

【論文】

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

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（オキシガード[®]カップ、レトバック[®]カップ）の保存性能を評価するため、イチゴジャムおよびマーマレードを用いて従来のバリア容器（ビン、ラミコンカップ）との比較試験を行った。イチゴジャムは全ての容器で保存に伴い褐変が見られ、その程度は容器で差があった。オキシガード[®]カップとレトバック[®]カップはラミコンカップやビンに比べ、色やにおいの評価が高く、23℃、50%RHで12ヵ月保存でも商品性を保っていた。それらの容器は容器内酸素濃度も低く、またアスコルビン酸含有量の減少も少なかった。

マーマレードも保存に伴い褐変したが、イチゴジャムより変化は緩やかであった。容器内酸素濃度やアスコルビン酸含有量はイチゴジャムと同様の傾向を示した。23℃、50%RH保存では品質変化が少なく、容器による違いがあまり認められなかったが、30℃、80%RH保存では、オキシガード[®]カップとレトバック[®]カップは他の容器に比べ12ヵ月保存でも褐変が抑制されていた。

キーワード：パッシブバリア、アクティブバリア、イチゴジャム、マーマレード、褐変

緒 言

食品は酸素によって変色や風味の劣化など様々な品質劣化を生じる。特に常温で長期保存する容器詰食品は、製造中および保存中における品質劣化が問題となる¹⁾。一般に容器内の酸素除去後に密封を行っているため、容器のガスバリア性が保存性に大きな影響を及ぼす。古くから用いられている金属やガラス容器はガスバリア性が極めて高く、保存中も外部から容器内へ酸素が入ることはない。近年、軽量で安価等の理由でプラスチック容器の需要が高まっている。プラスチック容器はガスバリア性ではそれらの容器には及ばないため、品質劣化が早く、賞味期限が短くなってしまう。このような問題を解決するため、包材および容器メーカーでは研究開発に取り組んでおり²⁾、バリア性に優れた容器が開発され、多くの食品で使われている。中でもラミコンカップはバリア性や透明性が高く、食品への適性を調べた報告も多い^{3,4,5)}。さらに最近ではバリア性だけでなく酸素を積極的に除去するオキシガード[®]カップやレトバック[®]カップのようなアクティブバリア容器が開発され^{6,7,8)}、保存期間延長が期待されているが、食品への効果を明らかにした報文は少ない⁹⁾。

一方、ジャム類は果実加工品の中でも生産量が多い。特にイチゴジャムとマーマレードは人気が高く、ビン詰の生産量は1位と2位を占めている重要な加工品である¹⁰⁾。

本報ではイチゴジャムとマーマレードを用い、アクティブバリア容器とバリア性の高い従来の容器を比較することで、アクティブバリア容器が保存性に及ぼす影響を検証した。

材料および方法

(1) 使用容器

表1に示したパッシブバリア性能を持つラミコンカップとビン、アクティブバリア性能を持つオキシガード[®]カップ

表1 使用容器の構成

バリア性能	記号	容器および蓋材の構成	
ノンバリア	NB	容器	ラミコンカップLR76-110(口径76mm容量110mL) 東洋製罐製 外面側 (重量比)40PP/5AD/10EVOH/5AD/40PP 内面側
		蓋材	外面側 15μm PA/50μm PP 内面側*
パッシブバリア	LC	容器	同 上
		蓋材	外面側 12μm PET/7μm AL箔/15μm PA/50μm PP 内面側*
アクティブバリア	RB	容器	レトバック [®] LR76-110(口径76mm容量110mL) 東洋製罐製 外面側 PP/EVOH/酸素吸収層/EVOH/PP 内面側**
		蓋材	外面側 12μm PET/7μm AL箔/15μm PA/50μm PP 内面側*
アクティブバリア	Ox	容器	オキシガード [®] カップ LR76-110(口径76mm容量110mL) 東洋製罐製 外面側 PP/EVOH/酸素吸収層/PP 内面側**
		蓋材	外面側 12μm PET/7μm AL箔/15μm PA/50μm PP 内面側*
パッシブバリア	GL	容器	ガラスビン 食品100ST (口部53ツイスト 容量115mL) 東洋ガラス製
		蓋材	ツイストフ(シール材TFS、ライナー材PVC、ホット充填用) 日本クロ-ジョ-製

*それぞれのフィルムをラミネートするために用いた接着剤の表記は省略している

**容器組成は企業の依頼により非公開とする

とレトバック®カップの4種類の容器を使用した。また、ガスバリア性効果を比較するため、あえてガスバリア性が低い蓋材を用いたものをノンバリア容器として試験に供した。ラミコンカップ、オキシガード®カップおよびレトバック®カップは東洋製罐(株)製、ピンは東洋ガラス(株)製、キャップは日本クロージャー(株)製を用いた。オキシガード®カップは中間層に酸素吸収層(鉄粉)が設けられており、外部だけでなく容器内部の酸素も吸収することができるが容器に透明性はない⁷⁾。一方、レトバック®カップは酸素吸収層に有機系材料を使用しているため、ラミコンカップと同じく透明性が付与されている⁸⁾。

