。このような理由から、内面無塗装缶製品の加速試験におけるスズの溶出速度と官能品質の劣化速度について調査を行うこととした。

試料には市販の国産ミカンシラップ漬を用い、25、35、45および55℃の恒温器で貯蔵し、一定期間ごとに取り出して試験まで冷蔵保管を行った。この試料について溶出スズ量および官能評価を調査した。スズ量の測定は全内容物についてポーラログラフ法で行い、官能評価は味、色調、テクスチャー、香りの各特性および総合評価を対照品（恒温貯蔵なし）との比較による線尺度法で評価した。得られた温度別のスズ量や官能評価の評点と貯蔵期間をグラフにプロットし、その近似直線の傾きから速度を求めた。さらにその速度を用いてアレニウスプロットを行い、近似直線から各温度帯の Q_{10} （温度変化10℃における変化度）を算出した。

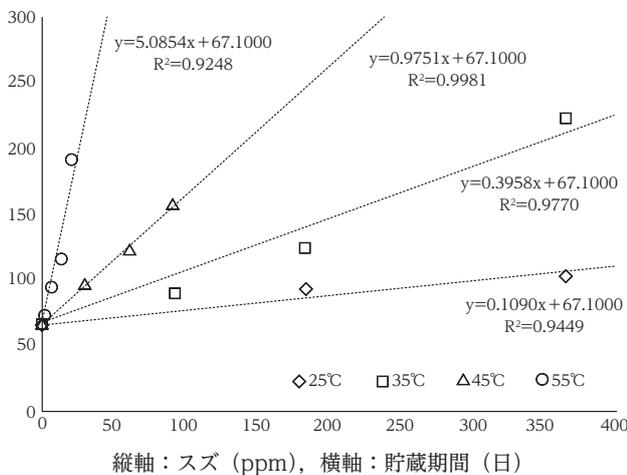


図1 内容物のスズ量と貯蔵期間

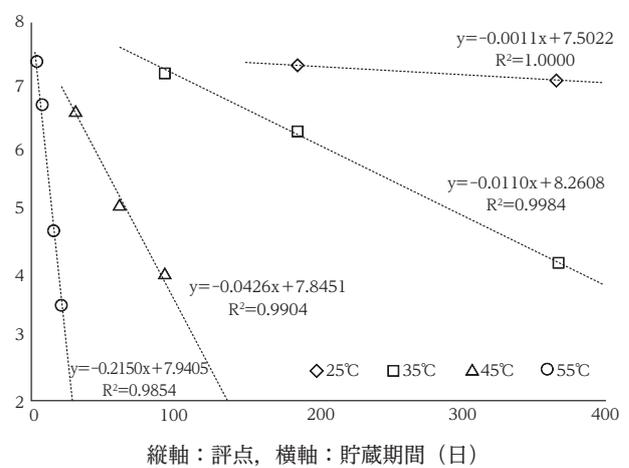
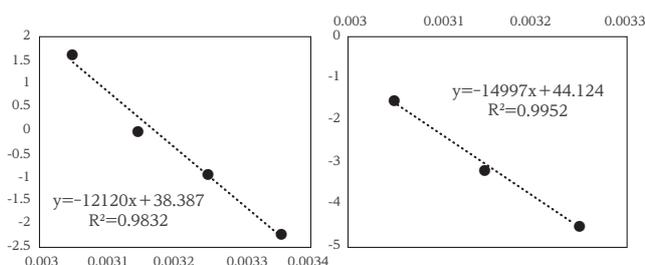


図2 官能評価（総合評価）の評点と貯蔵期間

スズ量および官能評価（総合評価）の評点の推移を図1, 2に示し、これらに対して行ったアレニウスプロットを図3に示した。なお、官能評価のアレニウスプロットについては、25℃貯蔵は対照品との差がほとんど生じていないため、現段階では除外した。表1に示すとおりスズの溶出速度の Q_{10} は3.2~3.9、官能評価（総合評価）の評点低下速度の Q_{10} は4.2~5.4の結果が得られた。スズの溶出速度よりも官能評価の評点低下速度の方が Q_{10} 値は高く、加速試験で内容物の品質を評価する前に容器のシェルフライフが終了することはないと考えられた。しかしながら、両 Q_{10} とも世間一般的に言われているような「10℃・2倍速」よりも明らかに高い値であるため、加速試験を行う際の Q_{10} 値の設定に関しては注意が必要と考えられた。

加速試験において、おいしさを評価するにあたり官能評価を機器分析で代用できないかと考え、味認識装置 TS-5000Z（㈱インテリジェントセンサーテクノロジー）による測定を行った。その結果は表2に示すとおりであり、本試料においては貯蔵期間と各項目の測定値に相関はみられなかった。よって、果実シラップ漬缶詰での加速試験において、おいしさの低下を評価するために味認識装置を適用することは難しいと考えられた。



左：スズの溶出速度，右：官能評価（総合評価，25℃を除く）の評点低下速度

図3 アレニウスプロット

表1 アレニウスプロットより求めた Q_{10}

温度帯	スズ溶出速度の Q_{10}	官能評価（総合評価）の評点低下速度の Q_{10}
20-30℃	3.9	5.4
25-35℃	3.7	5.1
30-40℃	3.6	4.9
35-45℃	3.4	4.6
40-50℃	3.3	4.4
45-55℃	3.2	4.2

表2 味認識装置 TS-5000Z の測定結果

貯蔵温度	貯蔵日数	酸味	苦味 雑味	渋味 刺激	旨味	塩味	苦味	渋味	旨味 コク	
25℃	0	2.96	-2.29	1.70	-1.48	-4.34	-0.38	1.60	0.28	
	184	2.18	-2.07	1.47	-1.11	-4.05	-0.32	1.80	0.30	
	366	2.47	-2.24	1.51	-1.27	-4.11	-0.32	1.75	0.25	
35℃	0	2.96	-2.29	1.70	-1.48	-4.34	-0.38	1.60	0.28	
	92	2.40	-2.07	1.56	-1.22	-4.04	-0.27	1.85	0.30	
	184	2.92	-2.23	1.87	-1.45	-3.95	-0.26	1.94	0.29	
366	2.99	-2.24	2.15	-1.47	-3.54	-0.20	2.19	0.30		
	45℃	0	2.96	-2.29	1.70	-1.48	-4.34	-0.38	1.60	0.28
		31	1.92	-1.37	0.13	-1.12	-3.03	0.02	0.60	0.45
61		1.62	-2.04	1.33	-0.84	-3.43	-0.26	1.79	0.29	
92	2.59	-2.07	1.82	-1.27	-3.62	-0.17	2.02	0.30		
55℃	0	2.96	-2.29	1.70	-1.48	-4.34	-0.38	1.60	0.28	
	7	2.10	-1.36	0.15	-1.18	-3.01	0.03	0.56	0.43	
	14	2.12	-1.18	0.42	-1.19	-2.99	0.10	0.75	0.38	

2. 市販水産缶詰中の2-オキソ-イミダゾールジペプチドの定量

(公財)東洋食品研究所

○隅谷栄伸・沖浦 文・甲木孝弘

大阪公立大学大学院 (理・生物化学専攻)

小前奏明・笠松真吾・居原 秀

大阪公立大学 (研究推進機構)

井田智章

[背景・目的]

カルノシンやアンセリンなどのイミダゾールジペプチド (IDPs, 図1) は, 健康増進効果や酸化ストレス関連疾患の予防効果を持つ機能性食品成分として知られている. 共同研究者である居原らは IDPs の酸化修飾体である2-オキソ-IDPs (図1) を世界で初めて見出し, IDPs よりも遥かに抗酸化活性が高いことを報告¹⁾ しており, 2-オキソ-IDPs が多くの機能性に関わっている可能性を示している. さらに2-オキソカルノシンはカルノシンよりも血中安定性が高いことが示唆されており²⁾, その生体効果が期待されている.

IDPs はマグロ, カツオなどの赤身魚に多く, その加工品である缶詰にも含まれているが, 缶詰に含まれる2-オキソ-IDPs に関する知見は皆無である. そこで, 各種水産缶詰中の含有量の調査や未利用資源・廃棄物 (加工残渣など) の有効利用を検討している. その成果は生活習慣病予防やアンチエイジング等, 健康増進に寄与するとともに, 水産缶詰業界の発展に寄与できるものと期待している. 前回大会において, 各種ツナ缶詰中の含有量を調査した結果を報告したが, 今回, その他水産缶詰における含有量調査結果を報告する.

