

## 【論文】

# 容器内初期酸素量がイチゴジャムの品質に及ぼす影響 — 外観および官能評価について —

後藤 隆子<sup>1\*</sup>, 八木 謙一<sup>1,2</sup>

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、イチゴジャム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℃または5℃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。30℃保存の容器内酸素量は保存に伴い減少し、初期酸素濃度が高いほど顕著であった。5℃保存は30℃と同じ傾向を示したが、減少は緩やかであった。外観は、保存につれ褐変などの変色がみられ、酸素濃度10および21%の変色が著しかった。30℃保存では酸素濃度0%でも変色がみられたが、他の濃度に比べると色は保持されていた。官能評価も初期酸素濃度が高いほど、保存に伴って評価は低下した。最も酸素の影響が大きかったのは色の評価で、色の評価が低下したところにより、30℃保存で、初期酸素濃度10, 21%は2か月、2, 5%は6か月、5℃保存で、初期酸素濃度21%は6か月、10%は12か月になると商品性がなくなった。また、色の評価値とイチゴジャムの消費酸素量に高い相関が得られた。

キーワード：イチゴジャム、酸素感受性、初期酸素量、褐変、品質劣化

## 緒言

食品は加工や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、品質が劣化する<sup>1), 2)</sup>。特に、容器詰食品は長期間常温で保存されるため、酸素による化学的な劣化が大きな問題となる。品質を維持するには、何らかの方法で酸素制御を行う必要があるが、酸素の影響は食品の種類により大きく異なる<sup>3), 4)</sup>。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<sup>5)</sup>、温州ミカン果汁<sup>6)</sup>、パインアップルシラップ漬<sup>7)</sup>など幾つかあるが、容器内酸素量の変化などを詳細に検討した報告はみられない。一方、食品製造現場では手間やコストを抑え効率的な方法で酸素制御をする必要があり、扱う食品の酸素感受性を把握することが重要となる。

我々は酸素吸収機能をもつアクティブバリア容器の効果を検討するため、イチゴジャムとマーマレードの保存試験を行った結果、アクティブバリア容器が最も変色が少なく、酸素除去が品質保持に効果があることを報告した<sup>8)</sup>。その傾向はイチゴジャムの方が顕著にみられ、酸素による品質劣化は食品の種類によって大きく異なる事が示唆された。また、容器内初期酸素量が異なる条件で製造したパインアップルドライパックでは、初期酸素量が高いほど製品は褐変によって品質が劣化したが、初期酸素濃度を2%以下にすると30℃で7か月保存でも十分な商品性がみられ

た<sup>9)</sup>。このように、容器内初期酸素を低減することは食品の品質保持に極めて効果的であるものの、容器内酸素の変化と食品の品質の関係については明らかになっていない。

イチゴジャムは、国内で生産されるびん詰ジャムの中でも最も生産量が多い食品である<sup>10)</sup>。しかし、酸素によって品質劣化しやすく、我々がアクティブバリア容器で行った研究でも、品質を保持するためには容器内の酸素量をかなり低下させる必要があった<sup>8)</sup>。中村らもびん詰イチゴジャムのヘッドスペースを窒素で置換すると、色素残存率の低下が抑えられたと報告しており、酸素がイチゴジャムの色素に影響する事を示唆している<sup>11)</sup>。

本報では、イチゴジャムの酸素制御をより効果的に行うための基礎データ構築を目的とし、初期酸素量が異なるイチゴジャムの加工、保存における品質劣化と酸素量との関係について報告する。

## 材料および方法

### 1. ジャムの製造

原料として冷凍イチゴ（中国産、品種：宝交早生、輸入者：八木通商株式会社）を解凍して用いた。容器は東洋製罐株式会社製ハイレッ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）

\*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

と、蓋材（層構成：外面側12 μm PET/7 μmアルミニウム箔/15 μm PA/50 μm PP内面側）を使用した。

冷凍イチゴ（イチゴ果実14.5：砂糖2.0）16.5 kgにグラニュー糖11.6 kgを加えて加熱後、ペクチン（LM-101AS-J 三晶株式会社製）120 g、クエン酸（食品添加物 富士フィルム和光純薬株式会社製）105 g、イオン交換水1.7 kgを加え、Brix 60まで加熱濃縮した。それらを熱いうちに容器へ80 g充填した。容器のヘッドスペースに容器内酸素濃度が0, 2, 5, 10および21%になるように窒素ガスと空気の流量を自作のガス混合器で調整し、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）を用いてガス置換後（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、低温シャワー等圧方式で95℃（庫内温度）、中心温度85℃達温で殺菌を終了した（殺菌時間12分）。