(2) ジャムおよびマーマレードの製造

イチゴジャム原料は冷凍イチゴ(中国産、品種:宝交早生、輸入者:八木通商(株))を使用した。

イチゴジャムは、冷凍イチゴ30.0kgに砂糖21.0kgを加えて加熱後、ペクチン(LM-101AS-J 三晶(株)製)175g、クエン酸(食品添加物 富士フィルム和光純薬(株)製)175g、水3.0kgを加え、仕上量43.7kgとなるようBrix60まで濃縮した。それらを熱いうちにカップ容器には100g、ピン容器には110g充填した。

マーマレードは冷凍オレンジ果皮(VITA-PARK社製)と温州ミカンジュースストレート果汁(紀州食品(株)製)を用いた。

オレンジ果皮3.5kgに水6.9kgを加えて加熱し、ミカン果汁3.5kgと砂糖13.1kgを添加した。その後、ペクチン(LM-101AS-J 三晶(株)製)92gとペクチン(BB rapid set 三晶(株)製)46g、クエン酸69gを加え、仕上量23.0kgとなるようBrix60まで濃縮した。熱いうちにカップ容器は100g、ピンは110g充填した。

カップはガス置換後(N₂ 40%, CO₂ 60%の混合ガス)、ヒートシールを行い、ピンはペーパーシーリングマシンでキャッピングした。

密封後の容器内ガス量、酸素濃度および酸素量は、イチゴジャムでは、カップ詰で36mL、0.6%および0.2mL、ピン詰で12mL、20.9%および2.5mLであった。また、マーマレードでは、カップ詰で32mL、1.1%および0.3mL、ピン詰で12mL、20.5%および2.5mLであった。

殺菌温度は95℃とし、イチゴジャムはカップで15分、ピンで16分間、マーマレードはカップで11分間、ピンで10分間殺菌を行った。

保存条件は暗所で23℃、50%RH(相対湿度)または30℃、80%RHとし、殺菌直後、保存1, 2, 3, 4, 6, 12ヶ月に調査を行った。

(3) 調査方法

容器のガスバリア性を比較するため、初期容器内酸素量が等しいカップ詰容器について保存に伴う酸素濃度の変化を調査した。酸素濃度はPDI CheckPoint II (Dansensor製)を用いて測定した。

官能評価は、東洋食品工業短期大学の学生および教職員約10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。ジャムやマーマレードは低温で保存すると長期保存中も品質変化が少ないことから、5℃保存ビン詰を基準0とし、+-それぞれの方向に3段階(7段階法)で評価し、平均値で示した(+3基準品より非常に良い、+2基準品より良い、+1基準品より少し良い、0基準品と変わらない、-1基準品より少し悪い、-2基準品より悪い、-3基準品より非常に悪い)。また、商品性限界を-2とした。群間の有意差検定は、平均値に関してTurkey法による多重比較検定(5%危険率)を行った。

アスコルビン酸含量は、異なる容器3個程度から2gをサンプリング後、メタリン酸で抽出し、HPLC((株)島津製作所製LC-20A)で分析を行った。分析条件は、カラムChemcosorb 5-ODS-H(内径4.6mm、長さ250mm、(株)ケムコプラス社製)、移動相は0.2%メタリン酸、オープン温度40℃、流速は毎分1.0mL、注入量5μL、検出器PDA(242nm、(株)島津製作所製SPD-M20A)とした。

結 果

1. イチゴジャム

(1) 容器内酸素濃度

保存に伴う容器内酸素濃度の変化を図1に示した。23℃、50%RH保存において、ノンバリアカップは殺菌直後から酸素濃度が上昇し、3ヶ月後には酸素濃度が11%に達した。3ヶ月後から12ヶ月後まで酸素濃度の変化はほとんどなく、12%程度を維持していた。ラミコンカップ、オキシガード®カップ、レトバック®カップは酸素濃度が極めて低く、12ヶ月保存でも酸素の増加はみられなかった。また、

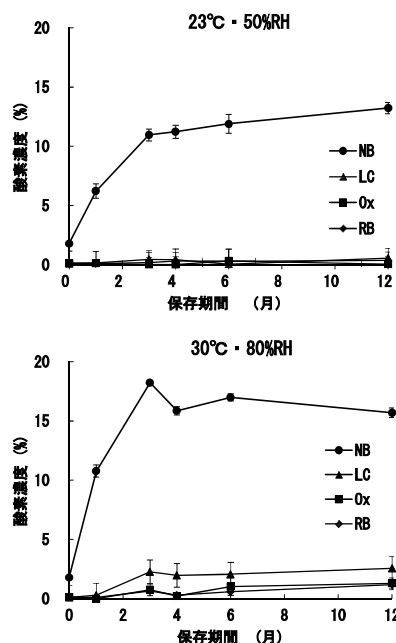


図1 容器内酸素濃度(イチゴジャム)