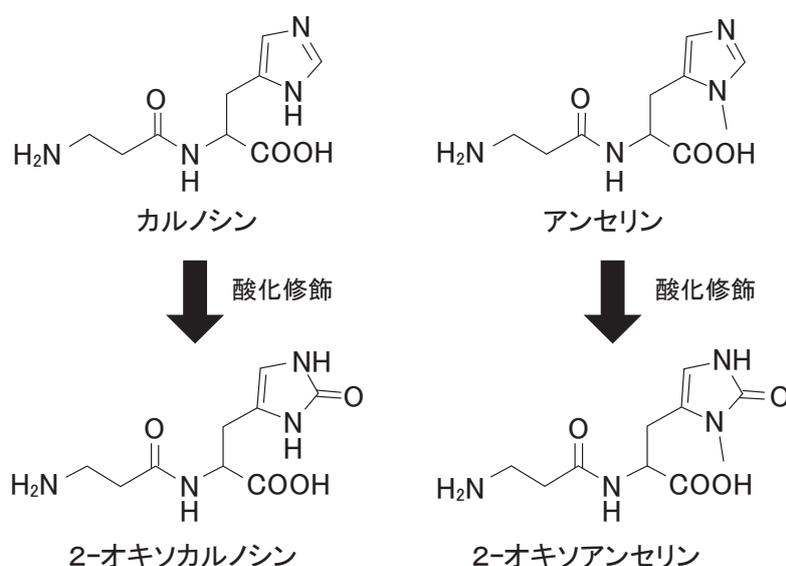


図1 主要 IDPs および2-オキソ-IDPs の構造

〔方法〕

試料としてマグロ、サバ、イワシ、ホタテ等の市販水産缶詰を対象に含有量を調査した。定量は化学合成により安定同位体ラベル化した IDPs および 2-オキソ-IDPs を用いて、多重反応モニタリング (MRM) 法と安定同位体希釈法による LC-MS/MS 測定で行った。一定量の安定同位体ラベル化した標品を抽出操作中に添加した。以下に抽出操作概要を記す。試料を精秤後、80% アセトニトリル水溶液に懸濁し、ホモジナイザーで細断した。続く工程は IDPs と 2-オキソ-IDPs では異なる。IDPs 抽出時は、50 μ L のホモジネートを遠心分離し、その上清を濾過、希釈後、LC-MS/MS 測定に供した。2-オキソ-IDPs の抽出時は、残りのホモジネートを遠心分離し、溶剤留去、脱脂、陽イオン交換樹脂による精製、乾固、再溶解後、LC-MS/MS 測定に供した。

〔結果〕

前回大会にて、ツナ缶詰（水煮）において、2-オキソ-IDPs を検出し、それらの含有量は、IDPs 量のおよそ 1/1000 オーダーであったことと、アンセリンがカルノシンよりも多く、それらのオキソ体も同様であったと報告した。今回、ツナ缶詰（油漬）を測定したところ、水煮と同様の結果で、油漬缶詰でも問題なく抽出・定量できることを確認した。サバ缶では、ツナ缶に比べて IDPs およびオキソ体の含有量が非常に少ないことが分かった。その他の水産缶詰についても現在調査中である。

〔文献〕

- 1) Ihara H. et al., 2-Oxo-histidine-containing dipeptides are functional oxidation products, *The Journal of Biological Chemistry*, 294, 1279-1289 (2019).
- 2) 小前ら, カルノシン分解酵素カルノシナーゼ 1 に対する 2-オキソカルノシンの分解耐性, 第78回日本栄養・食糧学会大会講演要旨集, 2 F03P (2024).

3. 芽胞の耐熱性はその含水率で決まる

— 走査型プローブ顕微鏡や走査型熱顕微鏡で解明した耐熱性と含水率との関係について —
ナノ・マイクロバイオ研究所—中西技術士事務所

○中西弘一

摂南大学 薬学部

桑名利津子・高松宏治

〔内容要約〕

走査型プローブ顕微鏡 (SPM) を用いて、超微小レベルで細胞 1 個の様々な物理的評価を行う技術を開発している。これまでに、芽胞形成細菌の芽胞の硬さ (ヤング率) から耐熱性評価法を確立した。ナノサーマルアナリシス (nanoTA)-SPM システム (SThM) により、加熱死滅温度や熱による熱線膨張率を計測し、転移温度が細胞の加熱死滅温度の新しい指標となることがわかった。一方で、加熱殺菌に要する熱エネルギーの指標として芽胞の熱伝導率を求める方法を開発してきた。これらより得られた芽胞の物理的特徴と、含水率の異なる芽胞形成細菌 *Bacillus* 系細菌芽胞と、ヤング率、転移温度、熱線膨張率そして熱伝導率をそれぞれ比較した。その結果、芽胞の物理的特徴と耐熱性および芽胞の含水率との間に正の高い相関関係があることを見出した。

〔背景〕

これまでに、走査型プローブ顕微鏡 (SPM) と走査型熱顕微鏡 (SThM) による細胞や芽胞の耐熱性を評価する方法を開発し、細胞のヤング率、熱線膨張率、転移温度そして熱伝導率が耐熱性を特徴付けていることを明らかにした。今回、*Bacillus* 属の同じ菌株で含水率の異なる芽胞を調製し、その各物理項目と耐熱性を比較し芽胞の耐熱性のメカニズムの解析を試みた。

〔結果〕

耐熱性の異なる 5 種類の *Bacillus* 属細菌の芽胞を、常法および真空乾燥で含水率を低下させて調整し、耐熱性とそれに関係する物理的項目を比較した。耐熱性の指標は $D_{121^{\circ}\text{C}}$ 値のほか、芽胞の硬さを示すヤング率は SPM で、熱に対する挙動を示す熱線膨張率、転移温度および熱伝導率は SThM で計測した。その結果、芽胞の $D_{121^{\circ}\text{C}}$ 値とヤング率、熱線膨張率および転移温度の間に高い相関があった。また熱伝導率との相関はこれらの物理評価項目より相関係数が低かったが相関が認められた。また同一株で含水率の異なる芽胞の間に、 $D_{121^{\circ}\text{C}}$ 値、ヤング率、熱線膨張率、転移温度および熱伝導率の各項目には有意な差が認められた。

〔考察ならびに結論〕

耐熱性の異なる 5 種類の *Bacillus* 系細菌の芽胞について、含水率が異なる場合でも、 D 値と S ヤング率、転移温度、熱線膨張率および熱伝導率はそれぞれ高い相関を示した。また芽胞の乾燥前後の含水率もこの高い相関関係は変わらなかった。したがって芽胞の耐熱性に深く関係する要因は芽胞の含水率であり、含水率

が低いほど耐熱性が高くなり、ヤング率や転移温度も高くなり、熱線膨張率や熱伝導度は低くなった。これは Parcedes らが示した芽胞の脱水により、耐熱性が高まるというメカニズムを、SPM や SThM で1個の芽胞から計測した物理的評価項目から評価できることを示した。

4. RTD 飲料中におけるシヨ糖脂肪酸エステルによる芽胞菌静菌メカニズムに関する考察

三菱ケミカル(株)

○関本訓士・内藤桂子・松浦傳史

大阪公立大学大学院 獣医学研究科

三宅眞実

シヨ糖脂肪酸エステル (SE) は食品の乳化, 可溶化, 分散, 湿潤等, 幅広い機能を有する乳化剤である一方, 副次的に, 耐熱性芽胞菌に対し静菌的に作用し, その発芽増殖を抑制することから, 加温容器詰飲料においては耐熱性芽胞菌の静菌目的としても添加されることがある. しかしながら, SE がどのように芽胞菌の発芽増殖を抑制するかについては, 未だ包括的な理解には至っていない. 我々はこれまで, SE を添加した栄養培地中におけるウェルシュ菌および枯草菌の芽胞の発芽および増殖過程を 1 細胞レベルで解析してきた. その結果, 両菌種において栄養培地中の SE の有無に関わらず芽胞が発芽すること, SE が芽胞の発芽過程 (芽胞のコア内部が水和する過程) にはほとんど影響を与えず, 出芽過程 (芽胞内部で代謝が進み栄養型菌が出芽する過程) に強く作用することが確認された^{1, 2)}. また枯草菌芽胞において, 芽胞の周囲に SE が存在することで, 芽胞の発芽時の水和とともに SE が芽胞内部に入り込み, 芽胞の出芽過程を抑制することが示唆された²⁾.

我々は現在, 上記の 1 細胞解析結果を念頭に, SE 添加ミルクコーヒー中での細菌芽胞の挙動を, 生芽胞数を指標として検証しており, 本発表では, これら検証実験および過去の関連研究の知見をもとに, 実際の飲料中で SE が芽胞に対しどのように作用するかについて考察を行いたい. 検証は, 加温容器詰コーヒーにおける代表的な耐熱性芽胞菌である *Moorella thermoacetica* (JCA 5801株) および *Geobacillus stearothermophilus* (ATCC 7953株) を用いた.

まず, SE (P-1670 (三菱ケミカル(株))) の添加濃度を 0~1000 ppm に振った脱塩水中で芽胞を加熱し, 加熱後の生芽胞数を計測した. SE 添加濃度と生芽胞数に相関は認められず, 青山 (2013)³⁾ の結果と一致した. 現在, コーヒー中での SE 添加濃度と加熱後生芽胞数の関係を検証中である.

