

総 説

脱酸素剤の食品への利用

若 松 修 司*

はじめに

脱酸素剤による食品保存とは、酸素を完全に除去した状態で食品を保存することである。

酸素（化学式 O_2 ）は空気中に21%存在し、私達人類を始め、生物の生育にはなくてはならないものであるが、食品の保存に対しては害を及ぼすことの方が多い。例えば、食パンや切もちに青カビが生えたり、米や豆に虫が発生したり、保存して置いたピーナッツやクッキーが変な臭いがして食べられなかったという経験は、誰れもが持ち合わせていると思う。これらの現象は酸素が影響しており、酸素を完全に除去すれば防げるのである。このように食品保存と酸素とは密接な関係にあり、酸素を完全に除去できる脱酸素剤による方法が有効であることがわかる。

さらに、最近の食品は、おいしさ、便利さ、健康性を追求したものが多く、食品保存上一段ときびしい環境に置かれている。水分を増した生もの指向、低塩、低糖化、加熱処理や冷凍保存の処理条件の低減、防腐剤などの廃止など、いずれもカビや腐敗、変色、酸化など保存上困難な壁に突き当たる。このように増々脱酸素剤の利用が望まれる状況になっているのである。

本稿では脱酸素剤について実用例も入れて説明する。

1. 脱酸素剤とは

酸素を化学的に吸収する素材を、酸素を通す小袋にパックしたものであり（写真-1）、この脱酸素剤を食品と一緒に密封容器中に同封することにより、容器内の酸素を完全に吸収除去し、食品を酸素の害から守るものである。

2. 脱酸素剤の種類

食品の特性に合わせて、現在次のタイプがある（表-1）。エージレス・Cは脱酸素剤ではなく、炭酸ガス、エチレン吸収剤である。

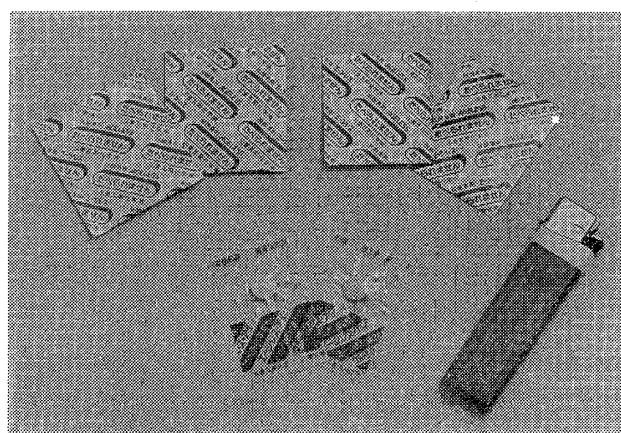


写真 1. 脱酸素剤エージレスと酸素検知剤エージレス・アイ

表 1. 脱酸素剤の種類

	エージレス・種類	機 能		用 途
		O_2	CO_2	
脱 酸 素 剤	F・FX			高水分食品用
	Z	↓		低水分食品用
	S			速効タイプ
	G	↓	↑	炭酸ガス発生タイプ
	E	↓	↓	焙煎コーヒー用
鮮度保持剤	C		↓	青果物用

機能：↓：吸収 ↑：発生を表わす

包装内の酸素の有無を色の变化で見分ける酸素検知剤のエージレス・アイもある。

脱酸素剤のサイズは酸素吸収量で20ccから3000ccまでである。

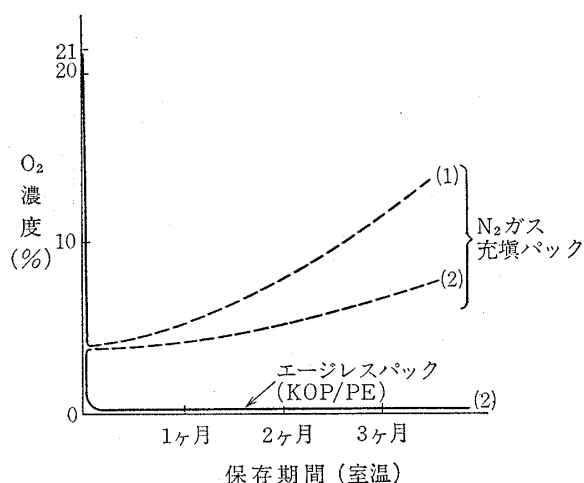
3. 脱酸素剤の使用方法

使用方法は簡単である。密封容器に保存する食品と共に脱酸素剤を入れて密封するだけでよい。

脱酸素剤の効果を正しく出すためには、容器内を必要

* 三菱瓦斯化学(株)東京工場

脱酸素剤の食品への利用



- (1) PT/PE (普通セロハン/ポリエチレン)
(2) KOP/PE (Kコートポリプロピレン/ポリエチレン)