保存は30℃または5℃暗所で行い、30℃保存では0, 1, 2, 3および6か月に、5℃保存では0, 3, 6および12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）のシリンジを直接刺し、酸素濃度を測定した（n=3）。

3. 色調

色調は、丸セル（31φ×15 mm）に入れたジャムを分光色差計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=10~15）。

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%で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. 容器内酸素量の変化

容器の密封性を評価するため、容器内部を窒素ガスで満たして30℃で保存したところ、容器内酸素量の増加は1か

月で0.05 mg, 3か月で0.09 mg, 6か月でも0.15 mgと極めて微量であり、供試容器として適切であった。

30℃保存の容器内酸素量は、加熱殺菌によって極わずかな減少がみられ、その後は6か月保存まで保存に伴って減少した（図1）。また、初期酸素濃度が高いほど、容器内酸素量の減少が大きい傾向を示した。

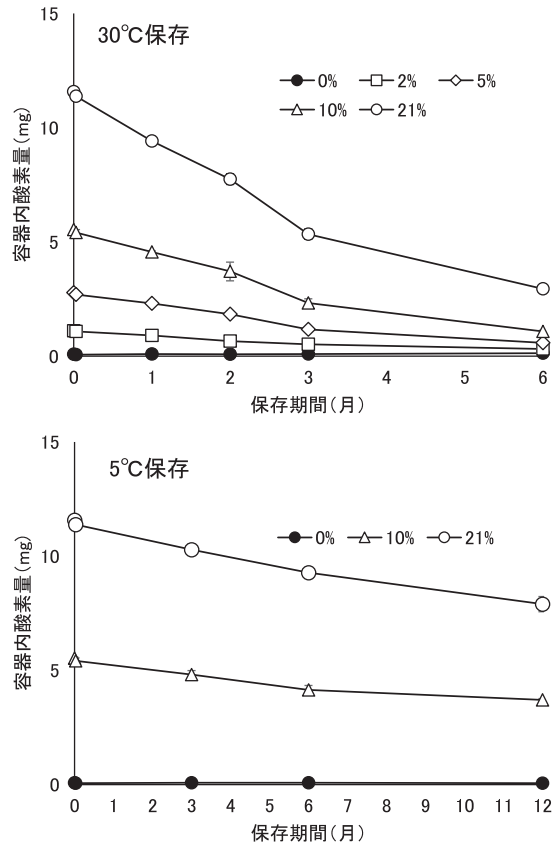


図1 容器内初期酸素濃度が異なるイチゴジャムの保存に伴う容器内酸素量の変化（エラーバーは標準偏差を示す）

5℃保存の容器内酸素量は30℃保存と同様の傾向がみられたが、30℃保存に比べると非常に緩やかな減少で、12か月保存でも加熱殺菌前の半分以上の酸素が残っていた。

初期酸素量から保存後の酸素量を引き、充填したイチゴジャム100 g当たりで示したものを消費酸素量とし、表1（30℃保存）および表2（5℃保存）に示した。製造直後（0か月）の消費酸素量は加熱殺菌によるものであるが、初期酸素濃度の違いによる有意差はなかった。30℃保存の消費酸素量は保存に伴って増加し、初期酸素濃度が高いほど大きい傾向を示した（表1）。5℃保存の消費酸素量の変化も30℃保存と同じ傾向を示したが、変化は緩やかであり、5℃・12か月保存の消費酸素量は30℃・2か月保存と等しかった（表2）。

我々が、パインアップルドライパックで行った試験では<sup>9)</sup>、容器内酸素濃度は殺菌後に著しく減少し、その後も急減した。しかし、イチゴジャムの場合、容器内の酸素は



表1 イチゴジャム100 g当たりの消費酸素量 (mg) の変化 (30℃ 保存)