次に, SE 添加コーヒーに *M. thermoacetica* 芽胞を接種後 55℃にて恒温保管し, 生芽胞数を経時的に計測した. 生芽胞数は保管開始後 2 週間以内に大きく減少し, 保管 4 週間以降は検出限界以下となった. SE 添加栄養培地での 1 細胞解析結果で確認された細菌芽胞の挙動がコーヒー中でも同様に行われるとした場合, *M. thermoacetica* 芽胞はコーヒー中の SE の有無に関わらず発芽すると考えられる. SE 添加コーヒー中において *M. thermoacetica* 芽胞は環境が整えばやがて発芽するが, SE により出芽過程が抑制されて栄養増殖過程に進むことができない. そのためコーヒー中の SE により出芽過程が抑制された芽胞は寒天培地上でコロニーを形成できず, 恒温保管時のコーヒー中の生芽胞数が減少するものと考察された. 一

方, 諏訪ら (1988)⁴⁾ は SE 添加コーヒー中の *G. stearothermophilus* 生芽胞数が55℃ 4 週間保管後も保管開始時から 1 桁程度の減少に留まることを示し, 我々の *M. thermoacetica* の結果とは一致しなかった. 栄養培地中と異なり, 飲料中の細菌芽胞は, 飲料の組成や保管流通条件, 菌種や芽胞の状態 (加熱損傷度等) により, 速やかに発芽する場合と発芽能を維持するが長期に発芽しない場合があるのかもしれない.

[参考文献]

- 1) 三宅眞実, 関本訓士, 西 木の実, 櫻井研輔, 安木真世, 「ウェルシュ菌芽胞の発芽阻害剤とライブ・セル・イメージングによる阻害過程の解析」, 第40回日本食品微生物学会学術総会講演要旨 (2019).
- 2) 岡脇良奈, 安木真世, 関本訓士, 三宅眞実, 「ショ糖脂肪酸エステルが枯草菌芽胞に及ぼす発芽阻害作用の 1 細胞解析」, 第43回日本食品微生物学会学術総会講演要旨 (2022).
- 3) 青山好男, 「加熱損傷 *Moorella thermoacetica* 芽胞のショ糖脂肪酸エステル含有培地での増殖挙動」, 第40回日本防菌防黴学会年次大会講演要旨 (2013).
- 4) 諏訪信行, 代田徳子, 町田 肇, 「コーヒー缶詰の高温性有芽胞細菌による変敗に対する乳化剤の添加効果」, 日本食品工業学会誌, 35 : 706-708 (1988).

5. 食品に含まれる油が *Bacillus subtilis* 芽胞の耐熱性に及ぼす影響

ハウスギャバン(株)

○太田理絵

ハウス食品(株)

若杉敏幸・櫻谷修司

大阪公立大学

朝田良子・土戸哲明

〔目的〕

芽胞は、油中に存在すると耐熱性は高くなり¹⁾、油と水が混在する系（油－水系）においても水系よりも高い耐熱性を示すことが報告されている²⁾。レトルト食品は、油－水系の製品が多く存在しているにも関わらず、油中に存在する芽胞の死滅の視点はほとんど論じられていない。本研究は、微生物制御の観点で、油－水系における芽胞の耐熱性に影響する因子を明らかにするため、水系、油系および油－水系の芽胞の耐熱性を調査した。

〔方法・結果〕

Bacillus subtilis ATCC6633芽胞を凍結乾燥し、リン酸カリウム緩衝液（pH7.0）（KPB）または菜種油（油）を添加して38kHz、1時間の超音波処理を行い、芽胞分散KPB、芽胞分散油をそれぞれ調製した。2 mLのバイアル瓶に図1の通り各サンプル液を加え、100℃のオイルバス中で加熱した後、コロニーカウント法で生存数を測定し、D値を算出した。

I. 水系、油系、油－水系における芽胞の耐熱性

芽胞分散油（油系）、芽胞分散KPB（水系）、KPBと芽胞分散油を合わせた二層状態の系（二層系①）の条件で、加熱試験を行った。二層系①では、油の割合を10～90%の間で条件を振り、加熱後の油、水の各層か

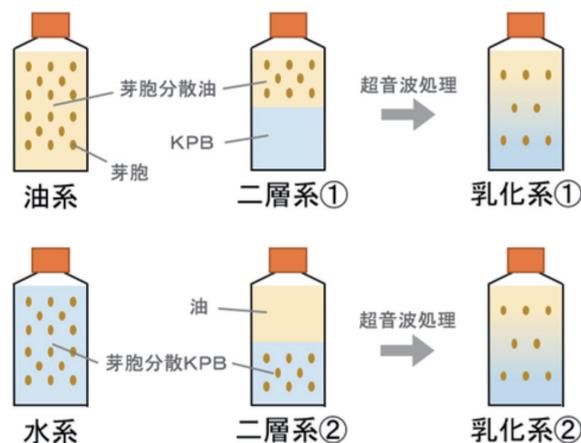


図1 加熱試験の条件

ら生菌数を測定した。水層の生菌数は油層の1%以下であったため、油層の菌数を用いて系の代表D値を算出した。その結果、油系のD値は337.8分となり、水系のD値2.9分の約117倍に相当した。一方、二層系①のD値は24~54分で、油の割合が高くなるにつれてD値が高くなる傾向が見られたが、水系の約8~19倍程度にとどまり、水系および油系とは明らかに異なる耐熱性を示した。

II. 油-水系の状態および芽胞の分散方法の耐熱性への影響

油-水系の耐熱性を詳しく知るため、油と水の状態および芽胞の分散方法を変えて耐熱性を試験した。Iの二層系①に加え、芽胞分散KPBと油を合わせた二層状態の系（二層系②）、さらにそれぞれを超音波処理で白濁状態にした乳化系（乳化系①、乳化系②）の4条件で、Iと同様の加熱試験を行い比較した。その結果、二層系②のD値は、Iの水系と同等であった。一方、乳化系①、②では、加熱初期に急激な死滅、後期に緩やかな死滅の二相の死滅曲線となった。そのD値は、初期は水系と同等で、後期は二層系①および二層系②と同等であった。

Iより、二層系では、芽胞が油層側に存在するにも関わらず、油系よりもD値が低くなり、油層に局在した芽胞も、水の影響を受けることが示唆された。IIの乳化状態において、既報²⁾と同様に二相性の死滅曲線を示した。各相のD値から、初期は水中に局在する芽胞が死滅し、後期は油（滴）中に局在する芽胞が死滅したと推測され、芽胞の局在が系全体のD値に影響することが示唆された。これらの結果から、耐熱性に影響する因子として、油（滴）中に溶け込んだ水の可能性が考えられた。

〔文献〕

- 1) Molin, N. and Snygg, B. G. Appl. Microbiol., 15, 6, p.1422-1426 (1967).
- 2) Shigemoto, M. et al. Biocontrol Sci., 15, 1, p. 27-31 (2010).

6. *Geobacillus* 属菌の増殖への pH の影響

キューピー(株)

○仲沢萌美・石川翔子

〔背景〕

Geobacillus 属菌をはじめとする高温生育菌は高い耐熱性を有し、レトルト食品で残存・増殖するとフラットサワー等の変敗要因となる。昨年までの本大会において、高温生育菌の45～75℃の温度帯における pH 変化 (6.0～7.5) による増殖可否・速度への影響を検証した。今回は、pH5.0～6.0の範囲での pH 変化が *Geobacillus* 属菌の増殖可否・速度に与える影響について検証した。

〔実験〕

- ① *G. stearothermophilus* 5 株, *G. caldoxylosilyticus*, *G. subterraneus*, *G. thermoleovorans* および *G. zalihae* 各 1 株について栄養細胞の状態 で pH5.0～7.5 に調整した HIB 培地に添加し, 45 および 55℃ で 18 日間保存した。適宜観察し, 濁りの確認によって増殖有無・増殖速度を調べた。
- ② *G. stearothermophilus* 3 株, *G. subterraneus* および *G. zalihae* 各 1 株について栄養細胞の状態 で pH5.0～6.0 に調整した HIB 培地に添加し, 55, 60, 65, 70 および 75℃ に 1～48 時間保存した。目的の時間ごとに菌数測定・濁りの確認を行い, 増殖有無・増殖速度を調べた。

〔結果〕

- ① 菌株によって増殖速度に対して pH が影響する程度は異なっていたが, いずれの菌株も pH が低くなるにつれ, 増殖速度が遅くなる傾向となった。また, 至適温度に近いと考えられる 55℃ では pH5.25 や 5.0 で増殖する菌株 (*G. stearothermophilus*, *G. subterraneus*) があつたが, 45℃ では pH5.5 以下で 18 日目までに増殖する菌株はなく, pH5.75 以上で増殖した場合にも 55℃ と比較すると増殖速度は遅い傾向がみられた。
- ② 菌株によって pH が影響する程度は異なっていたが, 70℃ 以上になると増殖する pH の範囲が急激に狭くなる傾向がみられた。また, いずれの菌株においても 75℃ では増殖はみられなかった。
至適温度に近いと考えられる 55 もしくは 60℃ では, 増殖できる pH の範囲が広がる傾向がみられ, *G. subterraneus* は pH5.0 まで増殖した (60℃, 48 時間)。

〔結論〕

55～60℃ を至適とすると考えられる高温生育菌では, それより温度が低い 45℃ や温度が高い 65℃ 以上の場合に増殖有無・速度への pH 変化の影響が大きく, 特に pH5.25 または 5.0 の場合には pH6.0 と比較して増殖速度が顕著に遅くなる, または増殖しなくなることが示唆された。レトルト食品において, 目的の殺菌値で適切な殺菌を行うためには, 各品温における耐熱性の高い高温生育菌の挙動を適切に把握すること, 工程中で増殖させないことが必要である。今回の知見を, 夏場を含む商業的無菌の安定的実現に生かしたい。

