

【論文】

容器内初期酸素量が容器詰食品の品質に及ぼす影響 ーニンジン水煮、ツナ水煮およびスイートコーン水煮についてー

後藤 隆子^{1*}, 八木 謙一^{1,2}

酸素制御による容器詰食品の品質保持を効果的に実施するため、ニンジン水煮、ツナ水煮およびスイートコーン水煮の品質と酸素の関係について研究を行った。容器内初期酸素濃度を0, 2, 5, 10および21%に調整し、殺菌後30℃で保存した。調査は容器内酸素量と品質（外観、色調、官能評価）について行った。容器内酸素量の減少はツナ水煮>ニンジン水煮>スイートコーン水煮の順に速く、初期酸素濃度が高いほど消費酸素量が多い傾向を示した。酸素による最も顕著な品質劣化はニンジン水煮で退色、ツナ水煮は褐変であった。しかし、初期酸素濃度5%以下であれば6か月保存でも品質が保たれていた。スイートコーン水煮は6か月保存でも初期酸素濃度21%でやや褐変した程度で、品質は保たれていた。食品の消費酸素量と品質劣化について相関関係を比較したところ、スイートコーン水煮でやや相関が低かったが、その他は高い相関がみられた。

キーワード：ニンジン水煮、ツナ水煮、スイートコーン水煮、酸素感受性、品質劣化

緒言

容器詰食品は製造中および保存中に、酸素によって食品成分が酸化することで、外観、におい、味などが変化し、品質が低下する^{1), 2), 3)}。そのため、ほとんどの容器詰食品は脱気やガス置換、脱酸素剤の利用などにより、容器内の酸素量を低減している。容器詰食品を酸素による劣化から効果的に防止する為には、それぞれの劣化現象と酸素の関係を明らかにし、食品に適した酸素制御を行う必要がある。しかし、酸素制御による食品の品質保持に関する研究は、容器のガスバリア性等の性能比較^{4), 5), 6)}や脱酸素剤の効果⁷⁾などが多い。容器内の初期酸素濃度と食品の品質劣化について調べた報告はユズ果汁⁸⁾、温州ミカン果汁⁹⁾、パインアップルシラップ漬¹⁰⁾など幾つかあるが、容器内酸素量の変化など詳細な検討はされていない。また、酸素による劣化のしやすさ、いわゆる酸素感受性は食品によって大きく異なる事は知られているが、評価指標がないため、相対的に判断する事が難しい。容器詰食品の酸素制御をより効果的に行うためにも、各食品の酸素感受性や劣化現象を研究し、基礎データを構築する必要がある。

前報で、我々は初期酸素濃度が異なる条件でイチゴジャムを保存し、酸素は変色によってイチゴジャムの品質を低下させ、消費酸素量と色の評価に高い相関があることを明らかにした¹¹⁾。本報では、ニンジン水煮、ツナ水煮およびスイートコーン水煮について同様の試験を行い、品質劣化

と酸素について幾つかの知見が得られたので報告する。

材料および方法

1. 容器詰食品の製造

ニンジンは西洋ニンジン（兵庫県産）を小売店で購入した。ニンジンを剥皮し、両端を切断後、成形機を用いて10 mm角に成型した。沸騰水中に6分間保持してブランチングを行った後、室温まで水冷した。注液は沸騰させたイオン交換水に食塩を溶解させた後、室温まで冷却した。水切りしたニンジン35 gと注液（1.0%食塩水）55 gを容器に充填した。

ツナは冷凍キハダラウンドロイン（水揚げ国フィリピン）を株式会社ホテイフーズコーポレーションより購入した。冷凍原料を5℃で解凍し、変色部分をクリーニング後、フレック状に調整した。フレック45 gと注液（1.5%食塩水）30 gを容器に充填した（注液の調整法はニンジン水煮に準ずる）。

スイートコーンは冷凍スイートコーン（原産地アメリカ、輸入者ハインツ日本株式会社）を購入し、試験に用いた。冷凍スイートコーンを約90℃の湯の中で3分間加熱後、常温まで水冷した。容器にスイートコーン45 gと注液（1.25%食塩水）30 gを充填した（注液の調整法はニンジン水煮に準ずる）。

*連絡先, E-mail: takako_gotou@toshoku.ac.jp

1 東洋食品工業短期大学

2 東洋製罐株式会社

容器のヘッドスペース酸素濃度が0, 2, 5, 10および21%になるようにガス混合器を用いて窒素ガスと空気の流量を調整し, ガス置換機能付半自動カップシール機(シンワ機械株式会社製NS-2S型)でガス置換後(フロー時間5秒), 密封した(シール条件: 190℃, 1.3秒, 0.4 MPa). 殺菌はレトルト殺菌機(東洋製罐株式会社製H130-C100S, SHW, WR-A型)を用い, 熱水シャワー等圧方式で行った. 殺菌条件は, ニンジン水煮で120℃, 10.7分(F_0 値は10.2分), ツナ水煮で115℃, 54.3分(F_0 値は10.7分), スイートコーン水煮で120℃, 10.9分(F_0 値は10.6分)であった.

容器は前報¹¹⁾と同様, 東洋製罐株式会社製ハイレトフレックスの角型(内容量100 mL, 外寸85 mm, 高さ25 mm, 層構成: PP/スチール箔/PP)と, 蓋材(層構成: 外面側12 μ m PET/7 μ m アルミニウム箔/15 μ m PA/50 μ m PP内面側)を使用した.

保存は30℃暗所で行い, 0, 1, 2, 3および6か月に容器内酸素量, 外観, 色調および官能評価について調査を行った.

2. 酸素量の測定

飽和食塩水中で開封後, 容器内ガスを目盛り付きガラス製集気瓶内に採取し, ガス容量を読み取った. その後, 集気瓶上部先端のシリコン製セプタムに酸素濃度計(MOCON Europe株式会社製CheckMate3)の針を直接刺し, 酸素濃度を測定した($n=3$).

3. 色調

色調は, 丸セル(31 ϕ × 15 mm)に入れたサンプルを分光色差計SE-6000型(日本電色工業株式会社製)で測定し, 測色値はL*値, a*値, b*値で表した($n=10\sim15$). ニンジン水煮およびスイートコーン水煮は乳鉢で摩砕したものをサンプルとした.