初期酸素濃度	保存期間 (月)				
	0	1	2	3	6
0%	0.10 ± 0.00	0.00 ± 0.00a*	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a
2%	0.04 ± 0.04	0.25 ± 0.03ab	0.56 ± 0.02ab	0.75 ± 0.07b	0.99 ± 0.04b
5%	0.10 ± 0.40	0.59 ± 0.06b	1.18 ± 0.10b	2.02 ± 0.11c	2.75 ± 0.06c
10%	0.16 ± 0.16	1.22 ± 0.05c	2.29 ± 0.51c	4.02 ± 0.23d	5.57 ± 0.07d
21%	0.25 ± 0.17	2.70 ± 0.22d	4.79 ± 0.28d	7.80 ± 0.27e	10.79 ± 0.19e

\*: 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

表2 イチゴジャム100 g当たりの消費酸素量 (mg) の変化 (5℃ 保存)

初期酸素濃度	保存期間 (月)			
	0	3	6	12
0%	0.02 ± 0.01	0.00 ± 0.01a*	0.00 ± 0.01a	0.00 ± 0.01a
10%	0.16 ± 0.16	0.90 ± 0.22b	1.75 ± 0.24b	2.29 ± 0.08b
21%	0.25 ± 0.17	1.62 ± 0.30b	2.88 ± 0.05c	4.60 ± 0.41c

\*: 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

加熱殺菌による影響をあまり受けず、保存に伴って酸素は減少するものの、パイナップルに比べると変化は極めて緩やかであった。原因としては、製造工程の違いが考えられ、殺菌前に加熱濃縮工程があるイチゴジャムは、その際の加熱によって酸化などの化学反応が密封前に進んでおり、パイナップルドライパックにみられた酸素の急減が起こらなかったと推察される。

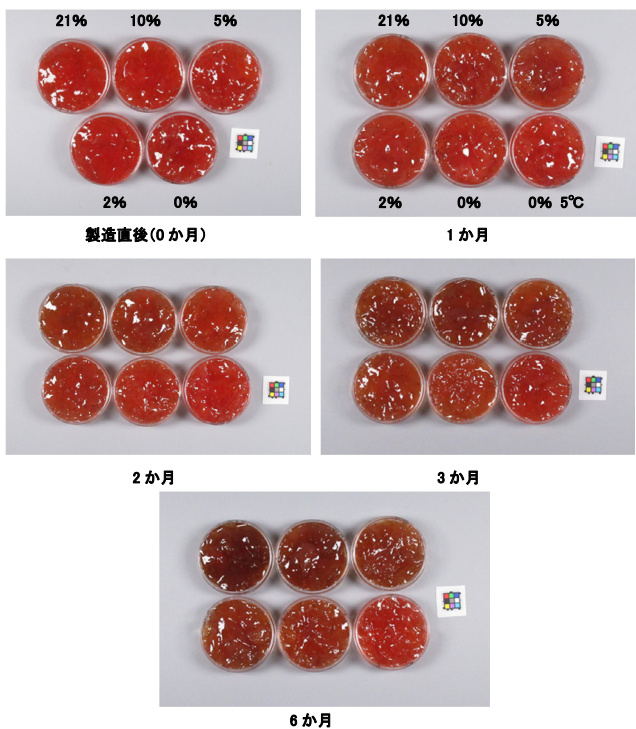


図2 容器内初期酸素濃度が異なるイチゴジャムの保存に伴う外観の変化 (30℃ 保存)

## 2. 外観変化

30℃ 保存の外観変化を図2に示した。1か月保存で、初期酸素濃度10と21%はやや褐変がみられたが、他の初期酸素濃度には大きな変化はなかった。その後も褐変が進み、3か月保存では初期酸素濃度10と21%で褐変による変色ははっきり認められ、初期酸素濃度2と5%もやや褐変していた。6か月保存で、初期酸素濃度10と21%は赤みがなくなり、茶色を呈しており、初期酸素濃度2と5%もさらに褐変がすすんでいた。初期酸素濃度0%は、比較基準として図2に示している5℃ 保存と比べると褐変による変色が若干みられるものの、他の初期酸素濃度より明らかに色が保持されていた。

5℃ 保存では、3か月保存まで初期酸素濃度に関係なく、製造直後の状態が保たれていた(図3)。6か月保存では、初期酸素濃度21%で褐変がみられたが、0および10%の外観は変化がなかった。12か月保存になると初期酸素濃度21%はさらに褐変が進み、初期酸素濃度10%も褐変がみられたが、初期酸素濃度0%は鮮やかさが若干なくなった程度で品質は保たれていた。一般に、褐変のような化学反応による変化は、低温では極めて遅いと考えられているが、イチゴジャムは高濃度の酸素に曝されると、5℃ 保存でも褐変によって品質低下することが明らかになった。