7. 二価金属イオンの E 型ボツリヌス菌芽胞の発育における役割と耐熱性への影響

(公社)日本缶詰びん詰レトルト食品協会 研究所

○立山 敦・山口敏季・山崎良行

[背景および目的]

E 型ボツリヌス菌芽胞は10℃以下でも発芽・増殖し、致死性の高い毒素を産生するため、チルド食品ではその発育制御が大きな課題となっている。前回大会では、当該芽胞を接種した培地および食品（スープ2種）にクエン酸 Na を添加することで、その発育を抑制できることが見いだされ、その機構は培地や食品中の二価金属イオンに対するクエン酸 Na のキレート作用による菌体内への取り込み封鎖によるものと推定された。さらに培地やスープ2種間では当該芽胞の発育阻害に必要なクエン酸 Na 濃度が異なることも示された。

そこで、前回大会に引き続き E 型ボツリヌス菌芽胞を接種した培地およびスープ2種において当該芽胞の発育阻害に必要なクエン酸 Na 濃度と二価金属含有量との関係性についてさらに詳細な調査を行った。また、二価金属イオンが当該芽胞の耐熱性に及ぼす影響について調査を行ったので、その結果についても併せて報告する。

[方法]

以下、すべての試験において11種または12種混合 E 型ボツリヌス菌芽胞（接種芽胞量：約 5 log spores / mL）を用いた。

試験①：クエン酸 Na を様々な濃度で添加した GAM 半流動高層培地（以下 GAM と略す）およびスープ2種（コーンスープおよびマッシュルームスープ）に11種混合 E 型ボツリヌス菌芽胞を接種し、10℃で約90日間の保存試験を行った。1試験区あたり TDT チューブ20本における発育陽性率を算出し、その発育抑制効果を評価した。なお、発育判定は外観（ガス産生・分離）で判断し、外観に異常がない検体は pH 測定を行った。無接種試料と比較して pH の低下が0.1以上のものは陽性とみなし、pH の低下が0.1未満の検体はマウスを用いた毒素検定で発育判定を行った。毒素検定試料は1試験区あたり最大5検体までとした。また、GAM およびスープ2種中の二価金属含有量を原子吸光法にて測定（n=3）し、当該芽胞の発育阻害に必要なクエン酸 Na 濃度とそれぞれの二価金属含有量（Ca, Mg, Mn および合計量）との間に相関性があるかを確認した。

試験②：二価金属イオン（Ca, Mg および Mn をそれぞれ塩化物として GAM とは別殺菌後に添加）を終濃度で0, 100, 500および1000ppm となるように調整した GAM に12種混合 E 型ボツリヌス菌芽胞を接種し、D_{90℃}値を MPN エンドポイント5本法によって以下式より算出測定した。なお、加熱処理後の検体は冷却後、20~30℃で約60日間培養し、陽性数が1~4本となった加熱処理時間のみで D_{90℃}値を4回以上測定した。

$$D = t / (\log a - \log b)$$

t: 加熱処理時間 (分), a: 初発芽胞数 (CFU/ 5本), b: 5本あたりの陽性数

試験③: スープ2種 (コーンスープおよびマッシュルームスープ) に12種混合E型ボツリヌス菌芽胞を接種し, 試験②と同様に $D_{90^{\circ}\text{C}}$ 値を測定した.

[結果および考察]

試験①: GAM およびスープ2種における当該芽胞の発育阻害に必要なクエン酸 Na 濃度および二価金属含有量を表1に, 発育阻害に必要なクエン酸 Na 濃度と二価金属含有量との関係を図1に示した. Ca (相関係数0.988) および二価金属合計量 (相関係数0.990) とそのクエン酸 Na 濃度との間に強い正の相関が確認された. したがって, 二価金属イオンはE型ボツリヌス菌芽胞の発育において重要な役割を担っており, 特に Ca^{2+} は重要な発育因子であると考えられる. Ca^{2+} については同属のウエルシュ菌の発芽において最重要との報告もある¹⁾.

表1 GAM およびスープ2種におけるE型ボツリヌス菌芽胞の発育阻害に必要なクエン酸 Na 濃度および二価金属含有量

	クエン酸 Na 濃度 (wt%)	二価金属含有量 (ppm)			
		Ca	Mg	Mn	合計量
GAM	2.0	14.5±0.4	20.6±1.2	0.2±0.1	35.3±1.7
コーンスープ	5.5	249.7±15.8	174.3±6.0	1.1±0.1	425.1±15.7
マッシュルームスープ	7.2	453.3±53.0	67.6±4.0	0.3±0.1	521.2±56.8

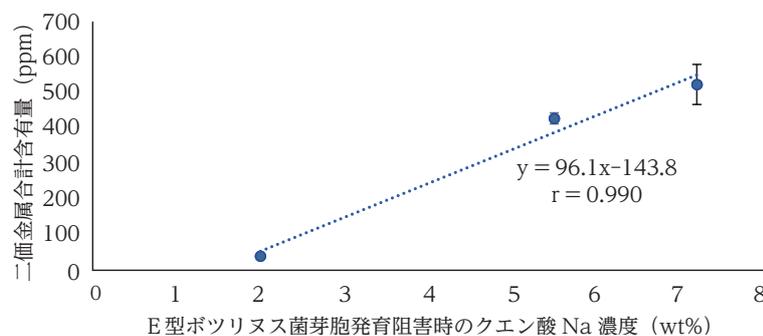
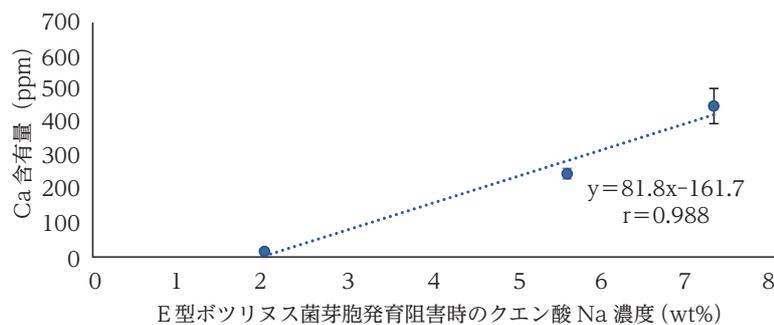


図1 E型ボツリヌス菌芽胞の発育阻害に必要なクエン酸 Na 濃度と二価金属含有量の関係

表2 二価金属イオン濃度を調整した GAM における E 型ボツリヌス菌芽胞の D_{90℃}値

		二価金属イオン濃度 (ppm)			
		0	100	500	1000
D _{90℃} 値 (分)	Ca		4.6±0.1 (n=7)	7.1±0.3 (n=10)	7.0±0.2 (n=6)
	Mg	2.4±0.2 (n=8)	2.6±0.3 (n=4)	3.5±0.3 (n=6)	3.4±0.2 (n=5)
	Mn		3.4±0.2 (n=6)	4.1±0.3 (n=4)	4.7±0.1 (n=4)

試験②：二価金属イオン濃度を調整した GAM における当該芽胞の D_{90℃}値を表2に示した。それぞれの二価金属イオン量と D_{90℃}値との関係は対数近似の関係が認められ、特に Ca²⁺ はその他の二価金属イオンと比較して強い耐熱性の増強効果が認められた。

試験③：スープ2種における当該芽胞の D_{90℃}値は、コーンスープが13.8±1.3分 (n=4)、マッシュルームスープが8.9±0.7分 (n=7) となった。試験②より GAM の場合が2.4±0.2分であることを踏まえると食品中での当該芽胞の耐熱性はかなり強い結果であり、二価金属の含有量およびその含有比率などがこのような強い耐熱性値を導き出しているのではないかと考える。

[参考文献]

- 1) Roua Almatrafi, Saeed Banawas and Mahfuzur R. Sarker, Divalent Cation Signaling in *Clostridium perfringens* Spore Germination. *Microorganisms*, 11, 591, (2023).