容器間による差もほとんど認められなかった。

30℃, 80%RH保存では, ノンバリアカップは殺菌直後から酸素濃度が急激に上昇し, 1ヶ月保存では23℃保存と比べて酸素濃度は2倍近く高かった。その後は23℃, 50%RH保存と同様, 保存3ヶ月まで増加した後, 12ヶ月まで高い値が保たれていた。23℃, 50%RH保存ではオキシガード®カップ, レトバック®カップと変わらなかったラミコンカップは, 3ヶ月保存くらいから酸素濃度の増加がみられた。レトバック®カップとオキシガード®カップは12ヶ月保存でも殺菌直後とほとんど酸素濃度が変わらず, 極めて低い値を保っていた。

(2) 外観調査

23℃, 50%RH保存では, 保存3ヶ月頃から鮮やかな赤色が薄れ, 褐変による色の劣化が観察されたが, 容器による違いが大きかった (図2)。特にノンバリアカップとビンはいちごジャムの鮮やかな赤色がなくなり, 暗赤色に変化したため外観が悪かった。12ヶ月保存ではノンバリアカップとビンはさらに褐変が進み, ラミコンカップ, レトバック®も色が暗くなってきたが, それらに比べるとオキシガード®カップは明るい赤色を呈していた。

30℃, 80%RH保存では, 23℃, 50%RH保存に比べ色の劣化が早く, 特にノンバリアカップは保存3ヶ月で黒色を呈していた。6ヶ月保存ではノンバリアカップ, ラミコンカップ, ビンは褐変による変色が著しかった。オキシガード®カップ, レトバック®カップは冷蔵に比べて赤色の鮮やかさは劣るが, 比較的品質が保たれていた。12ヶ月保存では, ラミコンカップやビンでも褐変がさらに進んだが, それらに比べるとオキシガード®カップとレトバック®カップは変化が少なく, 褐変が抑制されていた。

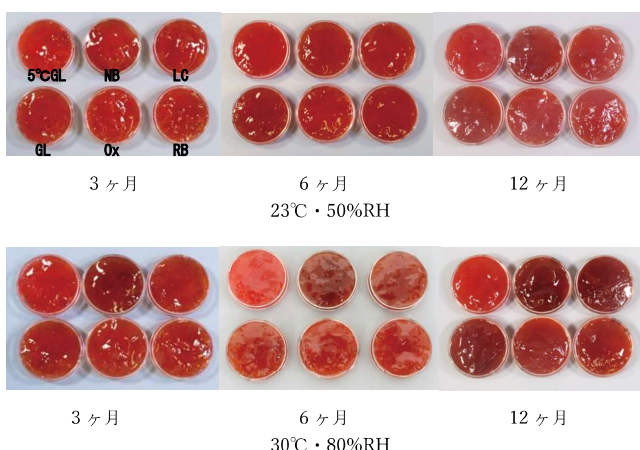


図2 イチゴジャムの保存に伴う品質変化

(3) 官能評価

色に関する官能評価の結果を図3に示した。23℃, 50%RH保存では, ビン, ノンバリアカップ, ラミコンカップは保存につれ評価が徐々に低下し, 6ヶ月保存で商品性がなくなった。オキシガード®カップとレトバック®カップは12

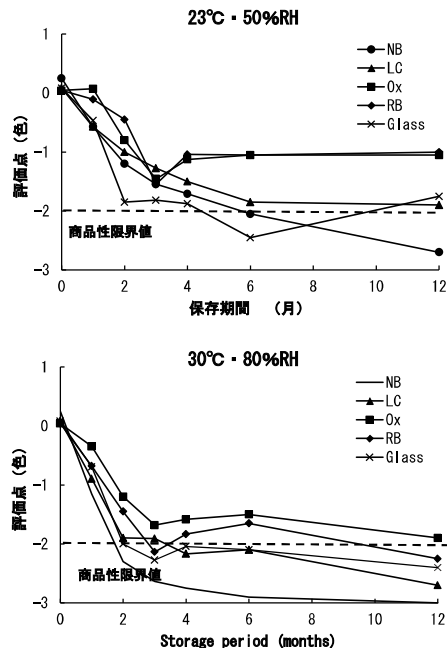


図3 イチゴジャム官能評価(色)