図 1. 包材種類とパック内酸素濃度

期間無酸素状態に保たなければならない。そのために、次のことに注意する必要がある。

① 酸素バリア性の高い（酸素を通しにくい）包装材料又は容器を使用する。一般には酸素透過度が $20\text{cc}/\text{m}^2 \cdot 24\text{hrs. atm}$ 以下のものが使用されている。

② 脱酸素剤は食品の水分や劣化速度などを見て、適正な品種、サイズを選択し、容器内の酸素を必要な時間内でゼロにする。

③ シールを完全にし、外部との空気の流通を完全に遮断する。

4. 脱酸素剤による食品保存法の特長

脱酸素剤パックは真空パックやガス充填パックと比較されることが多く、これらの保存法と比較しながら、脱酸素剤パックの特長をあげると

① 完全な酸素除去ができる。

O_2 濃度0.01%以下にできるのは脱酸素剤しかない。

② 使用法が簡便であり、作業性が良い。

特に大型の機械設備を必要としない。

③ 商品の形態によらず、酸素除去ができる。

今まで真空パックやガス充填パックではむずかしいとされていた、粉状のもの、スライス状のもの、スポンジ状のものでも簡単に酸素除去できる。

④ 容器内の酸素をゼロで長期間維持できる。

脱酸素剤がフィルムを透過して入ってくる酸素を吸収し続けて、ゼロの状態を維持する。図1に N_2 ガス充填パックとの比較を示す。

⑤ 酸素検知剤により商品の品質管理ができる。

酸素濃度0.1%以下で色変化するため、脱酸素剤しか使用できない。最近エージレス・アイによる出荷管理などの商品チェックを行う所が増えてきた。

⑥ 高速、大量生産ができる。

自動投入機 (AG-1) の使用により、160ヶ/分までの高速投入が可能であり、生産性があげられる。

5. 脱酸素剤による食品保存効果

脱酸素剤による食品保存効果をまとめると表2になる。主な効果を詳述する。

(1) カビ防止効果

カビは好気性微生物であるので、酸素の存在する所で

表 2. 脱酸素剤の効果と適用食品例

	効 果	食 品
酸素の完全除去	カビ防止	和菓子（万頭、どら焼、最中、甘納豆など） 洋菓子（カステラ、バームクーヘン、フルーツケーキ、アップルパイなど）、切もち、甘栗、食パン、生パン粉、チーズ、生めん（生うどん、生ラーメン、生そば）、ピザクラスト、かまぼこ、はんぺん、ちくわ、なまり節、干物、干柿、乾燥いも、珍味（タコ、イカ、チーズタタキなど）
	油脂の酸化防止	ピーナッツ、ナッツ、ポテトチップ、フライビーンズ、あられ、揚げせんべい、クッキー、即席ラーメン、ケーキミックス、粉ミルク、胚芽、ソバ粉、凍り豆腐、魚粉、FD食品、サラミソーセージ、チーズ、マーガリン、干物、にぼし、ドーナツなど
	虫害防止	米、麦、豆、小麦粉、そば粉、乾しいたけ、かつおぶし、にぼし、干物、豆菓子、香辛料など
	変退色防止	サラミソーセージ、ハム、肉、味噌、醤油、ビーフジャーキー、とろろ昆布、生わかめ、乾燥野菜、粉末ジュース、生そば、凍り豆腐、煮干しなど
	風味、着辛保持	茶、コーヒー、のり、着辛料、カレー粉など
	栄養素保持	食品全般（ビタミン類、クロロフィルなど）
酸素の部分除去	簡易ガス調節貯蔵	青果物（りんご、柿、ぶどう、たけのこなど）

繁殖し、酸素の無い所では繁殖できない。脱酸素剤により酸素除去した状態（嫌気下）では表3のようにカビのコロニーが出ず繁殖できないことがわかる。そのために脱酸素剤によって、カビによる食品の劣化を防げるのである。