4. 官能評価

東洋食品工業短期大学の学生および教職員15名をパネルとし, 色, におい, 味の3項目について評価を行った. 評価は評点法で行い, 酸素濃度0%・5℃保存したものを基準品とし, 基準品との差を-5~+5までの11段階(良い: +1~+5, 悪い: -1~-5)のスケールで点数化した. 各項目の評価点-3を商品性限界値とした.

5. 統計処理

消費酸素量および官能評価の有意差検定は, 統計ソフトエクセル統計ver. 4.04(株式会社社会情報サービス)を用いて一元配置の分散分析を行い, Turkey法による多重比較を行った. また, 有意差($p<0.01$)がある場合には, 表中に異なるアルファベット(a, b, c)をつけて表示した.

結果および考察

1. ニンジン水煮

(1) 容器内酸素量の変化

容器内酸素量の変化を図1に示した. 酸素量は加熱殺菌によって急激に減少し, 初期酸素濃度が高いほど顕著であ

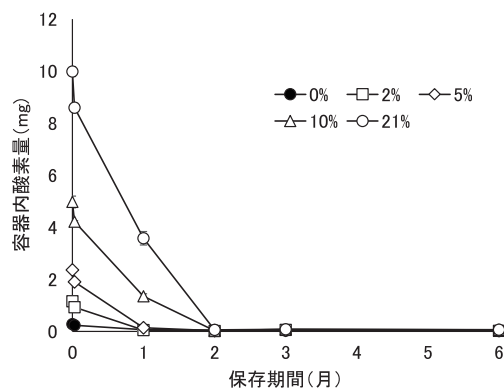


図1 容器内初期酸素濃度が異なるニンジン水煮の保存に伴う容器内酸素量の変化(エラーバーは標準偏差を示す)

った. その後, 初期酸素濃度2と5%は1か月保存, 初期酸素濃度10と21%は2か月保存で容器内酸素がほぼなくなった.

初期酸素量から保存後の酸素量を引き, 充填したニンジン100 g当たりで示したものを消費酸素量とし, 表1に示した. 製造直後(0か月)の数値は殺菌によって消費された酸素量である. 消費酸素量は初期酸素濃度21%が最も多く, 他に比べて有意に差があった. 初期酸素濃度2と5%は1か月保存で容器内酸素がすべて消費されたため, それ以後の消費酸素量はほぼ一定であったが, 初期酸素濃度10と21%は2か月保存まで消費酸素量は増加した.

表1 ニンジン100 g当たりの消費酸素量 (mg) の変化

初期酸素濃度	保存期間 (月)				
	0	1	2	3	6
0%	0.14 ± 0.00a*	0.61 ± 0.01a	0.66 ± 0.04a	0.72 ± 0.05a	0.76 ± 0.01a
2%	0.65 ± 0.02a	3.17 ± 0.07b	3.27 ± 0.05b	3.15 ± 0.01b	3.24 ± 0.04b
5%	1.30 ± 0.04ab	6.34 ± 0.20c	6.67 ± 0.10c	6.62 ± 0.04c	6.65 ± 0.05c
10%	2.16 ± 0.10b	10.35 ± 0.27d	14.12 ± 0.12d	13.98 ± 0.05d	14.05 ± 0.04d
21%	3.97 ± 0.49c	18.31 ± 0.74e	28.37 ± 0.17e	28.30 ± 0.06e	28.34 ± 0.09e

*: アルファベットが異なる場合は1%の危険率で有意に差があることを示している

(2) 外観変化

製造直後は初期酸素濃度による違いはまったくなく, 全体が橙色を呈していた(図2). しかし, 1か月保存では, 初期酸素濃度21%は著しい退色がみられ, 色がほぼ無くなった. 初期酸素濃度10%も明らかに退色していたが, 初期酸素濃度5%以下は対照とした初期酸素濃度0%・5℃保存のニンジンと外観に差が無く, 良好な品質を維持していた. 初期酸素濃度10%は2か月保存でさらに退色が進んだが, 初期酸素濃度0, 2および5%は退色がほとんど認められず, 6か月保存まで品質が保持されていた.