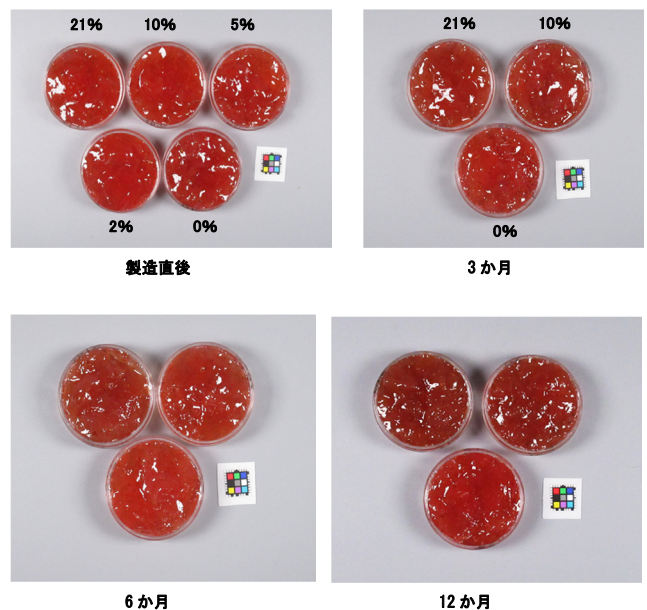


図3 容器内初期酸素濃度が異なるイチゴジャムの保存に伴う外観の変化 (5℃ 保存)

## 3. 色調変化

色調の変化を図4に示した。L\*値およびb\*値は初期酸素濃度の違いによる一定の傾向はあまり認められず、保存に伴う変化もほとんどなかった。しかし、a\*値は保存に伴って低下がみられ、初期酸素濃度が高い条件ほど変化が大きく、5℃ 保存に比べて30℃ 保存の方が低下は早かった。a\*値は赤いほど数値が高くなることから、a\*値の低下はイチ