最近カビ毒が問題になっている。カビ毒の中でも最も発ガン性が高い *Aspergillus flavus* の産生するアフラトキシンについて表4の通り脱酸素剤処理区はアフラトキシンが検出されず、アフラトキシンの産生を防げることがわかった。

表3. カビの脱酸素剤（エージレス）嫌気下での生育の有無

菌 種 名	寒 天 培 地	30日培養後のコロニー形成の有無	
		大 気 中	エージレス区
<i>Aspergillus flavus</i>	YM	卅 (1)	—
	PD	卅 (1)	—
<i>A. parasiticus</i>	YM	卅 (1)	—
	PD	卅 (1)	—
<i>A. toxicarius</i>	YM	卅 (1)	—
	PD	卅 (1)	—
<i>Penicillium sp.</i>	YM	卅 (1)	—
	PD	卅 (1)	—

(注) 卅：旺盛に生育，—：コロニーの形成認められない。

28°C, 30日間培養

() 値はコロニーが初めて認められる日数

表4. *Aspergillus flavus* WF. 38 を接種した供試落下生より検出されたアフラトキシン (PPb)

試 験 区	アフラト キ シ ン	保 存 日 数 (日)				
		2	6	10	30	60
エー ジ レ ス 処 理 区	B ₁	ND	ND	ND	ND	ND
	B ₂	ND	ND	ND	ND	ND
エー ジ レ ス 未 使 用 区	B ₁	179	9060	7810	3790	3310
	B ₂	5	379	371	205	184

ND：アフラトキシン検出せず

アフラトキシンの検出限界値：2 PPb

保存条件：温度 25°C 湿度 90~100%

供試落下生：汚染されていない輸入の生落下生

表5. パンのカビ発生と酸素濃度

封入ガス組成		カビ発生の日変化						
O ₂	N ₂	2日目	4日目	6日目	8日目	10日目	12日目	14日目
*1) 0%	100%	—	—	—	—	—	—	—
0.2	99.8	—	—	—	—	—	—	—
0.4	99.6	—	—	—	—	+	+	卅
0.6	99.4	—	—	+	卅	卅	卅	卅
*2) 20.9	79.1	—	+	卅	卅	卅	卅	卅

(25°C 放置)