(3) 色調変化

色調変化を図3に示した. 初期酸素濃度の違いはa*値とb*値に影響を与え, 初期酸素濃度10と21%ではともに数値

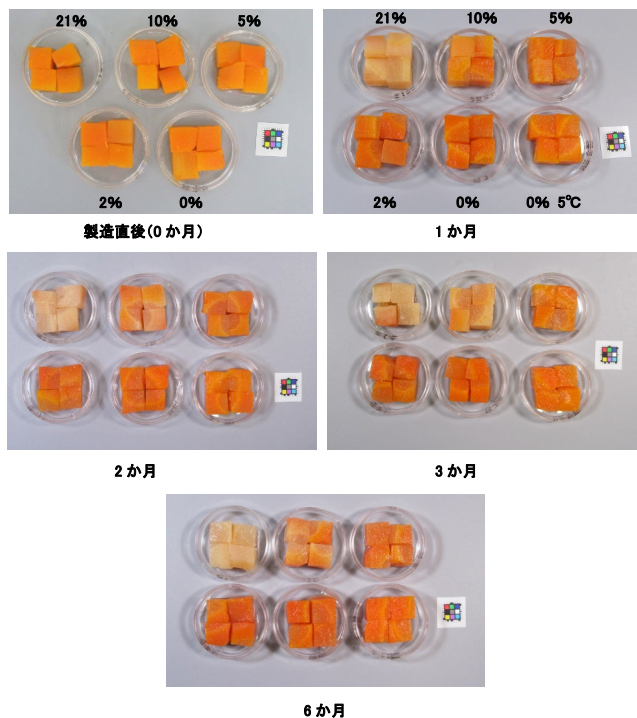


図2 容器内初期酸素濃度が異なるニンジン水煮の保存に伴う外観の変化（エラーバーは標準偏差を示す）

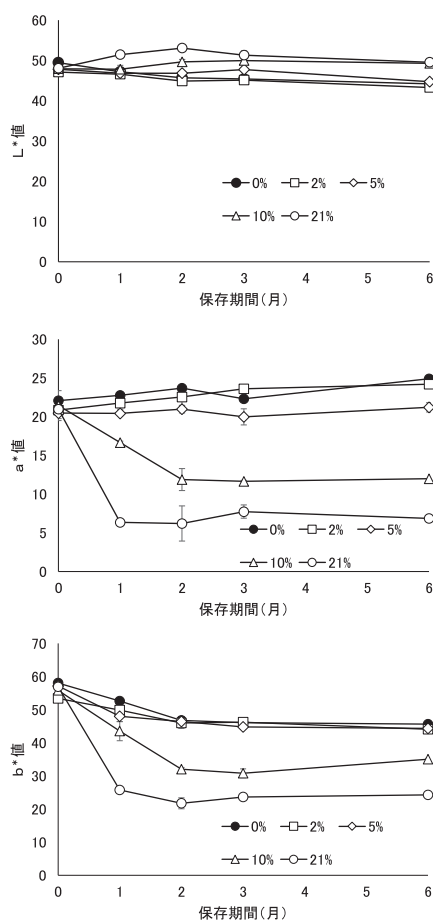


図3 容器内初期酸素濃度が異なるニンジン水煮の保存に伴う色調の変化（エラーバーは標準偏差を示す）

が大きく低下した。これらの変化は1か月保存から退色がみられた外観の変化と相関が高かった。a*値が高いと赤色が、b*値が高いと黄色が濃くなることから、これらの数値の低下は、退色が原因と考えられる。L*値は初期酸素濃度による影響はみられなかった。

(4) 官能評価

官能評価の結果を表2に示した。色の評価では、製造直後は初期酸素濃度による差はなかった。しかし、1か月保存で初期酸素濃度21%に急激な低下がみられ、他と有意差があった。2か月保存では、初期酸素濃度10と21%がさらに低下し、他の初期酸素濃度の値と大きな差がみられた。初期酸素濃度0、2および5%も保存に伴って値はやや低くなる傾向を示したが、品質は保たれていた。またそれぞ

表2 容器内初期酸素濃度が異なるニンジン水煮の保存に伴う官能評価*の変化

項目	初期酸素濃度	保存期間（月）				
		0	1	2	3	6
色	0%	0.10	-0.58a**	-0.07a	0.06a	-1.50a
	2%	-0.20	-0.79ab	-0.43a	-0.88a	-1.53a
	5%	0.20	-0.92ab	-0.29a	-1.00a	-2.20a
	10%	-0.40	-2.17b	-3.07b	-3.35b	-3.20b
	21%	0.30	-4.17c	-4.43b	-4.59b	-4.53c
におい	0%	0.70	0.42a	0a	-0.29a	-0.53a
	2%	0.40	-0.67ab	0.14a	-0.59ab	-1.13ab
	5%	0.10	-0.92ab	0.21a	-0.18a	-1.73ab
	10%	-0.30	-1.33b	-0.64ab	-2.06bc	-2.67bc
	21%	0.20	-1.75b	-2.14b	-2.76c	-3.33c
味	0%	-0.20	0.17a	0.64a	-	-
	2%	-0.50	-0.83ab	0.36ab	-	-
	5%	0.30	-0.83ab	-0.36ab	-	-
	10%	-0.30	-1.08ab	-1.57bc	-	-
	21%	-0.80	-2.58b	-3.00c	-	-

*: 評点法: -5~+5までの11段階（良い: +1~+5, 悪い: -1~-5）の平均値

** : アルファベットが異なる場合は1%の危険率で有意に差があることを示している

れの間に有意差は無かった。

においの低下は色の変化より穏やかであるが、傾向は等しく、保存に伴って評価は低くなり、初期酸素濃度が高い方がより低くなった。初期酸素濃度21%は2か月保存から初期酸素濃度5%以下と有意差がみられており、ニンジンの特徴香に混じって酸敗臭と思われる異臭が感じられた。初期酸素濃度5%以下のにおいの評価は6か月保存でもわずかに悪くなる程度であった。

味も色やにおいと同じく初期酸素濃度21%の低下が顕著で、2か月保存で明らかに悪い評価となった。3か月保存では、初期酸素濃度10%と21%で酸敗臭が強く感じられたため、3および6か月保存における味の評価試験を中止した。

官能評価の経時変化と商品性限界値の関係を図4に示した。色の評価点は、初期酸素濃度21%で1か月保存、初期酸

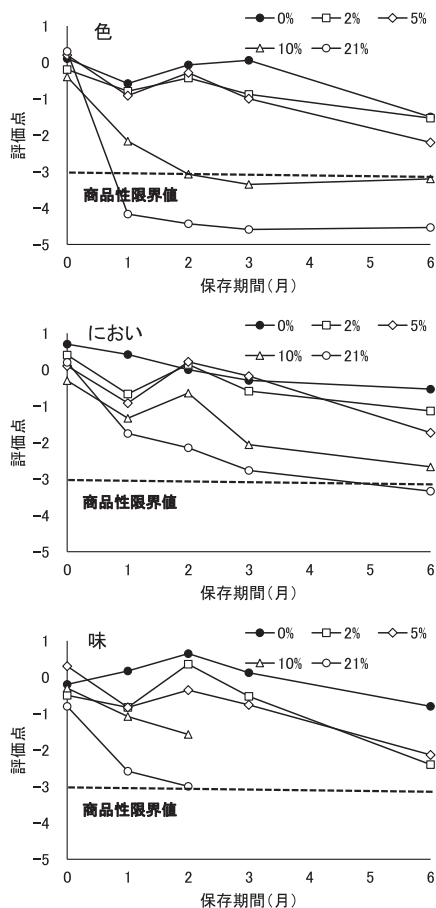


図4 容器内初期酸素濃度が異なるニンジン水煮の官能評価の変化と商品性限界値の関係

素濃度10%で2か月保存すると商品性限界値以下に低下したが、初期酸素濃度5%以下であれば6か月保存でも品質は比較的保たれていた。においと味の評価は色と同様の傾向を示したが、色に比べると緩やかに低下し、商品性限界値以下にはならなかった。

西郷らはミカンシラップ漬をガスバリア性が異なる容器で保存し、容器のバリア性が低いと退色および異臭によって品質が劣化したと報告しており¹²⁾、本報が初期酸素濃度10や21%で得られた結果と類似している。ミカンの色素はニンジンと同じカロテノイドである。カロテノイドは熱には比較的強く、殺菌時の高温にも耐えるが、不飽和結合が多いため、酸素が存在すると酸化によって退色する¹³⁾。また、においに関しては、原が茶葉に含まれるカロテノイド類の酸化生成物の中に変質臭に関係する物があると推定し、その防止にはガス置換包装の効果が大きいと述べている¹⁴⁾。ニンジン水煮にみられた退色と異臭もニンジンに含まれるカロテノイドが酸素によって分解されることが原因の一つであると思われる。