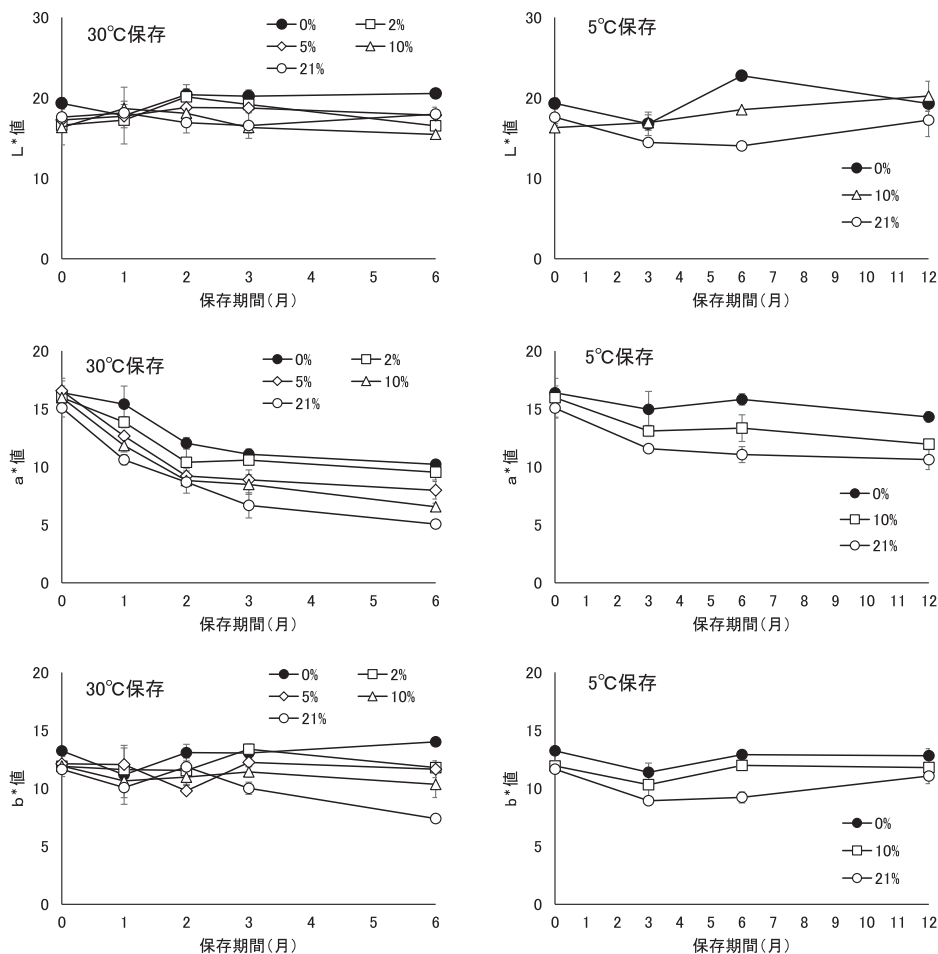


図4 容器内初期酸素濃度が異なるイチゴジャムの保存に伴う色調の変化 (エラーバーは標準偏差を示す)

ゴジャムの特徴である赤色が薄くなったことを示唆している。

4. 官能評価

色・におい・味の項目で官能評価を実施し、30°C保存の結果を表3に示した。評価項目の中で最も変化が大きかったのは色で、保存に伴って評価は低下していった。2か月保存で初期酸素濃度10と21%は、他の濃度に比べ、著しく低下し、有意差もみられた。その後も色の評価は低下していき、6か月保存では、初期酸素濃度10と21%、2と5%、0%の順に低くなり、有意差も認められた。

においと味の評価は、初期酸素濃度が高いと低下する傾向がみられたが、色の評価ほど明確な違いではなかった。

表4は5°C保存の官能評価結果である。30°C保存と同じく色の変化が最も顕著にみられ、初期酸素濃度21%は6か月保存で低下し、他の濃度と有意に差があった。12か月保存では、初期酸素濃度0%は高い評価を保っていたが、初期酸素濃度10と21%の評価はさらに低下した。

官能評価の経時的変化と商品性限界値の関係を図5に示した。色の評価はいずれの初期酸素濃度でも保存期間が長くなると低下したが、初期酸素濃度が高いほど評価の低下

表3 容器内初期酸素濃度が異なるイチゴジャムの保存に伴う官能評価\*の変化 (30°C保存)

項目	初期酸素濃度	保存期間 (月)				
		0	1	2	3	6
色	0%	0.18	-0.68a**	-0.50a	-1.14a	-2.09a
	2%	0.18	-0.86ab	-1.55b	-1.36a	-3.09b
	5%	-0.18	-0.91ab	-1.64b	-2.64c	-3.27b
	10%	-0.09	-1.64b	-2.82c	-3.50d	-4.27c
	21%	-0.18	-1.45ab	-2.82c	-3.45d	-4.91c
におい	0%	0.18	-0.45	-1.02a	-1.09a	-1.36a
	2%	0.36	-0.18	-1.27a	-1.27ab	-1.91ab
	5%	0	-0.18	-1.55ab	-1.64ab	-2.18ab
	10%	0.27	-0.45	-2.14ab	-2.55ab	-2.55ab
	21%	0.27	-0.82	-2.45b	-2.73b	-2.73b
味	0%	0.00	-0.36	-0.55a	-0.91a	-1.36
	2%	0.82	-0.36	-0.95ab	-0.91a	-1.91
	5%	-0.36	-0.36	-1.36ab	-1.64ab	-1.91
	10%	-0.45	-0.64	-1.73ab	-2.45ab	-1.77
	21%	0.27	-0.82	-2.05b	-2.59b	-2.91

\*: 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

表4 容器内初期酸素濃度が異なるイチゴジャムの保存に伴う官能評価\*の変化 (5℃保存)

項目	初期酸素濃度	保存期間 (月)			
		0	3	6	12
色	0%	0.18	-0.14	-0.64a**	-0.35a
	10%	-0.09	-0.64	-1.45a	-3.12b
	21%	-0.18	-0.77	-2.91b	-3.76c
におい	0%	0.18	-0.27	-0.27	-0.35a
	10%	0.27	-0.82	-0.55	-1.35ab
	21%	0.27	-0.64	-0.91	-1.82b
味	0%	0.00	-0.55	-1.00	-0.29
	10%	-0.45	-0.64	-0.91	-1.24
	21%	0.27	-0.91	-1.36	-1.53