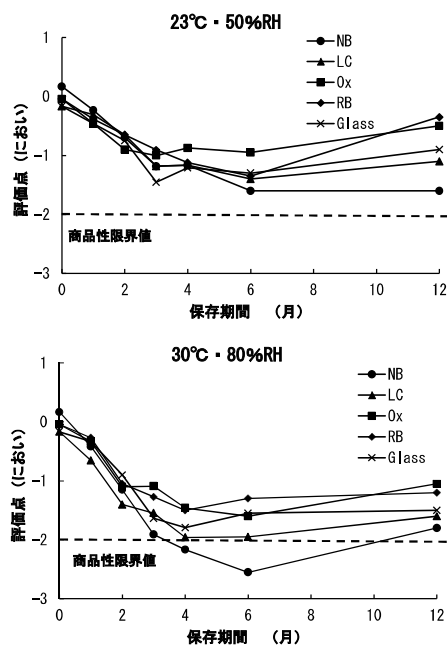


図4 イチゴジャム官能評価(おい)

ヶ月保存でも他の容器に比べて評価が高く, 品質が維持されていた。

30℃, 80%RH保存は23℃, 50%RH保存と比べてすべての容器で色の劣化が急激にみられ, ノンバリアカップ, ビンおよびラミコンカップは2ヶ月保存で-2まで低下し, 商品性がなくなった。オキシガード®カップとレトバック®カップも3ヶ月保存で-2程度まで評価が低下した。

においては, 23℃, 50%RH保存ではすべての容器で保存期間の経過によって評価は低下し, 容器による差はほとんどみられなかった (図4)。評価の低下は30℃, 80%RH保存

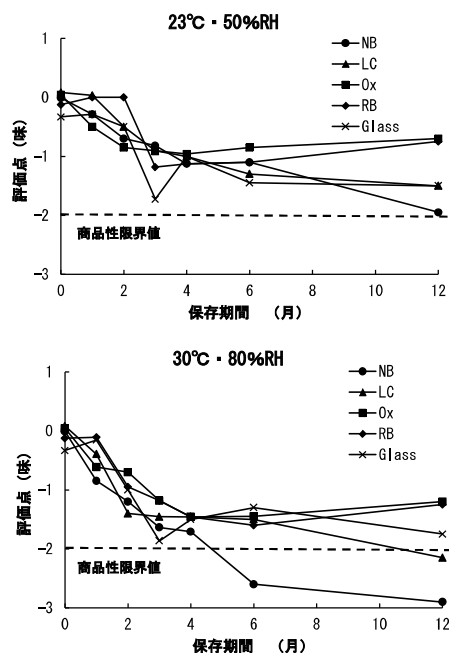


図5 イチゴジャム官能評価(味)

表2 イチゴジャム官能評価 (12ヶ月保存)

容器	23℃, 50%RH			30℃, 80%RH		
	色	におい	味	色	におい	味
NB	-2.7a*	-1.6a	-2.0a	-3.0a	-1.8	-2.9a
LC	-1.9ab	-1.1ab	-1.5ab	-2.7ab	-1.6	-2.2ab
Ox	-1.1b	-0.5b	-0.7b	-1.9b	-1.1	-1.2b
RB	-1.0b	-0.4b	-0.8b	-2.3ab	-1.2	-1.3b
Glass	-1.8ab	-0.9ab	-1.5ab	-2.4ab	-1.5	-1.8b

*: アルファベットが異なる場合は5%の危険率で有意に差があることを示している。
 $P < 0.05$ $n=10$

で顕著であり、ノンバリアカップは3ヶ月保存で、ラミコンカップは4ヶ月保存で商品性がなくなった。それらと比較すると、オキシガード®カップ、レトバック®は12ヶ月保存でもにおいの評価はやや悪くなる程度であった。

味の評価結果はに同様の傾向を示した(図5)。両温度区ともすべての容器で保存期間の経過による味の低下はみられたが、オキシガード®カップ、レトバック®カップは12ヶ月保存でも他の容器に比べて評価は高かった。

表2は12ヶ月保存の官能評価結果である。オキシガード®およびレトバック®カップは色、においおよび味の評価がノンバリアカップと比較し、有意に高かった。しかし、ラミコンカップとビンの色、においおよび味の評価はノンバリアカップとの間に有意差が見られなかった。30℃, 80%RH保存では、においは容器による違いは認められなかったが、色や味はオキシガード®カップがノンバリアカップより評価が有意に高かった。

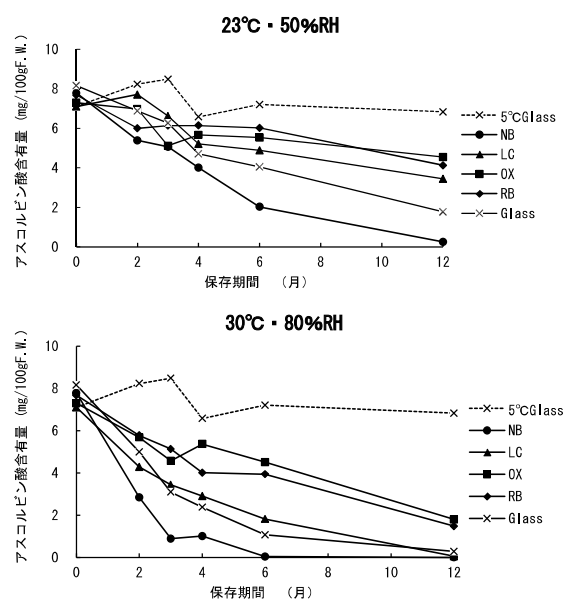


図6 アスコルビン酸含有量の変化(イチゴジャム)