2. ツナ水煮

(1) 容器内酸素量の変化

ツナ水煮の容器内酸素量の変化を図5に示した。ツナ水

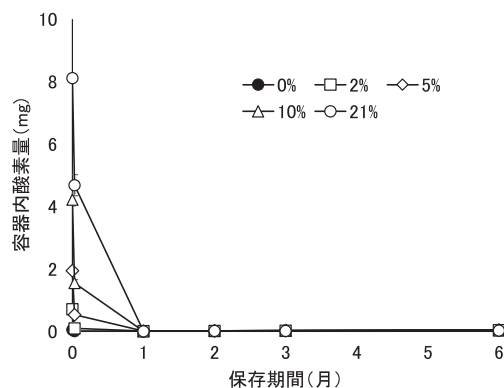


図5 容器内初期酸素濃度が異なるツナ水煮の保存に伴う容器内酸素量の変化（エラーバーは標準偏差を示す）

煮の酸素量は加熱殺菌によって急激に減少し、初期酸素濃度が高いほど減少は多かった。その後も急減し、保存1か月になるとすべての初期酸素濃度で容器内酸素がほぼなくなった。ニンジン水煮も容器内酸素量が急速になったが、ツナ水煮の方が減少速度はより速かった。

製造直後から6か月保存までの消費酸素量は初期酸素濃度間で有意な差がみられ、初期酸素濃度が高いほど多い傾向を示した（表3）。ニンジン水煮と同じく製造直後（0か月保存）は殺菌によって消費された酸素量であるが、ニン

表3 ツナ100 g当たりの消費酸素量（mg）の変化

初期酸素濃度	保存期間（月）				
	0	1	2	3	6
0%	0.09 ± 0.04a*	0.09 ± 0.01a	0.07 ± 0.01a	0.05 ± 0.02a	0.01 ± 0.01a
2%	1.37 ± 0.06b	1.56 ± 0.00b	1.55 ± 0.01b	1.53 ± 0.01b	1.50 ± 0.02b
5%	3.13 ± 0.13c	4.29 ± 0.01c	4.29 ± 0.01c	4.27 ± 0.00c	4.22 ± 0.01c
10%	5.94 ± 0.24d	9.37 ± 0.00d	9.35 ± 0.01d	9.33 ± 0.01d	9.30 ± 0.01d
21%	7.62 ± 0.75e	18.01 ± 0.01e	17.99 ± 0.02e	17.98 ± 0.02e	17.96 ± 0.02e

*: アルファベットが異なる場合は1%の危険率で有意に差があることを示している

ジン水煮に比べるとより多くの酸素が消費されていた。

(2) 外観変化

初期酸素濃度5、10および21%では製造直後から褐変がみられ、初期酸素濃度が高いと色が濃い傾向を示した（図6）。褐変が見られたのはヘッドスペースに面した部分のみで、いずれの初期酸素濃度でも容器の底面部分に色の変化はなく、保存中も製造直後の状態を保っていた。保存に伴い初期酸素濃度10と21%は徐々に褐変が進んだが、初期酸素濃度5や2%の外観は変化が少なかった。初期酸素濃度0%に変色は全く見られず、6か月保存でも製造直後と差は無かった。