\*: 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

が早かった。特に、初期酸素濃度10と21%は急激に評価が低下し、保存2か月で商品性がほぼなくなった。それらと比較すると、初期酸素濃度2と5%の評価は緩やかに低下し、6か月保存で商品性がなくなった。初期酸素濃度0%は最も評価の低下が遅く、6か月保存でも商品性を保って

いた。においおよび味の評価も色の評価と同様の傾向を示していたが、色の評価ほど低下は著しくなかった。

5℃保存において、色の評価は3か月保存まで高い値を保っていたが、初期酸素濃度21%は6か月保存で、初期酸素濃度10%では12か月で商品性がなくなった。においおよび味の評価は、保存に伴い漸減したが、12か月保存でも商品性限界値より高い値を保っていた。

このように、イチゴジャムは、酸素によって色やにおいの変化が起こるが、最も品質に影響を及ぼすのは色の変化である事が明らかになった。イチゴジャムの変色は、イチゴに含まれるアントシアニンであるカリステフィンが、アントシアニンの安定に必要な分子会合が形成されない非アシル化アントシアニンであるため、酸素により容易に分解された事が一因と思われる<sup>12)</sup>。中林はイチゴジャム製造時に酸素の存在でアスコルビン酸のほとんどがデヒドロアスコルビン酸に変化し、さらに2,3-ジケトグルン酸に分解されて、この分解物がイチゴのアントシアニンであるカリステフィンを分解すると述べており<sup>13)</sup>、本報で初期酸素濃度が高いほど色の評価が低くなったのは酸素によるアスコルビン酸の酸化によってジャムに含まれる色素が分解され、色に影響を与えたことが示唆された。中村らもヘッド