(4) アスコルビン酸含量

23℃, 50%RH保存では、ノンバリアカップが最も減少が早く、6ヶ月保存で製造直後の25%まで減少し、12ヶ月保存ではほぼゼロになった(図6)。オキシガード®カップおよびレトバック®カップもやや減少したが、12ヶ月保存でもビンやラミコンカップと比べて高い値を保っていた。30℃, 80%RH保存では、すべての容器でアスコルビン酸含量は速やかに低下したが、オキシガード®カップおよびレトバック®カップは6ヶ月保存では初期含量の約50%、12ヶ月保存でも、約25%残存していたが、他の容器のアスコルビン酸含量はほぼゼロに近かった。

2. マーマレード

(1) 容器内ガス分析

保存に伴う容器内酸素について調べた結果を図7に示した。23℃, 50%RH保存では、殺菌直後からノンバリアカップの酸素濃度は上昇し、1ヶ月保存で12%に、12ヶ月保存には17%になった。ラミコンカップ、レトバック®, オキシガード®カップはノンバリアカップと違ってほとんど酸素がなく、容器間による差はなかった。

30℃, 80%RH保存では、ノンバリアカップは23℃, 50%RH保存と同じく酸素濃度が急上昇したが、30℃, 80%RH保存の方が変化は早かった。23℃保存ではラミコンカップの酸素濃度はレトバック®, オキシガード®カップと変わらなかったが、30℃, 80%RH保存は3ヶ月保存後から酸素濃度の上昇がみられた。レトバック®とオキシガード®カップは12ヶ月保存でも殺菌直後とほとんど酸素濃度が変わらず、2.0%以下を保っていた。

(2) 外観調査

23℃, 50%RH保存のマーマレードは12ヶ月保存でも色の

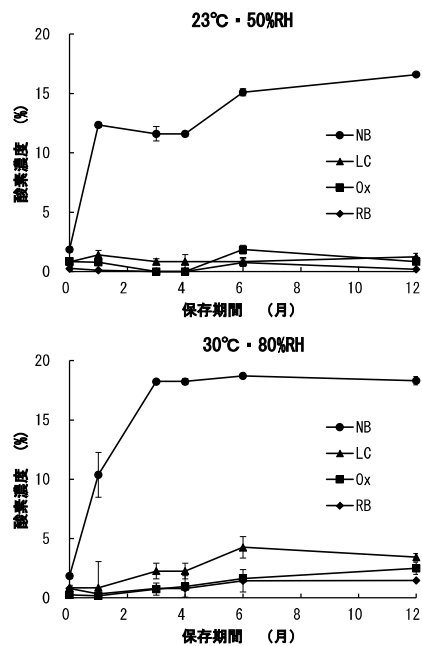


図7 容器内酸素濃度(マーマレード)

変化が見られず、容器による差も見られなかった(図8)。30℃, 80%RH保存では、ノンバリアカップ、ラミコンカップおよびビンで明らかな褐変が見られた。それらと比較するとオキシガード®カップとレトバック®カップの変化は少なかった。

(3) 官能評価

23℃, 50%RHであれば12ヶ月保存でも、やや褐変が見られる程度で色に大きな変化はなく、いずれの容器も商品性限界となる評点-2以上を保っていた(図9)。30℃, 80%

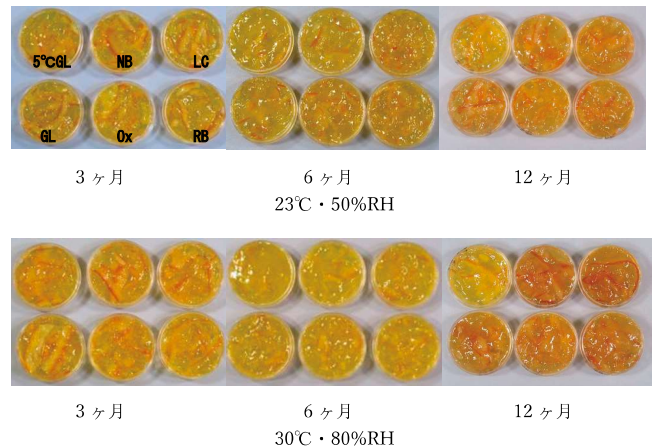


図8 マーマレードの保存に伴う品質変化

RHで12ヶ月保存したものは、ノンバリアカップとラミコンカップの評価が商品性限界以下まで低下したが、オキシガード®カップ、レトバック®およびビンは商品性を有していた。