(3) 色調変化

図7に色調変化を示した。初期酸素濃度が10と21%は、他の濃度と比べてL*値が低く、a*値が高い傾向を示した。

(4) 官能評価

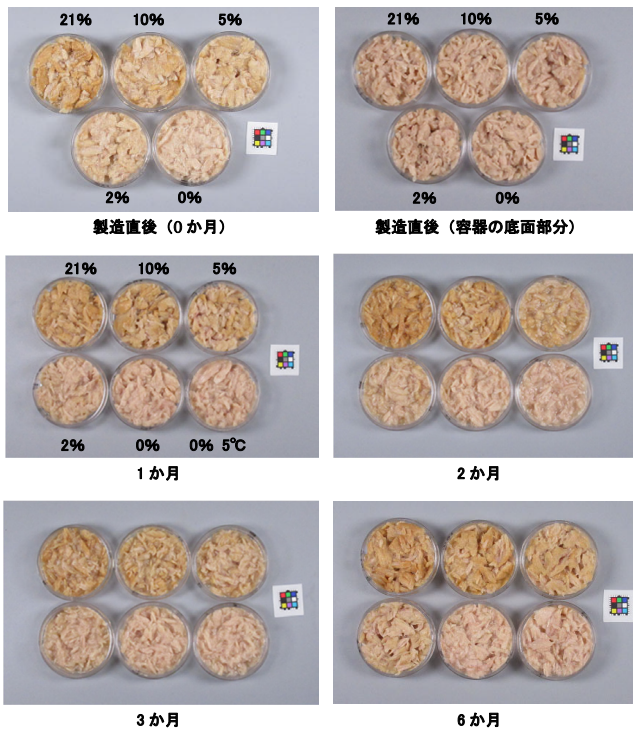


図6 容器内初期酸素濃度が異なるツナ水煮の保存に伴う外観の変化

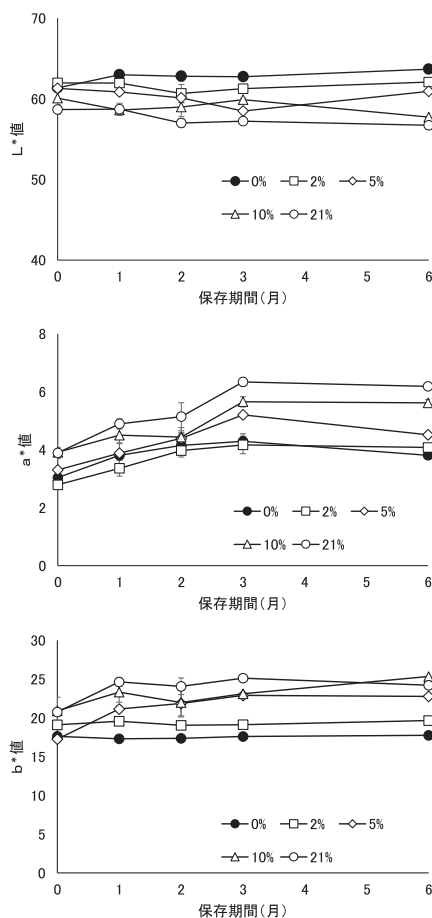


図7 容器内初期酸素濃度が異なるツナ水煮の保存に伴う色調の変化（エラーバーは標準偏差を示す）

ツナ水煮の官能評価の結果を表4に示した。酸素の影響が最も大きかったのは色の評価で、製造直後から初期酸素濃度による差がみられ、初期酸素濃度5、10および21%は初期酸素濃度0と2%に比べて評価が有意に低かった。初期酸素濃度が高いほど評価の低下も早く、初期酸素濃度21%は1か月保存から、初期酸素濃度10%は2か月保存から他の初期酸素濃度より明らかに低い値を示した。それらに比べると低いものの初期酸素濃度5%も保存に伴って評価がやや低下した。初期酸素濃度0や2%は6か月保存で

表4 容器内初期酸素濃度が異なるツナ水煮の保存に伴う官能評価*の変化

項目	初期酸素濃度	保存期間（月）				
		0	1	2	3	6
色	0%	-0.15a**	0.00a	-0.40a	-0.13a	-0.10a
	2%	-0.38a	-1.20b	-1.03b	-1.07b	-0.63a
	5%	-1.38b	-2.63c	-2.10c	-2.07c	-2.10b
	10%	-1.46b	-2.97c	-3.27d	-3.60d	-3.07c
	21%	-2.08b	-4.07d	-4.33e	-4.00d	-4.07d
におい	0%	0.08	-0.33ab	-0.27ab	-0.03a	-0.43a
	2%	-0.15	-0.30a	0.00a	0.03a	-0.17a
	5%	-0.31	-1.07ab	-0.53abc	-0.80ab	-1.03ab
	10%	-0.23	-1.13ab	-1.27bc	-1.80bc	-1.07ab
	21%	-0.77	-1.73b	-1.47c	-2.13c	-1.77b
味	0%	-0.15	-0.07a	-0.53a	0.07a	-0.43a
	2%	-0.15	-0.40ab	-0.10a	-0.30a	-0.43a
	5%	0.00	-0.57ab	-0.60a	-0.50a	-0.90ab
	10%	0.23	-0.63ab	-1.33ab	-1.53b	-1.80bc
	21%	-0.38	-1.53b	-2.23b	-2.23b	-2.67c

*：評点法：-5～+5までの11段階（良い：+1～+5、悪い：-1～-5）の平均値

**：アルファベットが異なる場合は1%の危険率で有意に差があることを示している

も、評価は変わらなかった。

におい、味の評価も初期酸素濃度10や21%は他の初期酸素濃度より評価が低い傾向を示していたが、色の評価ほど強い傾向はみられなかった。

官能評価の経時変化と商品性限界値の関係を図8に示した。色の評価は初期酸素濃度が高いほど評価が低くなり、初期酸素濃度10と21%は製造直後から評価が低く、1か月保存で商品性がなくなった。初期酸素濃度5%は0や2%より評価は低かったが、6か月保存でも商品性限界値より高く、商品性は保持されていた。においと味は初期酸素濃度5%以下であれば保存中も低下がみられなかった。初期酸素濃度10と21%は保存に伴い評価は低下するものの、6か月保存でも商品性限界値より高い値を保っていた。

魚缶詰の褐変については田中と田口はイワシ缶詰¹⁵⁾で、Y.S. Guらはかつお缶詰¹⁶⁾で研究を行っており、アミノ酸と糖によるアミノカルボニル（メイラード）反応が主な原因であり、魚肉中には反応に関与するアミノ化合物やカルボニル化合物が豊富なため、変色しやすいと述べている。ア

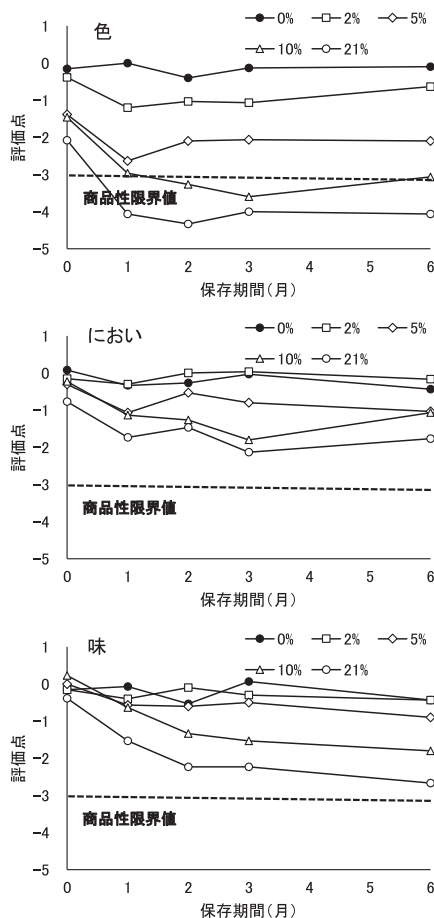


図8 容器内初期酸素濃度が異なるツナ水煮の官能評価の変化と商品性限界値の関係

ミノカルボニル反応は、多くの加工食品の褐変に関与しており、複雑な経路を経て褐変物質を生成する¹⁷⁾。酸素がなくても反応は起こるが、Hashibaは酸素が存在すると褐変が促進される事を報告している¹⁸⁾。アミノカルボニル反応は加熱によっても促進されることから、加熱殺菌後に初期酸素濃度10や21%で著しい褐変がみられたのは、アミノカルボニル反応が急激に促進されたことが原因と思われる。

3. スイートコーン水煮

(1) 容器内酸素量の変化

スイートコーン水煮の容器内酸素量の変化はニンジンやツナ水煮と同じ傾向を示すものの、非常に緩やかであった(図9)。初期酸素濃度10%の容器内酸素は3か月保存でなくなったが、初期酸素濃度21%は6か月保存でも容器内に酸素は残存していた。