8. ロングライフチルド食品の変敗原因菌 *Paenibacillus* 属細菌芽胞の耐熱性特性について

天狗缶詰(株)

○早川浩樹

南九州大学大学院 園芸学・食品科学研究科

黒木思音・長田 隆

南九州大学 健康栄養学部 食品開発科学科

小野井菜々

〔目的〕

10℃以下で流通・販売されるチルド食品は具体的な加熱殺菌条件は定められていないが、英国食品基準庁のガイドラインでは、90℃ 10分以上の加熱条件を必要としており常温流通食品の120℃ 4分より軽減されている。また近年、チルド食品のロングライフ化が進んでおり、そのため、低温性細菌の増殖による変敗事故が課題となっている。その主な変敗原因菌として *Paenibacillus* 属細菌が知られており、この細菌は10℃以下でも生育可能で、芽胞を形成することで製造時の加熱殺菌処理のみでは殺滅できない耐熱性を有する。*Paenibacillus* 属細菌の耐熱性に関する知見は少なく変敗を防止する上で、この細菌の耐熱性の特性を調査する必要がある。

本研究では、様々なチルド食品（試作品）や原材料、製造環境から分離された *Paenibacillus* 属細菌25株の耐熱性分布を調べたので報告する。

〔供試菌株〕

各供試菌株を表1に示す。

表1 各供試菌株

菌名	菌株 No.	由来	
<i>Paenibacillus odorifer</i>	3001	JCM21743	理化学研究所
<i>P. odorifer</i>	3002	やわらかうずら卵（試作）	天狗缶詰(株)
<i>P. odorifer</i>	3003	JCM13339	理化学研究所
<i>P. odorifer</i>	3004	やわらかうずら卵（試作）	天狗缶詰(株)
<i>P. macerans</i>	3102	果実原料	南九州大学
<i>P. glucanolyticus</i>	3202	果実原料	南九州大学
<i>P. glucanolyticus</i>	3204	果実原料	南九州大学
<i>P. taichungensis</i>	3301~3307	果実原料	南九州大学
<i>P. polymyxa</i>	3601~3604	野菜加工原料	南九州大学
<i>P. polymyxa</i>	3605	製造環境	カゴメ(株)
<i>P. polymyxa</i>	3606	野菜加工品製品	カゴメ(株)
<i>P. polymyxa</i>	3607~3608	畜肉加工製品	南九州大学
<i>P. kribbensis</i>	3701	野菜加工品製品	カゴメ(株)
<i>P. cookie</i>	3A01	野菜加工品製品	カゴメ(株)
<i>P. cookie</i>	3901	製造環境	カゴメ(株)

* 菌株 No. は、南九州大学 食品微生物制御研究室の管理番号。

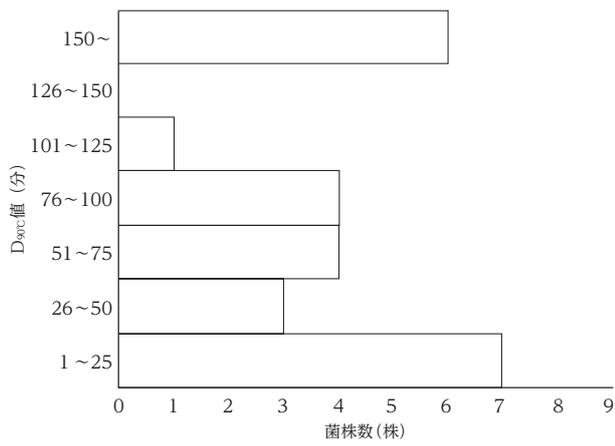


図1 D_{90°C}値別度数分布

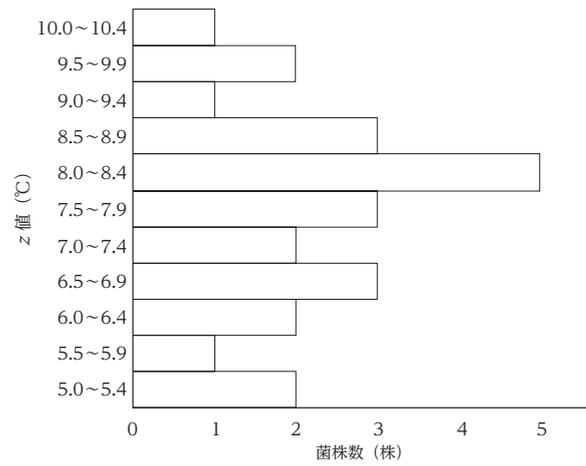


図2 z 値別の度数分布

表2 各菌株の耐熱性

菌株 No.	D _{90°C} 値 (分)	z 値 (°C) (95% 信頼限界)
3001	92.2	9.6 (8.0~12.1)
3002	12.7	10.3 (6.3~27.5)
3003	183.4	6.8 (5.2~10.0)
3004	152.3	8.1 (5.8~13.1)
3102	206.6	9.6 (6.9~15.7)
3202	93.4	5.3 (3.7~9.1)
3204	22.2	8.3 (5.2~20.7)
3301	184.6	5.1 (3.8~7.8)
3302	101.2	7.6 (5.3~13.8)
3303	61.7	9.3 (5.4~33.1)
3304	80.6	8.3 (5.5~16.9)
3305	74.3	6.4 (5.0~8.8)
3306	87.0	6.9 (5.7~8.9)
3307	51.5	8.3 (6.5~11.5)
3601	5.7	8.5 (5.3~20.9)
3602	4.9	8.9 (5.6~20.8)
3603	63.5	5.9 (3.5~19.8)
3604	24.9	7.1 (5.4~10.6)
3605	29.8	7.1 (5.9~8.7)
3606	26.6	7.9 (6.0~11.4)
3607	12.0	8.0 (5.6~13.9)
3608	11.6	6.5 (4.1~15.0)
3701	45.1	7.5 (6.3~9.3)
3901	382.3	8.5 (6.0~14.6)
3A01	435.3	6.4 (4.2~13.4)

〔方法〕

各供試菌株の芽胞液を1/15Mリン酸緩衝液中（pH7.0）に約 10^5 CFU/mLとなるよう接種し、TDTチューブに2mLずつ分注・溶封後、恒温油槽で加熱処理（4温度区分・5時間区分）した。その後冷水で急冷し、滅菌蒸留水で希釈した後、標準寒天培地で混釈し、35°Cで3日間培養を行った。3日目の菌数測定結果から、各温度帯の生残曲線を作成し、菌数が1/10に変化しているときの時間の幅をD値とした。各温度帯でのD値をもとにTDT曲線を作成し、D値が1/10に変化した時の温度の幅をz値とした。また、上記2つの曲線は R^2 値が0.95以上のものを採用した。

〔結果・考察〕

供試した25株の $D_{90°C}$ 値は最小4.9分、最大435.3分、中央値63.5分であった。一方z値は最小5.1°C、最大10.3°C、中央値7.6°Cであった。*Paenibacillus*属細菌の耐熱性について小林ら¹⁾の先行研究では、 $D_{90°C}$ 値が15分以下であるものが67.6%占めていたのに対し、本研究では20%と少なく、今回の結果は小林らの結果と比べて、耐熱性が強い株が分布していた結果であった。

〔参考文献〕

- 1) TETSUYA KOBAYASHI, et al., Spore Heat Resistance and Growth Ability at Refrigeration Temperatures of *Bacillus* spp. and *Paenibacillus* spp., *Biocontrol Science*, 26, 147-155 (2021).

9. 芽胞の耐熱性測定における試験室間検証試験

—*Bacillus cereus* 芽胞の耐熱性測定—

ILSI Japan 食品安全研究会 食品微生物研究部会チルド食品勉強会

耐熱性試験法検証ワーキンググループ

○高橋尚美・楠本隆己・畔柳ひとみ・齋藤大輝・佐藤美紀・田頭伸洋・田中悠磨・中井朋恵・
藤池春奈・三浦恭子

〔目的〕

数カ月に及ぶ賞味期間を持つロングライフチルド食品が普及し、消費者の利便性向上や食品ロス低減に寄与している。ロングライフチルド食品の微生物学的安全性や保存性を確保するためには、低温で増殖する微生物の制御が必要不可欠である。特に低温増殖性を有する芽胞形成菌に対しては、芽胞の耐熱性データに基づき適切な殺菌条件を設定することが重要である。しかし、文献情報による芽胞の耐熱性データは測定条件が様々で文献によって値が異なるなど、データの採用に苦慮する場合がある。また、実際に耐熱性データを取得する際も、参照すべき耐熱性測定法の情報が限られ、手法や条件の選択に課題を感じることが多い。そこで我々は、芽胞の耐熱性測定における現状と課題を考察するため、ロングライフチルド食品において制御すべき代表的な芽胞形成菌 *Bacillus cereus* 芽胞の耐熱性測定について、複数試験室による検証試験を実施した。なお本検証試験は、特定非営利活動法人 国際生命科学研究機構 (ILSI Japan) 食品安全研究会 食品微生物研究部会 チルド食品勉強会内の取り組みとして実施した。

〔方法〕

検証には計11社が参画した。検証菌株として、各社にて製品評価技術基盤機構バイオテクノロジーセンターより *Bacillus cereus* NBRC 15305^T を入手した。第1回検証試験として、各社で通常実施している芽胞調製法および耐熱性測定法により、耐熱性データを取得した。また、第2回検証試験として、芽胞調製法および耐熱性測定条件を揃えた場合の耐熱性データも取得した。さらに、第3回検証試験として、一試験室で調製した芽胞液を各機関に配布し、耐熱性測定条件を揃えて耐熱性データを取得した。いずれの検証においても、90~100℃におけるD値を取得した上でz値を算出し、各検証試験における耐熱性データを比較検証した。

〔結果および考察〕

第1回検証試験には8社が参加した。各社で芽胞調製条件や保存条件に違いが認められた。D値算出時の加熱方法は、6社がTDTチューブ法、1社がTDTタンク法、1社がマイクロチューブ加熱法であった。第2回および第3回検証試験には計11社が参加した。うち10社がTDTチューブ法、1社がTDTタンク法を採用した。各検証試験における耐熱性データを比較したところ、第1回、第2回、第3回と試験条件を揃えるに従い、D値およびz値のばらつきが減少する傾向が認められた。なお一部の芽胞液について芽胞

数測定および菌体染色を実施したところ、同一方法で調製した芽胞液であっても、栄養細胞の残存率や染色像に差が認められた。

一連の検証試験により、試験条件を揃えることで耐熱性測定データのばらつきを低減できる可能性が示唆された。耐熱性試験法ガイドラインの整備などが期待される。ただし、試験条件を揃えた場合でも、試験室間で芽胞の状態を揃えることの難しさも明らかとなった。例えば、耐熱性情報を有する標準芽胞液が入手可能となれば、耐熱性測定における精度管理に有用と考える。