においの評価は23℃, 50%RH, 12ヶ月保存でも変化がなく、基準である冷蔵との違いも見られなかったが、30℃, 80%RH, 12ヶ月保存ではいずれの容器も評価がやや低下した(図10)。

23℃, 50%RH保存では、味の評価もにおいと同じ傾向が見られた(図11)。オキシガード®カップは30℃, 80%RH, 12ヶ月保存でも味が保たれており、他の容器より評価が高かった。

12ヶ月保存の官能評価結果を表3に示した。23℃, 50%RH保存では、色、におい、味いずれも容器の違いによる有意な差は見られなかった。30℃, 80%RH保存では、においに差は見られないが、色や味はオキシガード®の評価はノン

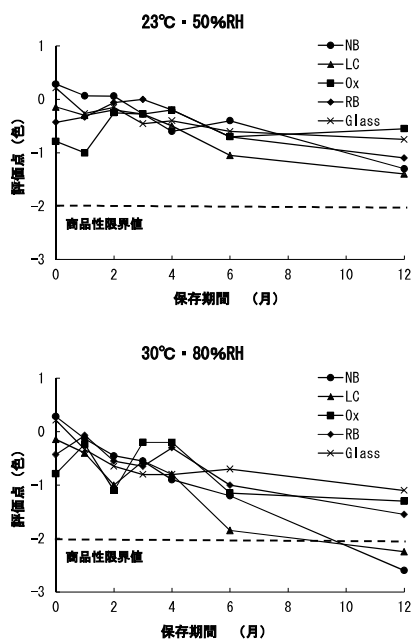


図9 マーマレード官能評価(色)

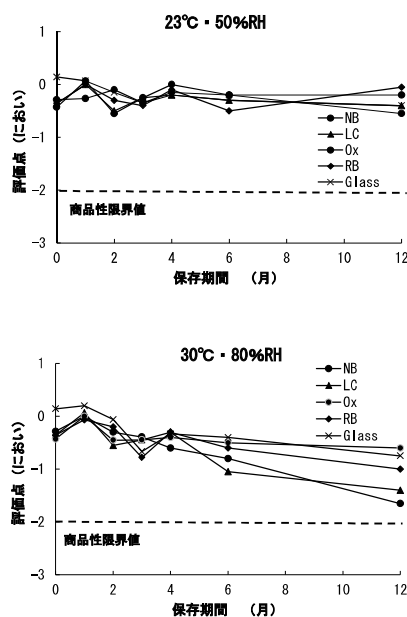


図10 マーマレード官能評価(におい)

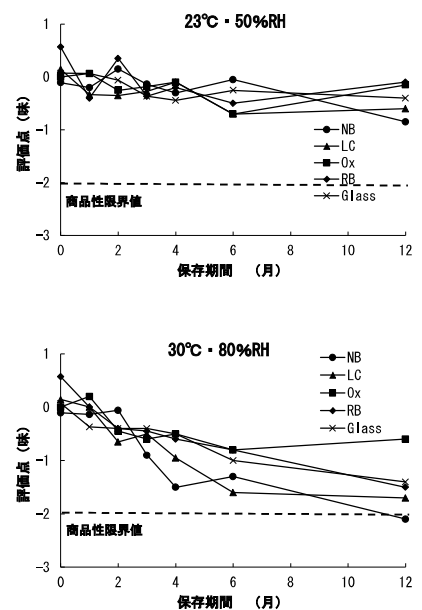


図11 マーマレード官能評価(味)

表3 マーマレード官能評価 (12ヶ月保存)

容器	23℃, 50%RH			30℃, 80%RH		
	色	におい	味	色	におい	味
NB	-0.4	-0.2	-0.1	-2.6a*	-1.7	-2.1a
LC	-1.1	-0.3	-0.7	-2.3ab	-1.4	-1.7ab
Ox	-0.7	-0.2	-0.7	-1.3bc	-0.6	-0.6b
RB	-0.7	-0.5	-0.5	-1.6abc	-1.0	-1.5ab
Glass	-0.6	-0.3	-0.3	-1.1c	-0.8	-1.4ab

*: アルファベットが異なる場合は5%の危険率で有意に差があることを示している。
 $P < 0.05$ $n=10$

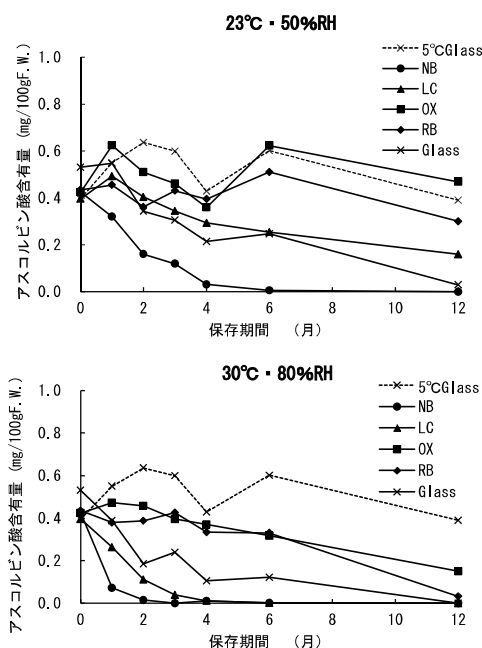


図12 アスコルビン酸含有量の変化 (マーマレード)