製造直後の消費酸素量は初期酸素濃度間で有意差がみられ、初期酸素濃度が高いほど消費酸素量は多かった(表5)。初期酸素濃度21%は6か月保存でも容器内酸素がなくなることはなく、消費酸素量は6か月保存まで漸増した。初期酸素濃度21%における1か月保存の消費酸素量は、ニンジン水煮で18.3 mg、ツナ水煮は18.0 mg、スイートコーン水煮で6.8 mgであった。スイートコーン水煮は酸素が使

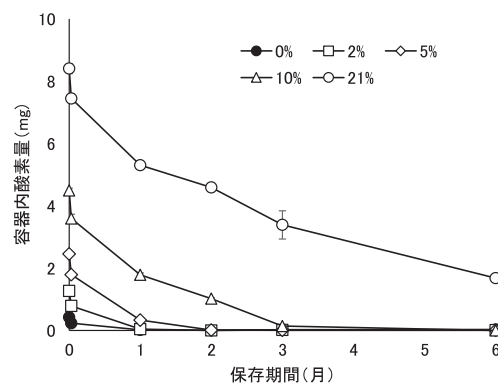


図9 容器内初期酸素濃度が異なるスイートコーン水煮の保存に伴う容器内酸素量の変化(エラーバーは標準偏差を示す)

表5 スイートコーン100 g当たりの消費酸素量(mg)の変化

初期酸素濃度	保存期間 (月)				
	0	1	2	3	6
0%	0.43 ± 0.06a*	0.91 ± 0.02a	0.93 ± 0.00a	0.89 ± 0.02a	0.88 ± 0.02a
2%	1.07 ± 0.02b	2.73 ± 0.04b	2.82 ± 0.00b	2.79 ± 0.01b	2.79 ± 0.01b
5%	1.47 ± 0.09c	4.72 ± 0.16c	5.43 ± 0.02c	5.45 ± 0.00c	5.45 ± 0.01c
10%	1.99 ± 0.31d	6.02 ± 0.14d	7.71 ± 0.07d	9.67 ± 0.12d	9.98 ± 0.00d
21%	2.12 ± 0.05d	6.89 ± 0.24e	8.47 ± 0.05e	11.14 ± 1.01d	14.94 ± 0.30e

*: アルファベットが異なる場合は1%の危険率で有意に差があることを示している

われる化学反応はあまり起こらない食品である事が示唆された。

(2) 外観変化

保存に伴う外観変化を図10に示した。スイートコーン水煮は3か月保存でも、外観はほとんど変化がみられず、良好な状態を保っていた。6か月保存になると、初期酸素濃度21%はやや褐変し、若干の退色も観察された。その他の試験区は保存に伴う劣化はほとんどみられなかった。

(3) 色調変化

色調変化を図11に示した。L*値は初期酸素濃度の違いや保存による変化がほとんどなかった。a*値は数値のばらつきが大きく、一定の傾向はみられなかった。

b*値も3か月保存までは差がみられなかったが、6か月保存になると初期酸素濃度21%はやや低くなった。

(4) 官能評価

官能評価では色の評価のみ初期酸素濃度の違いによる差が有意にみられた(表6)。6か月保存になると、初期酸素濃度21%の評価は0や2%より有意に低くなった。においや味の評価は保存中大きな変化がなく、初期酸素濃度の違いによる有意差はなかった。

官能評価の経時的変化と商品性限界値の関係をみると、スイートコーン水煮は初期酸素濃度が高くて評価が大きく低下することはなかった(図12)。6か月保存でも商品性限界値を下回る初期酸素濃度はなく、スイートコーン水煮

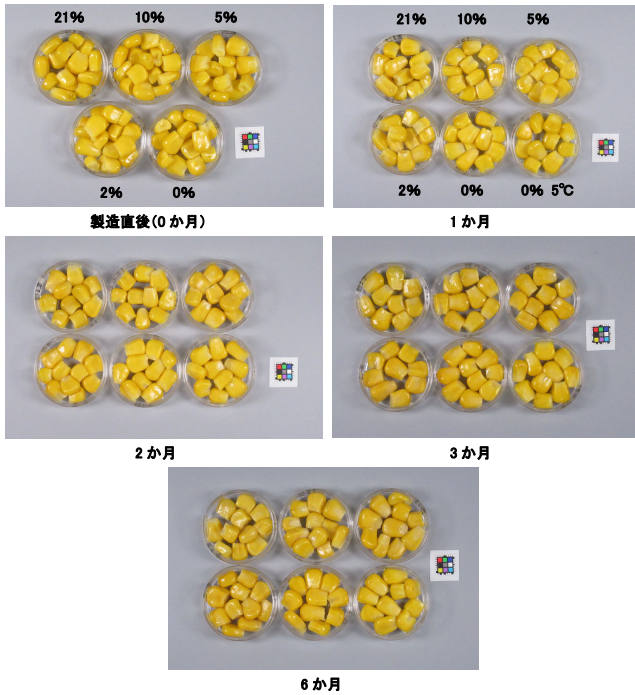


図10 容器内初期酸素濃度が異なるスイートコーン水煮の保存に伴う外観の変化

表6 容器内初期酸素濃度が異なるスイートコーン水煮の保存に伴う官能評価*の変化

項目	初期酸素濃度	保存期間 (月)				
		0	1	2	3	6
色	0%	-0.15	0.13a**	0.07a	0.14a	-0.05a
	2%	-0.08	-0.88bc	-0.86ab	-0.43ab	-0.18a
	5%	-0.46	-1.00bc	-0.71ab	-0.50ab	-0.47ac
	10%	-0.31	-0.38ab	-1.00b	-1.00b	-1.18bc
	21%	-0.46	-1.38c	-0.50ab	-1.14b	-2.00b
におい	0%	-0.31	-0.31	0.07	-0.21	-0.11
	2%	-0.31	-0.44	-0.29	-0.14	-0.32
	5%	-0.31	-0.63	-0.36	0.07	-0.63
	10%	-0.38	-0.38	-0.50	-1.00	-1.26
	21%	-0.69	-1.13	-0.71	-0.64	-1.37
味	0%	-0.31	0.19	-0.29	-0.29	0.00
	2%	-0.08	-0.38	-0.64	-0.14	-0.42
	5%	-0.46	-0.13	-0.57	-0.29	-0.42
	10%	-0.54	-0.25	-0.71	-0.71	-1.32
	21%	-0.92	-0.75	-1.07	-0.57	-1.32