11. 加熱均一性を改善した新規マイクロ波加熱殺菌システムの開発

東洋製罐グループホールディングス(株)

○丸山友樹・山崎隆明・山田真司

〔背景および目的〕

ボイル殺菌等の外部加熱は、食品内部の昇温が熱伝導に依存するため、昇温が緩慢であり品質劣化を生じ易い。これに対し、内部加熱であるマイクロ波加熱は、食品の自己発熱によって原理的には短時間昇温可能であるが、容器詰食品を対象とした場合、実用上、食品全体を均一昇温することが難しく、同様に品質劣化を生じる。従来のマイクロ波加熱殺菌装置では、導波管から照射したマイクロ波が金属筐体壁面を反射しながら電波が伝搬するため、定在波等の影響で不均一な電界分布となり、加熱の不均一さに繋がっている可能性がある。そこで、マイクロ波の照射を工夫することで、加熱均一性を改善したマイクロ波加熱装置を検討した。

〔装置概要〕

電界均一性向上のため、壁面反射に頼らず電波を照射する方法として、指向性アンテナであるループアンテナの応用を検討した。図1に開発した新規マイクロ波加熱装置の構成を示す。遮蔽用金属筐体内にループアンテナを2個対向配置し、ループを貫通してコンベヤを通すことで、アンテナの指向性照射軸方向に食品を搬送しながら連続加熱する構成とした。マイクロ波周波数は、高出力なマグネトロン式発振器が利用可能な915MHzを選定した（試験機では半導体式発振器を使用）。ループアンテナ開口部に食品を通過させるため、2波長ループアンテナを用いることで開口面積を確保した。

〔シミュレーション検証〕

電磁界解析を用いて電界分布を可視化した結果、食品の搬送方向に電界の節がなく均一性の高い電界分布となっていることが確認できた。電磁界-熱連成解析を用いて搬送加熱を再現した結果、食品全体が加熱さ

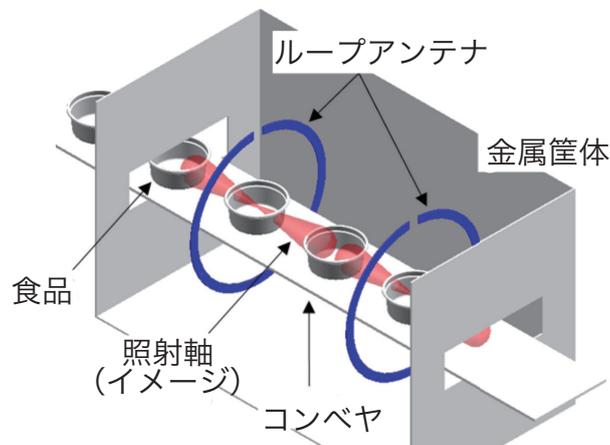


図1 新規マイクロ波加熱装置の構成

れ、従来のマイクロ波加熱に比べ均一性が向上することが示唆された。搬送位置ごとに食品の発熱部位を確認すると、搬送に伴い発熱部位が変化していることがわかった。

〔実験検証〕

加熱サンプルとしてトレー詰チルド食品（ポテトサラダ140g）を搬送加熱し、加熱後にサーモグラフィーで表面温度を測定した結果、従来のマイクロ波加熱に比べ均一性の高い温度分布であることが確認できた。

当社が開発した指向性アンテナを用いた新規マイクロ波加熱装置は、容器詰食品を均一急速加熱可能であり、高品質殺菌に有効であると考える。

12. 加熱殺菌処理における容器詰食品の最冷点特定に関する研究

東洋製罐グループホールディングス(株)

○山崎隆明・丸山友樹・山田真司

[背景および目的]

マイクロ波加熱は固形食品の電気物性や形状により、発熱分布が異なる。そのため、食品ごとに最冷点の位置を特定する必要があるが、接触式温度計やサーモグラフィーなどの温度測定法は食品内部の発熱分布を把握することは困難であった。

本研究ではメイラード反応に着目し、目視で最冷点を特定可能な新規インジケータを開発した。対象とする実食品に合わせた電気物性、高温下での溶融防止、加熱に応じて即座に色調変化可能な材料組成を検討した。また、同インジケータで得られた結果をもとに、容器詰食品の微生物検査用サンプリング箇所を決定し、食品中に存在する生菌数と乳酸菌数を評価した。

[方法]

1) 組成の検証

1%メチルセルロース添加基本組成インジケータ（塩化ナトリウム、キシロース、グリシン、ジェランガム、酸化アルミニウム、油脂）とメチルセルロース無添加基本組成インジケータを調製した。マイクロ波により300W、1分加熱し、突沸の有無を評価した。次に、グリシンとキシロース濃度をそれぞれ6、10、15、20%に調製した1%メチルセルロース含有基本組成改良インジケータ（塩化ナトリウム、ジェランガム、酸化アルミニウム、油脂）を同様の条件で加熱し、目視によるインジケータ表面の色調評価と表面温度測定を試みた。

2) 最冷点特定の検証

1%メチルセルロース/15%グリシン/15%キシロース含有基本組成改良インジケータを、マイクロ波により300W、4、6、9、11分加熱し、色調の変化が最も遅い箇所を目視で確認し、同箇所を最冷点とした。

3) 実用性検証

容器詰チルド食品をサンプルとし、マイクロ波により最冷点が60℃以上に達する条件である170W、5分加熱し、加熱済容器詰チルド食品を冷却後に、10℃で7、14日間保存した。

生菌数と乳酸菌数は既定方法に準じて、算出した。

[結果および考察]

1) 組成の検証

1%メチルセルロース/15%グリシン/15%キシロース含有基本組成改良インジケータでは加熱後に、インジケータ表面上での突沸が確認されず、目視による色調変化を確認した。

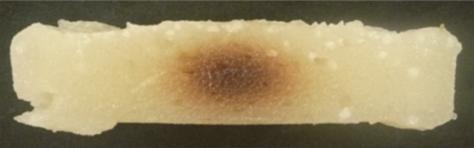
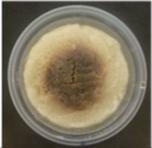
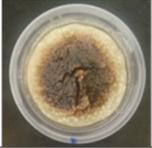
加熱時間 単位：分	表面	断面
4		
6		
9		
11		

図1 加熱時間ごとのインジケータ表面および断面の色調変化

2) 最冷点特定の検証

最冷点特定では11分加熱後に図1右上部の色調変化が薄いことから、同箇所を最冷点であると判断した。

3) 実用性検証

加熱済容器詰チルド食品の生菌数および乳酸菌数は培養14日目で、 10^2 CFU/g以下であることを確認した。一方、未加熱容器詰チルド食品の生菌数は0日目が 10^2 CFU/gであり、14日目が 10^7 CFU/gに達した。乳酸菌数は0日目が 10^2 CFU/g以下であり、14日目が 10^7 CFU/gに達した。

メイラード反応を利用した本インジケータは食品の加熱殺菌処理において、対象食品の加熱温度・時間を対象とした評価が可能なが示唆された。

本インジケータは明瞭な色調変化を示すことから、肉眼での判断判別が容易であり、作業者の技能に依存することなく評価が可能となる。

最冷点箇所の把握が危害菌の的確な殺菌条件を設定することにより、安全・安心かつ高品質な食品の提供に繋がることを期待される。

13. ATS 法による管理基準を逸脱した殺菌条件下での品温履歴の推定【第二報】

(公社)日本缶詰びん詰レトルト食品協会 研究所

○川崎幸正・五味雄一郎

[背景および目的]

容器詰食品の加熱殺菌工程において、何らかの原因で管理基準を逸脱した場合、事前に決められた改善措置に従って出荷、再殺菌、廃棄の措置が取られる。管理基準を逸脱した殺菌条件下での製品温度履歴を正確に推定し、逸脱が生じた直後にこれをリカバリーする修正殺菌条件を設定できれば、再殺菌や廃棄処分を防ぐことができる。昨年の第一報において、ATS 法により逸脱した殺菌温度条件における温度履歴を高精度に推測できることを確認しており、本研究では ATS 法による逸脱をリカバリーするための修正殺菌条件の設計方法について検討した。

[実験方法]

0.5% カルボキシメチルセルロース (CMC) 溶液を 5 号缶に充填 (総 HS : 5 mm) したものを対流型のモデル試料として、殺菌温度 85℃・殺菌時間 60 分の条件 (以下、通常の殺菌条件) で加熱殺菌を行い、冷点の温度履歴から一般法で殺菌値 F_p (基準温度 $T_r = 85^\circ\text{C}$, z 値 = 5℃) を算定し、ATS 解析ソフト (東洋食品研究所, ATS TiFT ver 1.1.0) で熱伝達パラメータ ($\delta \cdot \tau$, 表 1) を算出した。加熱殺菌工程における管理基準の逸脱パターンとして、①「殺菌温度が一時的に管理基準値を下回る」、②「殺菌温度が常に管理基準値を下回り続ける」ことが想定される。そこで、①殺菌開始から 10 分後に殺菌温度が 15 分間かけて 75℃まで下降し、その後 6 分間で 85℃まで再上昇するケース、②殺菌開始から 40 分後に殺菌温度が 5 分間かけて 83℃まで下降し、その後 83℃を維持するケースを逸脱のモデルケース (以下、ケース①、②) として設定し、各逸脱ケースにおける品温履歴を ATS 法でシミュレーションした。