バリアより有意に高かった。

(4) アスコルビン酸含量

図12にアスコルビン酸含量の変化を示した。マーマレードはアスコルビン酸が少ない食品であるため、保存中の変化も微量である。しかし、他の調査項目と同様、ノンバリアカップやラミコンカップではアスコルビン酸含量の急激な減量がみられたが、オキシガード®カップとレトバック®カップでは、減少が緩やかで、酸化を抑制する効果が見られた。

考 察

容器内ヘッドスペースガスに含まれている酸素濃度は容器の種類によって大きく異なり、蓋材にガスバリア性がないノンバリアカップが最も急激に濃度が増加した。他の容器に関しては、23℃, 50%RH保存は容器による違いは見られなかった。しかし、30℃, 80%RH保存では、保存3ヶ月

頃からラミコンカップの酸素濃度が増加し、オキシガード®カップやレトバック®カップが1.0%以下に対し、イチゴジャムで2~2.6%, マーマレードで2~4%に上昇していた。ラミコンカップの中間層にあるエバールは、高湿で酸素バリア性が低下する⁷⁾。30℃, 80%RHは日本の夏期を想定した保存条件であるが、この条件がエバールのガスバリア性を低下させたため、容器内の酸素濃度が増加したと推測される。

また、ビンはガスバリア性が極めて高い容器であるため、外部から酸素が入ることはないが、通常ガス置換包装しないため、ガス置換で酸素量を低下させたカップ容器より容器内の初期酸素量は高くなる。本試験においてもビンの容器内初期酸素量は2.5mLで、カップの0.2mLより高かったことがビンの褐変が早かった原因と思われる。

食品の非酵素的褐変はアミノカルボニル反応が代表的なものであるが、他にも油脂の酸化や糖のカaramel化、フェノールの酸化重合などがある¹¹⁾。果実缶詰など大量の糖を含む食品はアミノカルボニル反応による褐変が生じやすい。アミノカルボニル反応は酸素の無い雰囲気でも進むが、酸素があると顕著になる¹²⁾。また、フルフラールや5-ヒドロキシメチルフルフラールなどの生成により、香気が悪化する¹³⁾。イチゴジャムでみられた褐変や風味の低下は、アミノカルボニル反応によるもので、オキシガード®やレトバック®の保存性が高かったのは、容器内酸素量が少ないため、アミノカルボニル反応の進行が抑制されたことが示唆された。また、23℃, 50%RHより30℃, 80%RH保存で劣化が早かったのは、この反応は温度に依存するためである。イチゴジャムの変色について、中林はアスコルビン酸が酸素存在下でデヒドロアスコルビン酸に変化し、イチゴジャムのアントシアニン色素を退色する事を報告している。本報でもアスコルビン酸含量の低下は色の劣化と相関が見られており、アミノカルボニル反応以外にも色素の退色に変色に関与している可能性がある。中村らも、イチゴジャムビン詰のヘッドスペースを窒素ガスで置換し、25℃で3ヶ月保存した結果、無処理ではアントシアニン色素残存率が35%に低下したが、窒素置換は55%に保たれていたと述べている¹⁵⁾。また、イチゴフルーツプレパレーションの試験では、アントシアニンは品種に関係なく35℃, 80%RH保存1ヶ月で急減し、高温で退色しやすい色素であると報告している¹⁶⁾。本報の結果では、イチゴジャムは容器内の酸素濃度や保存温度が高いと変色が顕著であった。特に、ノンバリアカップでは保存初期から変色が見られ、イチゴジャムの保存容器には適していない。今回、ノンバリアカップに次いでビンの変色が早かったのは、ガス置換を行った他試験区より初期酸素量が多くなったことが原因とされた。ラミコンカップは中間層にガス透過性の低いエバールが使われているため、ノンバリアカップに比べると変色による品質低下は抑制されていたが、容器内酸素濃度をより低下させるオキシガード®やレトバック®の方が品質保持効果は高く、イチゴのように酸素で劣化しやすい内容

物の保存に効果的である事がわかった。

イチゴジャムに比べるとマーマレードの保存に伴う品質変化は緩慢であり、容器間の差はあまり見られなかった。ただ、30℃、80%RHで12ヶ月保存すると、ノンバリアとラミコンカップは、色の官能評価によって商品性がなくなったが、オキシガード[®]とレトバック[®]は比較的高い値を維持しており、高温保存によるラミコンカップのガスバリア性低下によるものと推察される。柑橘類の褐変はアスコルビン酸が関与する場合が多く、李らはユズ果汁の褐変は酸素濃度や温度が高いと進行し、アスコルビン酸が主に関与していると報告している¹⁷⁾。マーマレードはユズ果汁に比べるとアスコルビン酸含量は極めて低いことから、このような変色は起こらず、品質が保持されたと思われた。加えて、マーマレードの色素であるカロテノイドはイチゴジャムのアントシアニンに比べて熱にも比較的安定なため、イチゴジャムほどの顕著な変色は起こらなかった。