*: 評点法: -5~+5までの11段階 (良い: +1~+5, 悪い: -1~-5) の平均値

** : アルファベットが異なる場合は1%の危険率で有意に差があることを示している

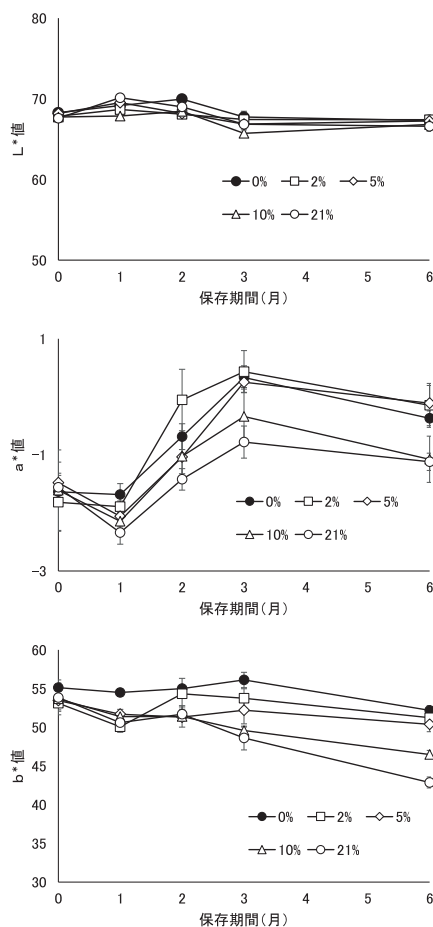


図11 容器内初期酸素濃度が異なるスイートコーン水煮の保存に伴う色調の変化 (エラーバーは標準偏差を示す)

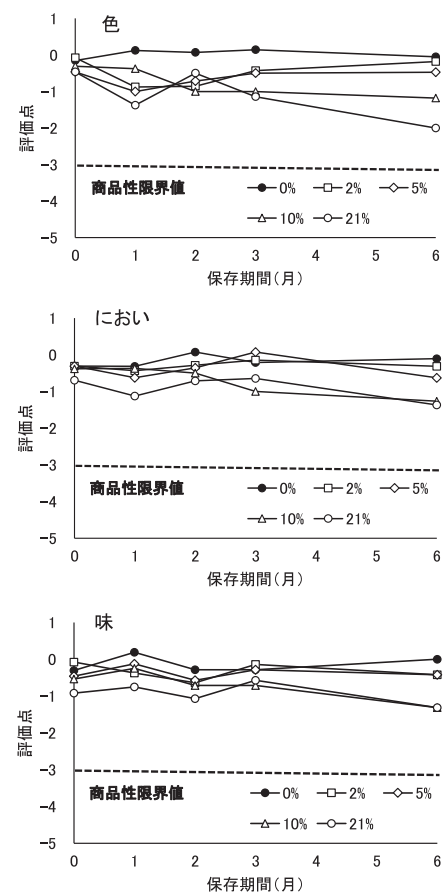


図12 容器内初期酸素濃度が異なるスイートコーン水煮の官能評価の変化と商品性限界値の関係

は酸素による品質劣化を受けにくい食品と思われた。原因の一つに、今回使用したスイートコーンはホールタイプで有り、切断などの物理的損傷が少なく、また種皮で覆われている。そのため、剥皮や整形処理を受けているニンジンなどより酸素の影響を受けにくかったと考えられる。加えて、ツナなど魚類には褐変の前駆物質が多いが¹⁹⁾、スイートコーンは少ないことも挙げられるだろう。

4. 官能評価と消費酸素量との相関関係

供試食品の酸素による品質劣化が色の変化と関係が強いと考えられたことから、消費酸素量と色の評価点の相関関係および回帰直線を図13に示した。

色の評価点は最小値が0になるように数値を変換して正の値とし、 \ln (色の評価点) を縦軸に、消費酸素量を横軸にした。相関係数はニンジン水煮で R^2 が0.96、ツナ水煮で R^2 が0.93と消費酸素量と色の評価点に高い相関があることが分かった。一方、スイートコーン水煮の相関係数は R^2 が0.62であった。また、比較のため、図13に前報¹¹⁾の結果も示したところ、イチゴジャムの相関係数は R^2 が0.80で高い相関が得られた。

回帰直線から、商品性限界値である-3になるのに要した消費酸素量を計算すると、100 g当たりニンジン水煮で12.3 mg、ツナ水煮で8.9 mg、スイートコーン水煮で36.0 mg、イチゴジャムで3.0 mgであった。この値は使用する原料の状態や加工条件などによって変動するため絶対的なものではないが、値が低いほど酸素感受性が高い食品であることを示しており、食品の酸素感受性を相対的に評価し、

酸素制御による品質保持を計画する際の貴重な基礎データとしての活用が期待できる。

まとめ

容器詰食品の酸素制御による品質保持を効果的に実施するため、酸素量の変化と食品の品質劣化について研究を行った。

ニンジン水煮は、初期酸素濃度が高いほど消費酸素量が多い傾向を示した。酸素による品質劣化として退色と異臭がみられたが、特に退色による商品性の低下が著しかった。しかし、初期酸素濃度が5%以下であれば、6か月保存でも品質が良好に保たれていた。ツナ水煮も消費酸素量はニンジン水煮と同様の傾向を示したが、ニンジン水煮に比べて減少が極めて早かった。酸素による品質劣化としては褐変がみられた。初期酸素濃度5%でやや褐変がみられるものの6か月保存でも商品性は認められた。スイートコーン水煮は保存に伴う酸素量の減少が緩慢であり、初期酸素濃度の違いによる影響はあまりなかった。酸素による品質劣化として褐変がみられたが、初期酸素濃度21%、6か月保存でも僅かに褐変したのみであった。

酸素と品質劣化について相関を求めたところ、ニンジン水煮、ツナ水煮およびイチゴジャムでは、消費酸素量と色の官能評価点に高い相関がみられた。スイートコーン水煮の相関はそれらより低かった。また、商品性限界値から各食品の消費酸素量を算出した値は、食品の酸素感受性を相対的に評価する指標として活用が期待できる。