[結果および考察]

ATS 法のシミュレーションにより、ケース①、②では通常の殺菌条件と比較して殺菌値がそれぞれ 17.6 分、9.5 分低くなると算定され (表 2)、ケース①では「殺菌温度 85℃で殺菌時間を 17.6 分延長」、ケース②では「殺菌温度 83℃で殺菌時間を 23.9 分延長」することで、通常の殺菌条件と同等になると試算された。実際に、修正した殺菌条件における温度履歴を実測し、一般法で殺菌値を算出したところ、ケース①、②の殺菌値はそれぞれ 48.3 分、51.6 分、誤差率は -3.97%、+2.38% であり、高い精度で修正殺菌条件を設定

表 1 モデル試料の熱伝達パラメータ

熱伝達パラメータ	加熱側	冷却側
δ (秒)	42	12
τ	6.82×10^{-3}	7.11×10^{-3}

表 2 逸脱ケースにおける殺菌値のシミュレーション結果

殺菌条件	殺菌値 (分)	差異 (分)
通常の殺菌条件	50.4 (実測値)	-
逸脱ケース①	32.8 (予測値)	17.6
逸脱ケース②	40.9 (予測値)	9.5

表3 修正殺菌条件における殺菌値および誤差率

逸脱条件	逸脱ケース①	逸脱ケース②
修正殺菌条件	85℃で17.6分延長	83℃で23.9分延長
目標殺菌値 (分)	50.4	50.4
実測殺菌値 (分)	48.4	51.6
誤差率 (%)	-3.97	+2.38

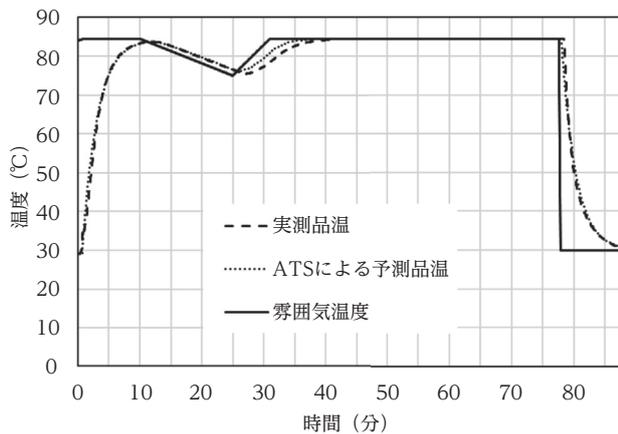


図1 修正殺菌条件（ケース①）における品温履歴

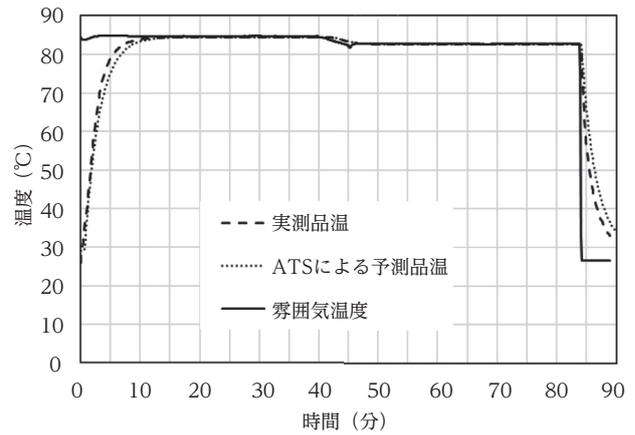


図2 修正殺菌条件（ケース②）における品温履歴

することができた（表3，図1および図2）。対流伝熱型のモデル試料の品温は，雰囲気温度の変化に対して比較的速やかに反応し，いずれの逸脱ケースでも殺菌工程の後期には雰囲気温度と平衡となったため，殺菌値の不足を補うための修正殺菌条件の設定が容易であった．今後は，冷却に移行しても品温が上昇するオーバーシュートを伴う伝導伝熱型を試料として，ATS法による逸脱条件の品温予測および修正殺菌条件の設定方法について検討する．

14. 容器詰食品の品温履歴数理モデルの精度向上に関する一考察

—カムアップ期、カムダウン期の補正係数の見直し—

(公社)日本缶詰びん詰レトルト食品協会 研究所

○五味雄一郎・川崎幸正

[緒言]

缶詰、びん詰、レトルト食品等の容器詰食品の加熱殺菌の程度は、当該冷点部の温度履歴から算出される殺菌値で評価される。殺菌値の算定には実測の品温データを使うのが最善であるが、実測データの収集には労力とコストを伴う。このため当該容器詰食品の温度履歴を机上計算で推定できる数理モデルが開発されてきた。既往の数理モデルの多くは、計算の実行上、熱伝達パラメータ f , j を必要とする。このうち f は比較的容易に求められるが、 j の推定は難しい。Ball の数式法では加熱期の j をカムアップタイムの0.58倍の時刻と加熱曲線の交点から求める。この0.58は一般に「補正0点」あるいは「補正係数」と呼ばれているが、経験則に基づいており理論的根拠に乏しい。さらに冷却期の補正係数は考慮されず、 j は一律1.41の定値とされてきた。また、カムダウンタイムならびに冷却温度の定義も明確にされてこなかった。

近年、寺島は Ball の式に Duhamel の定理を適用した理論的な補正係数を発表した。これによると補正係数は、加熱期・冷却期のレトルト雰囲気温度のパターンならびに熱伝達パラメータ f の影響を受ける。本研究は寺島の補正係数を適用し、既往の数理モデルの精度向上を目指した。また、カムダウンタイムならびに冷却温度の定義についても検討した。

[補正係数]

寺島の補正係数は(式1)(式2)のとおりである^{1,2)}。

加熱期の補正係数 r_h

$$r_h = \frac{f_h}{CUT \ln 10} \ln \left[\frac{T_s - IT}{RT - IT} + \frac{1}{RT - IT} \int_0^{CUT} \frac{dg(\tau)}{d\tau} 10^{\frac{\tau}{j_h}} d\tau \right] \quad (\text{式1})$$

冷却期の補正係数 r_c

$$r_c = \frac{f_c}{CDT \ln 10} \ln \left[\frac{RT - T_g}{CW - T_g} + \frac{1}{CW - T_g} \int_0^{CDT} \frac{dg(\tau)}{d\tau} 10^{\frac{\tau}{j_c}} d\tau \right] \quad (\text{式2})$$

CUT : カムアップタイム, CDT : カムダウンタイム,

f_h : 加熱期の f , f_c : 冷却期の f , T_s : レトルト雰囲気初期温度, IT : 内容初温, RT : 殺菌温度, T_g : 加熱終了時の製品温度, CW : 冷却温度, $dg(\tau)/d\tau$: レトルト雰囲気温度の時間に対する1次微分, τ : 時間

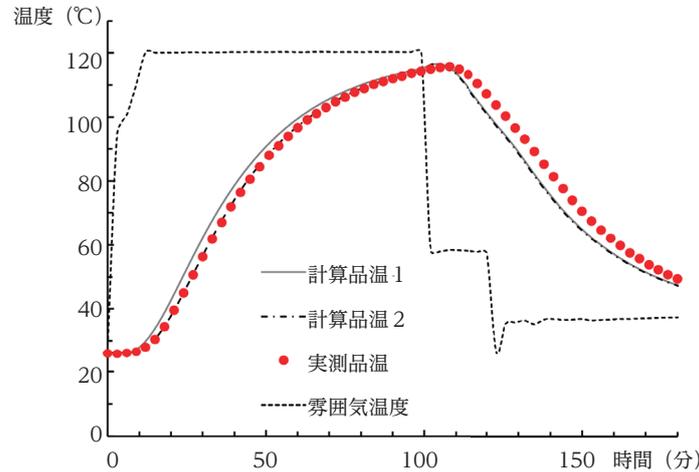
[方法]

こし餡(市販品)を4号缶に525g充填・巻締した缶詰試料を検証用のモデルとした(第70回技術大会で発表したものを再掲)。容器中心に温度センサーを装着し、レトルト殺菌を行った(加熱媒体: 飽和蒸気,

表1 モデル試料の熱伝達パラメータ

工程	f (秒)	寺島の 補正係数	j (従来法*)	j (寺島法)
加熱期	3909.93	0.29	1.66	1.85
冷却期	4220.93	0.63	1.41	1.39

*従来法：加熱期の補正係数は0.58, 冷却期の補正係数はなく j は1.41の定値とする。
CUT：10.3分, CDT：23.5分, 冷却温度：36.5℃.