以上の結果、内容物の特性によって容器の品質保持効果は異なり、マーマレードのように比較的酸素や高温保存による劣化が生じにくい内容物では、高温で保管しなければ、高機能容器を使う必要はなかった。しかし、イチゴジャムのように少量の酸素が品質に大きく影響する内容物では、ガスバリア性が高いだけでなく、能動的に容器内酸素量が低減できるオキシガード[®]やレトバック[®]でなければ品質が保てないことが明らかになった。特にレトバック[®]は透明で内容物が可視化できることから、消費者の購買意欲を高める効果が高い容器と思われる。それらの容器を用いると、30℃、80%RH保存でも6ヶ月、23℃、50%RHであれば12ヶ月まで商品性を有しており、ラミコンカップより品質保持期間を延長することができた。

まとめ

アクティブバリア容器の保存性能を評価するため、イチゴジャムおよびマーマレードを用いて従来のバリア容器との比較試験を行った。

イチゴジャムは保存に伴い色や風味の劣化が起き、23℃、50%RHでは、ラミコンカップは6ヶ月保存で商品性がなくなったが、オキシガード[®]とレトバック[®]は12ヶ月保存でも商品性を保っていた。30℃、80%RH保存では、いずれの容器でも急激に色の劣化が見られ、オキシガード[®]およびレトバック[®]も褐変が見られたが、ラミコンカップと比較すると変化は少なく、6ヶ月保存でも商品性は認められた。

マーマレードは12ヶ月保存後も23℃、50%RHであれば、外観は良く、容器による違いもなかったが、30℃、80%RH保存では、オキシガード[®]とレトバック[®]以外の容器で明らかな褐変が見られた。

謝 辞

本研究は東洋製罐(株)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。

引用文献

- 1) 杉山信之, 角田有紀, 木村與司雄, 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).
- 2) 葛良忠彦: バリア性包装材料の動向. 包装技術, 49 (12), 830-841 (2011).
- 3) 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-V 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 研究報告書, 16, 1-8 (1985).
- 4) 西郷 英昭, 久延 義弘: ラミコンカップ詰食品の保存性-VI-桃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 研究報告書, 17, 1-9 (1987).
- 5) 西郷 英昭, 久延 義弘, 松田 良子: 各種容器詰オレンジゼリーの保存性. 東洋食品工業短期大学・東洋食品研究所 研究報告書, 19, 99-110 (1992).
- 6) 葛良忠彦: アクティブバリアパッケージングの最新動向. 食品包装, 50 (2), 42-51 (2006).
- 7) 松尾淳一: アクティブ容器の開発と展開. 食品包装, 50 (2), 52-56 (2006).
- 8) 神崎敬三: 容器詰加熱殺菌食品の包装容器. 冷凍, 92 (12), 15-24 (2017).
- 9) 田口善文, 棹本一樹, 末兼幸子: アクティブバリア包装による内容物の品質保持効果 (パイナップル果実シラップ漬, コンビーフについて). 東洋食品工業短期大学紀要, 3, 12-17 (2015).
- 10) 日本缶詰びん詰レトルト食品協会. 国内生産数量統計 <http://www.jca-can.or.jp/data/jcadata.html> (2019年6月10日)
- 11) 本間清一: メラノイジンに関する食品化学的研究. 日本栄養・食糧学会誌, 58 (2) (2005).
- 12) 並木満夫: アミノ-カルボニル反応概説. 澱粉科学, 38 (1), 65-71 (1991).
- 13) 森光圀: 第1章果実缶詰. 缶, びん詰, レトルト食品, 飲料製造講義, 各論編. 日本缶詰協会編p106-109. 日本缶詰協会. 東京 (2002).
- 14) 中林敏郎: アスコルビン酸によるイチゴジャムの退色. 日本食品工業学会誌, 11, 469-478 (1964).
- 15) 中村紀美子, 村上恵, 平田達哉, 藤井宏栄, 中谷幸夫: 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).
- 16) 後藤 隆子, 奥 正和, 高橋 徹, 森 大蔵: 原料品種がイチゴフルーツプレパレーションの品質に及ぼす影響. 東洋食品工業短期大学・東洋食品研究所 研究報告書, 24, 19-28 (2002).
- 17) 李忠富, 沢村正義, 楠瀬博三: ユズ果汁の褐変とフルフラールおよび5-ヒドロキシメチルフルフラールについて. 日本食品科学工学会誌, 36(2), 127-131 (1989).