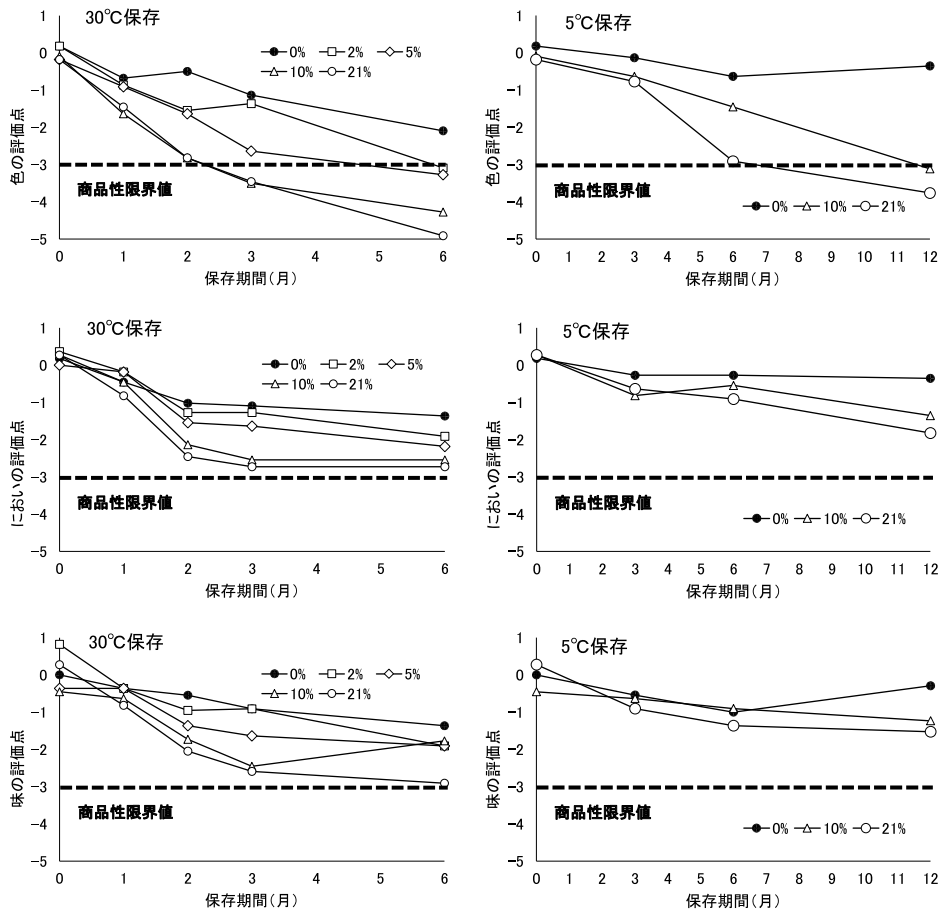


図5 容器内初期酸素濃度が異なるイチゴジャムの官能評価の変化と商品性限界値の関係



スペースの空素置換によってイチゴジャムの色素量が高く  
なり、退色が抑制されたと報告している<sup>11)</sup>。中林はまた、  
デヒドロアスコルビン酸は酸素がなくてもカリステフィン  
を分解すると述べている<sup>13)</sup>。初期酸素濃度0%は密封時に  
ヘッドスペースに残留した酸素、内容物中の酸素およびシ  
ール部から透過した酸素などが品質に影響を与える可能性  
もあるが、極微量であることから色の評価が低下した理由  
として、酸素が関与しない化学反応の寄与が考えられる。  
また、イチゴジャムは糖含量が高く、アスコルビン酸も含  
まれているため、アミノカルボニル(メイラード)反応や  
アスコルビン酸の褐変など非酵素的褐変反応による褐変も  
変色に大きく関わっている<sup>14)</sup>。特に、アミノカルボニル反  
応によって生成する中間生成物は、酸素の存在によって顕  
著な褐変を示すことが報告されており<sup>15)</sup>、高い酸素濃度で  
は、酸素によってアミノカルボニル反応が促進され、褐変  
が促進されたと推察される。

初期酸素濃度の増加に伴うおい評価の低下は、イチゴ  
果実独特の揮発成分が酸素による酸化によって減少する事  
に加えて、アミノカルボニル反応で生成した焦げ臭の発生  
によると思われる<sup>16)</sup>。味の評価についても糖含量の高いジ  
ャムの甘味が酸素によって変化するとは考えられないこと  
から、アミノカルボニル反応による風味の変化が、味評価  
の低下に影響していた可能性がある。

以上のことから、イチゴジャムの商品性を維持するた  
めには、容器内の酸素量を低減することが重要で、脱気やガ  
ス置換などで酸素を排除すると共にガスバリア性の高い容  
器を使用する必要がある。また、保存温度が高いと酸化に  
加えて酸素が関与しない劣化の影響も大きく、初期酸素濃  
度0%でみられたように少量の酸素でも変色により商品性  
が低下する。初期酸素量の低減に限界がある場合は、容器  
内酸素を積極的に除去するアクティブバリア容器などの使  
用が有効と思われる。5℃保存では、初期酸素濃度0%の  
品質は保持されていたが、初期酸素濃度10や21%では緩  
やかに変色が進んだことから、イチゴジャムは低温保存でも  
酸素制御が必要である。

## 5. 官能評価と消費酸素量との相関関係

酸素によるイチゴジャムの品質劣化は、色の変化による  
影響が大きいと思われたため、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6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。30℃保存  
( $R^2=0.80$ ) および5℃保存( $R^2=0.89$ )とも高い相関がみ  
られた。回帰直線から、商品性限界値である-3になるの  
にイチゴジャムが消費した酸素量を求めると、ジャム100g  
当たり30℃保存、5℃保存とも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と  
考えられる。しかし、容器詰食品の酸素感受性について評  
価した報告はほとんど無く、本研究で得られた結果はイチ  
ゴジャム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になると思われ  
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、イチゴジャムを用いて食品の品質劣化と酸素量  
の変化について研究を行った。

30℃保存の容器内酸素量は保存に伴い低下し、初期酸素  
濃度が高いほど顕著であった。5℃保存は低下が緩やかで  
あったが、30℃と同じ傾向を示した。

外観は、初期酸素濃度が高いと褐変などによる変色がみ  
られ、30℃保存では初期酸素濃度10と21%の変色が著し  
かった。初期酸素濃度0%でも変色がみられたが、他の濃  
度に比べると色は保持されていた。初期酸素濃度10と21%  
は5℃保存でも褐変がみられた。

官能評価も初期酸素濃度が高いほど、保存に伴って評価  
が低下したが、最も酸素の影響が大きかったのは色の評価  
であった。色の評価値が低くなったため、30℃保存では、  
初期酸素濃度10と21%は2か月保存、初期酸素濃度2と5  
%は6か月保存、5℃保存では、初期酸素濃度21%は6か  
月保存、初期酸素濃度10%は12か月保存で商品性がなくな