殺菌温度：120℃, 殺菌時間：90分, CUT：10.3分, CDT：23.5分, 冷却温度：36.5℃
 計算値：APNS 法により生成した品温履歴
 計算品温1：従来法の補正係数 (0.58) で算出した $j_h=1.66$ を使用 (j_c は1.41)
 計算品温2：寺島の補正係数 (0.29) で算出した $j_h=1.85$ を使用 (j_c は1.39)

図1 品温履歴 (実測値と計算値) の比較

殺菌温度：120℃, 殺菌時間：90分, カムアップ：10.3分, 内容初温：25.9℃)。当該試料の加熱期・冷却期の f , j を寺島の補正式を組み込んだ自動プログラムで算出した。数理モデルには APNS 法³⁾ を用いた。また冷却期について、本研究では加熱終了からレトルト雰囲気温度が最低値を記録するまでの時間をカムダウンタイムとし、それ以後の冷却工程終了時までの雰囲気温度の時間平均を冷却温度と定義した。

【結果】

1) 熱伝達パラメータ f , j

当該こし餡缶詰の熱伝達パラメータ f , j の算定結果を表1に示す。加熱期の補正係数は寺島の方法では0.29と、従来法の0.58とは異なっていた。冷却期の補正係数はこれまで例がないが、寺島の方法で0.63となった。以上、加熱期・冷却期とも補正係数に基づく j を算定することができた。

2) 品温履歴に基づく殺菌値 (F_0 値)

寺島の方法により求めた熱伝達パラメータ f , j を用い、当該こし餡缶詰の品温履歴のシミュレーションを行った (図1)。加熱期を見ると、従来法の補正係数の条件 (計算品温1) では実測よりも高い温度で推移したが、寺島の補正係数の条件 (計算品温2) では実測とほぼ一致していた。一方、冷却期は両条件とも温度降下が実測値よりも速い傾向を示した。

表2 殺菌値 (F_0 値¹⁾) の比較

条件	実測品温	計算品温 1 ²⁾	計算品温 2 ³⁾
加熱期まで	3.08分	4.01分 (+30.2%) ⁴⁾	3.25分 (+5.5%)
最終 (加熱期 + 冷却期)	7.22分	7.66分 (+6.1%)	6.86分 (-5.0%)

1) 基準温度 T_r : 121.1°C, z 値: 10°C.

2) 計算品温 1: 従来法の補正係数 (0.58) で算出した $j_h = 1.66$ を使用 (j_c は 1.41).

3) 計算品温 2: 寺島の補正係数 (0.29) で算出した $j_h = 1.85$ を使用 (j_c は 1.39).

4) カッコ内は計算値の実測値に対する誤差 (%).

表2は実測品温ならびに計算品温に基づいて算出した殺菌値 (F_0 値) の結果である。加熱期までは実測 F_0 値が3.08分、計算品温1で4.01分、計算品温2で3.25分であった。冷却期を含めた最終 F_0 値は、実測値が7.22分、計算品温1で7.66分、計算品温2で6.86分であった。従来法の条件では殺菌値を実測値よりも高く推定し、実測値に対する誤差も大きい傾向となったが、寺島法では誤差が改善され、最終殺菌値にあつては実測値よりも低めの値となった。

[結論]

以上、寺島の補正係数は、 f , j をパラメータとする既往の品温履歴数理モデルの精度向上に有用と考えられた。今後は様々な種類の容器詰食品を用いて検証を行っていく予定である。

[参考文献]

- 1) 缶詰時報, Vol.97, No. 9, p.19-28 (2018).
- 2) 缶詰時報, Vol.102, No. 7, p.37-46 (2023).
- 3) J. Food Eng., 24 (2), 249-268, (1995).

亀田 卓彦

国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産資源研究所
水産資源研究センター 海洋環境部

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第6次評価報告書によると「人間の影響が大気、海洋、及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない」とされている。気象庁によると全球平均の海面水温の長期変化傾向は $+0.61^{\circ}\text{C}/100$ 年の上昇トレンドを示しており、日本周辺海域では $+1.28^{\circ}\text{C}/100$ 年とさらに上昇率が大きくなっている。水産庁で開催された「不漁問題に関する検討会」において、海洋環境の変化がサンマ、スルメイカ、サケの不漁問題に及ぼす影響について検討された（水産庁、2021）。

本講演では、近年の日本周辺の海洋環境の変化について紹介し、さらに水産資源に及ぼす影響について、水産研究・教育機構が公表してきた成果を基に紹介する。

1. 日本周辺の海洋環境変化

10～20周年周期で生じるレジームシフトは、太平洋10年規模振動指数（PDO）など気候指数の変化を基にとらえられてきた。ただし、2000年頃から、過去に見られた気候指数と気候変動の関連性が変化し、日本近海でも水温分布とPDO指数の対応関係が過去とは異なってきていると報告されている（Kuroda et al., 2020）。

厳冬や異常冷水、海洋熱波などのイベントの発生の報告も多くなってきている。2010年頃から日本周辺でも海洋熱波の発生が報告されるようになり、2021年には北西太平洋においてそれまでの最大規模の海洋熱波が発生し（Kuroda and Setou, 2021）、その直後に北海道で観測された大規模な赤潮との関連性が指摘されている（Kuroda et al., 2020）。

2. 海洋環境の変動が水産資源に及ぼす影響

20世紀半ば以降、海洋生物の分布が極方向に移動していることが報告されている（例えば Kakehi et al., 2021）。水産研究・教育機構では環境省環境総合研究推進費 S18「気候変動影響予測・適応評価の総合的研究」において、水産重要種の漁期・漁場の変化を予測し、各地域における漁業の影響評価を行ってきている。海水温上昇に関する将来シナリオのもとで予測される東北地方太平洋沖における主要底魚類の分布を調べた。その結果、ヒラメでは重心緯度の北上、対象海域における漁場面積指標値の拡大、マダラでは重心緯度の北上、対象海域における漁場面積指標値の縮小が予測されている。

「缶詰時報」研究報文投稿規定

1. 研究報文の内容は、缶詰、びん詰、レトルト食品に関連する分野に限ります。
2. 研究報文は、電子ファイルでの提出を原則とします。投稿は、原稿受付専用の電子メールアドレス宛（kanzumejiho@jca-can.or.jp）にご送付下さい。Word もしくは Excel で文書作成を行っている方はそのまま提出して下さい。それ以外を利用している方は事前にご相談下さい。文書と図表等はそれぞれ別のファイルにして提出して下さい。図は提出されたものをそのまま使用しますので、解像度の高いものをご用意下さい。図表の挿入位置は原稿に指示して下さい。
3. 原稿の採否および掲載欄の決定は編集会議にご一任下さい。編集会議は原稿中の字句について加除修正を行い、あるいは著者にこれをお願いすることがあります。審査終了をもって受理日とします。
4. 報文および試験報告は原著とし、他誌に未発表のものに限ります。ただし、他誌に発表または発表予定のものについては、その要旨を3,200字以内にまとめたものについて、研究要録として収載します。
5. 投稿原稿には、その報文の英文の要旨をそえて下さい。要旨には、表題、著者名、所属機関名とその住所、内容の順に記述し、別のファイルにして提出して下さい。内容はなるべく200語以内として下さい。
6. 図、表、写真の表題および図表中の説明語句は邦文に英文を併記して下さい。
7. 原稿は和文横書きとし、文体は「である調」で、平易に表現して下さい。
8. 文章は1, 2, 3, ……1), 2), 3), …… (1), (2), (3), ……の記号を用いて大見出し、中見出し、小見出しなどを明瞭に区分して下さい。
9. 数字はアラビア数字（算用数字）、単位符号はSI単位（国際単位系）を原則として用いて下さい。単位の略字などは次の例によります。m（メートル）、kg（キログラム）、s（秒）、A（アンペア）、K（ケルビン）、mol（モル濃度）、N（ニュートン）、Pa（パスカル）、J（ジュール）、V（ボルト）、℃（摂氏度）。ただし、組立単位を使用するときを除き、日付、時間は、略号を用いしないで下さい。
10. 参照文献については、雑誌の場合は、著者名、論文名、雑誌名、巻数、号数、頁数、年号の順に、書籍の場合は著者名、書名、版数、発行所、頁数、発行年の順にお書き下さい。なお、年号は西暦を用い、巻数と号数はゴシック体にして下さい。
11. 雑誌名は略号があれば、これを使用して下さい。
12. 文中の引用文献は本文中その項目の右肩に¹⁾, ²⁾のように片カッコ付きの通し番号をつけ、本文の最後にまとめてお書き下さい。記入方法は10によります。
13. 校正は著者の希望により、初校に限りお送りします。
14. 原稿の送付には次の事項を記入した送り状をつけて下さい。
(1) 発送年月日 (2) 著者名 (3) 所属機関名とその住所 (4) 連絡先 (5) 表題 (6) 原稿枚数、図表および写真の数 (7) 無料贈呈分以外の別刷希望部数（表紙付き有無併記のこと）(8) 著者校正希望の有無
15. 表紙をつけず別刷50部を投稿者に無料進呈します。なお、この50部以上の希望数に対しては実費を申し受けます。
16. 本誌に掲載された論文等についての著作権は公益社団法人日本缶詰びん詰レトルト食品協会に帰属します。
17. 問い合わせ先
〒101-0042 東京都千代田区神田東松下町10-2 翔和神田ビル3階
公益社団法人 日本缶詰びん詰レトルト食品協会
TEL：03-5256-4801
FAX：03-5256-4805
E-mail：kanzumejiho@jca-can.or.jp