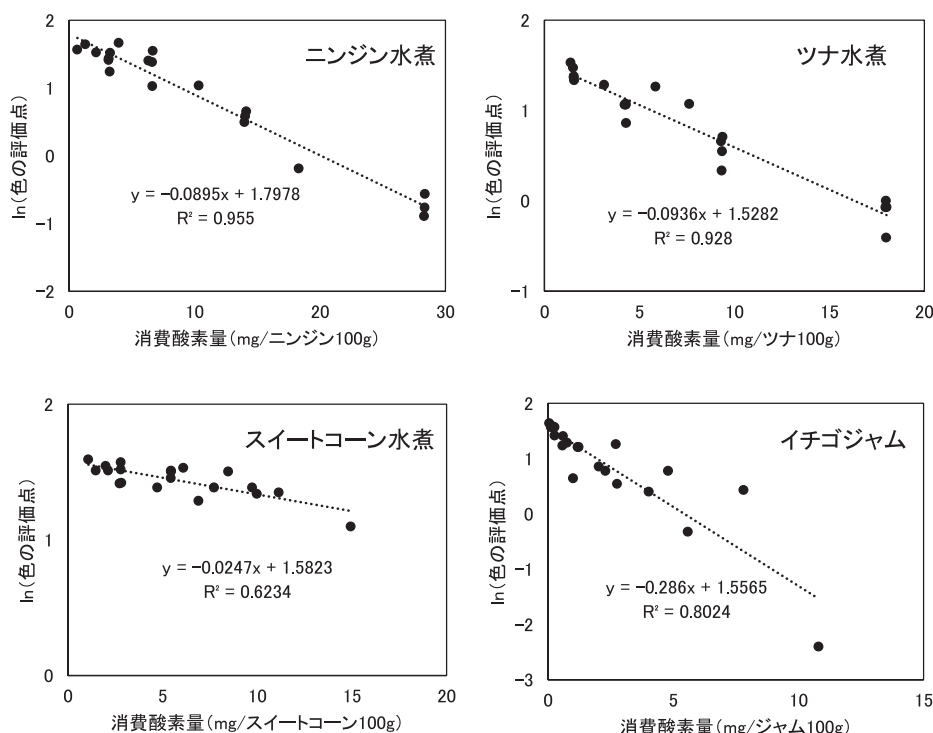


図13 消費酸素量と色の官能評価点の相関関係

本研究は東洋製罐株式会社テクニカルセンターの委託研究として行った一部であり、関係各位に深く感謝いたします。また、実験にあたって尽力頂いた本学卒業生の小西達也さん、立石空良さん、久保田穰さん、和泉千夏さん、鳥羽智基さんに御礼申し上げます。

また、本研究は遂行期間中、東洋製罐株式会社より委託研究費を受領した。

引用文献

- 1) 里見弘治：包装による食品の化学的・物理的劣化防止。マテリアライフ, 10, 4, 181-185 (1998).
- 2) 横山理雄：食品の品質劣化と保存技術。マテリアライフ, 10, 4, 173-180 (1998).
- 3) 後藤隆子：容器詰食品の高品質化のための基礎知識 (2) 酸素が容器詰食品の品質に及ぼす影響。缶詰時報, 101, 11, 912-925 (2022).
- 4) 石谷孝佑, 平田 孝, 松下清隆, 広瀬和彦, 小谷信幸, 上田和男, 柳井昭二, 木村 進：レトルトパウチ食品の品質変化におよぼす包装材料の酸素透過性, 貯蔵温度, 光線の影響について。日本食品工業学会誌, 27, 3, 118-124 (1980).
- 5) 大葛貴良：食品包装用バリアフィルムとその保香性, におい・かおり環境学会誌, 43, 4, 248-256 (2012).
- 6) 後藤隆子, 平原明日香, 江角友美, 朝賀昌志：アクティブバリア容器の保存性能ーイチゴジャムおよびマーマレードについてー。東洋食品工業短期大学紀要, 5, 10-17 (2020).
- 7) 野呂 渉, 高橋 誠, 赤塚昌一, 奥西智哉, 渡辺 聡：無菌化包装米飯の長期保存でのn-ヘキサナールの挙動と品質に与える包装資材の影響。日本食品科学工学会誌, 70, 3, 129-137 (2023).
- 8) 沢村正義, 李 忠富, 竹本潔史, 楠瀬博三：ユズ果汁の褐変反応における酸素および温度依存性について。日本農芸化学会誌, 65, 1, 45-47 (1991).
- 9) 太田英明, 吉田企世子, 百留公明, 青柳英夫, 岡部光雄, 薄田 亘：日本食品工業学会誌, 30, 4, 200-208 (1983).
- 10) 井上竜一, 高橋英史：透明パウチ詰パイナップルの保存性について。東洋食品研究所研究報告書, 30, 93-99 (2014).
- 11) 後藤隆子, 八木謙一：容器内初期酸素量がイチゴジャムの品質に及ぼす影響ー外観および官能評価についてー。東洋食品工業短期大学紀要, 7, 20-26 (2024).
- 12) 西郷英昭, 久延義弘, 鈴木保治：ラミコンカップ詰食品の保存性-5-みかんシラップ漬について。東洋食品工業短期大学・東洋食品研究所, 16, 1-8 (1985).
- 13) 片山 脩, 田島真：食品と色。P89-93. 光琳。東京 (2003).
- 14) 原 利男：緑茶のガス置換包装による品質保持。茶業研究報告, 60, 1-6 (1984).
- 15) 田中宗彦, 田口武：Non-enzymatic browning during thermal processing of canned sardine. 日本水産学会誌, 51, 7, 1169-1173 (1985).
- 16) Yeun Suk Gu, Hyoung Sik Yoon, Douck Choun Park, Cheong Il Ji, Tae Yong Cho: Effects of muscle types and cooling on discoloration of canned skipjack. Fisheries Science, 67, 1145-1150 (2001).
- 17) 菅原龍幸, 福澤美喜男 編著：1.食品の色。改訂食品学 I・II, p111-114, 建帛社, 東京 (2010).
- 18) H. Hashiba: Isolation and Identification of Amadori Compounds from Soy Sauce. Agr. Biol. Chem., 42, 4, 763-768 (1978).
- 19) 豊水正道：魚肉の褐変。日本水産学会誌, 9, 33, 894-898 (1967).