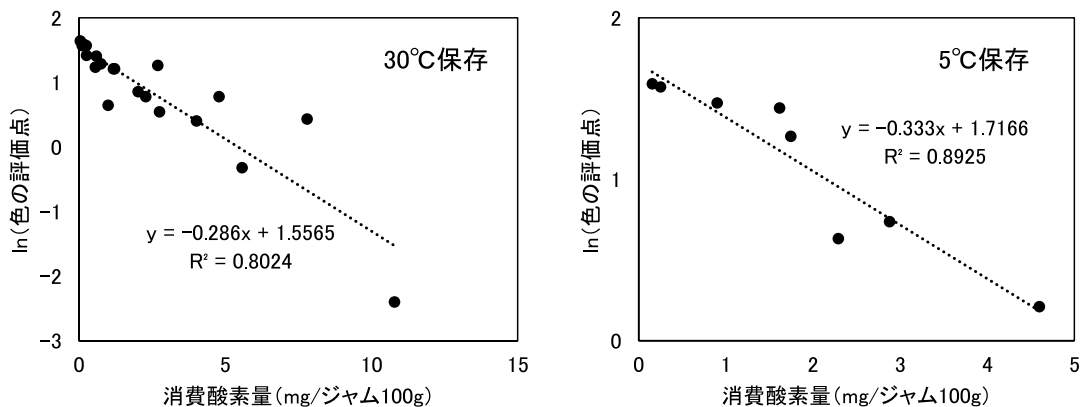


図6 イチゴジャムの消費酸素量と色の官能評価の相関関係

った。

消費酸素量と色の評価は相関が高く、イチゴジャムの商品性限界に至る消費酸素量を計算式から推定すると3.0 mg/イチゴジャム100 gであった。

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有木光さん、竹内修嗣さん、長谷川雅弥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。マテリアルライフ, 10, 4, 181-185, (1998).
- 2) 横山理雄：食品の品質劣化と保存技術。マテリアルライフ, 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) 杉山信之, 角田有紀, 木村典司雄, 竹内啓子：残存酸素が食品の劣化に与える影響に関する研究。愛知県産業技術研究所研究報告, 5, 134-137 (2006).
- 5) 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).
- 6) 太田英明, 吉田企世子, 百留公明, 青柳英夫, 岡部光雄, 薄田 亘：ヘッドスペース, 殺菌条件および貯蔵条件が温州ミカン缶詰果汁の品質に及ぼす影響。日本食品工業学会誌, 30, 4, 200-208 (1983).
- 7) 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).
- 8) 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-イチゴジャムおよびマーマレードについて-。東洋食品工業短期大学紀要, 5, 10-17 (2020).
- 9) 後藤隆子, 八木謙一：初期酸素濃度がパインアップルドライパックの品質に及ぼす影響。東洋食品工業短期大学紀要, 6, 7-12 (2022).
- 10) 日本缶詰びん詰めレトルト食品協会。国内生産数量統計。 <https://www.jca-can.or.jp/data/pdf/jam.pdf> (2023年6月20日)
- 11) 中村紀美子, 村上恵, 平田達哉, 藤井宏栄, 中谷幸夫, 陶山紀江, 岡藤由美子：低糖度プレザーブジャムに適した露地イチゴ品種及び退色防止技術。山口県農林総合技術センター研究報告, 2, 15-22 (2011).
- 12) 大庭理一郎, 五十嵐喜治, 津久井亜紀夫 編著：Ⅲアントシアニンの原料および食品加工利用。アントシアニン-食品の色と健康-, p93, 建帛社, 東京 (2000).
- 13) 中林敏郎：食品加工におけるポリフェノール成分の制御。日本食品工業学会誌, 24, 10, 530-538 (1977).
- 14) 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).
- 15) H. Hashiba：Isolation and Identification of Amadori Compounds from Soy Sauce. Agric. Biol. Chem., 42, 4, 763-768 (1978).
- 16) 大畑素子, 横山壺成, 有原圭三：メイラード反応生成香気成分が有する新たな可能性への挑戦 食品メイラード反応の最新の香り研究。化学と生物, 57, 12, 722-727 (2019).