— カビコロニー発生が認められない。

+ カビコロニー発生が少し認められる。

卅 カビコロニー発生が多く認められる。

*1) 脱酸素剤処理

*2) 大気中の酸素濃度

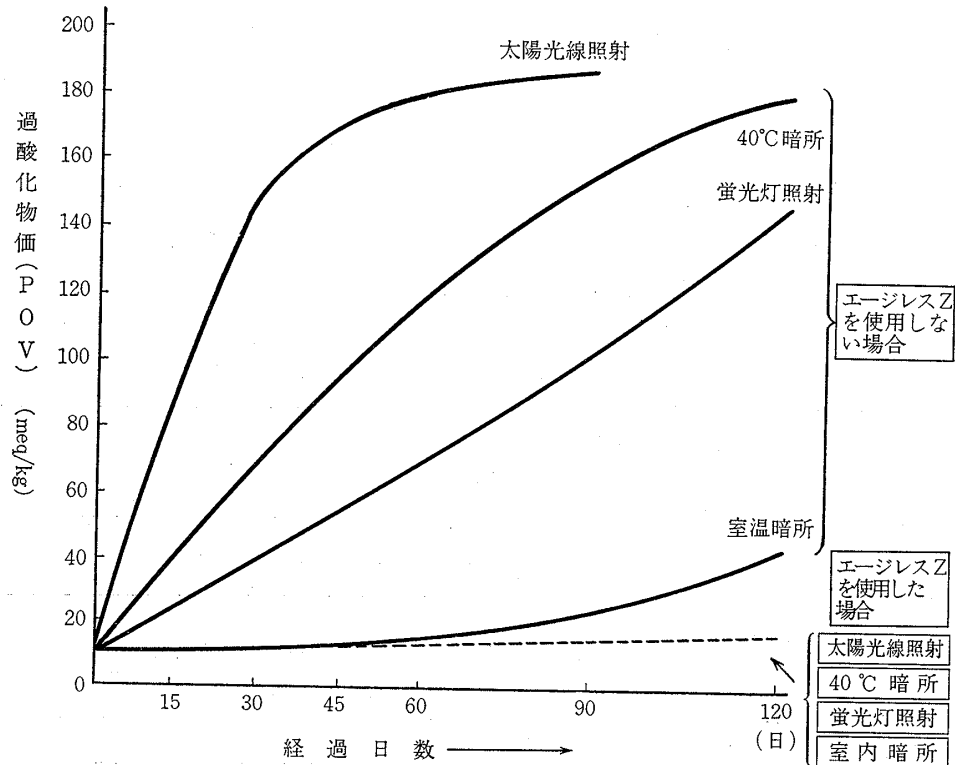


図2. 揚げおかきの過酸化価 (POV) の変化

脱酸素剤の食品への利用

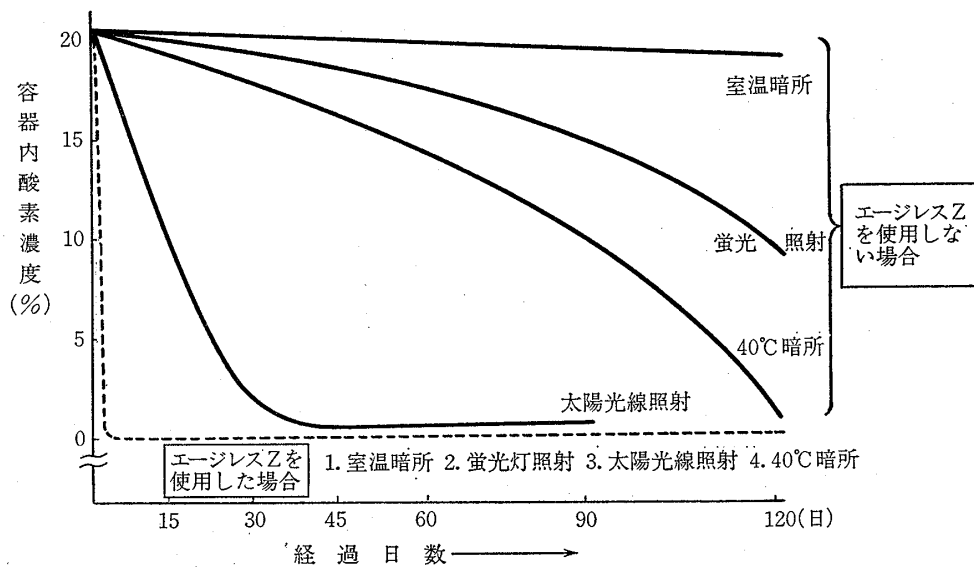


図 3. 揚げおかきのパック中の酸素濃度の変化

食パンにカビを植付けて酸素濃度とカビ発生との関係を調べたのが表 5 である。酸素濃度が 0.4% と低濃度でもカビが繁殖することがわかる。これより完全にカビを防止するためには、酸素をゼロに維持することが必要である。

(2) 油脂の酸化防止効果

油脂の酸化は酸素と反応して起るものが大部分であり、酸素を完全に除去すれば、油脂の酸化は抑えられるはずである。図 2 は油脂の酸化を、揚げおかきで調べたもので、油脂の酸化を促進するいずれの過酷条件下でも、脱酸素剤処理区は酸化していない。また図 3 で油脂の酸化が大きいもの程、パック内の酸素濃度が低く、酸素が油脂の酸化に使われているのがよくわかる。このように油脂の酸化防止には脱酸素剤が有効であることがわかる。

(3) 虫害防止効果

虫は生物であり、酸素がなければ生きられない。図 4 は食品に良く発生する害虫の各ステージ（成虫、蛹、幼虫、卵）についての殺虫試験の結果であるが、2 週間の脱酸素剤処理をすれば、いずれのステージのものも完全に殺虫できることがわかっている。これより脱酸素剤を使用すれば、穀類では従来の薬物によるやつかいな殺虫処理の必要もなく、自然の状態で貯蔵できるし、豆菓子、乾物などでは防虫効果に止まらず、酸化や変色、風味などの品質劣化も合わせて防止できるのである。

(4) 変退色防止効果

食品の色が変退色する現象も酸素による場合が多い。変色の激しい食品にとろろ昆布がある。とろろ昆布は緑色がすぐに赤褐色に変色してしまう。この緑色の変色と

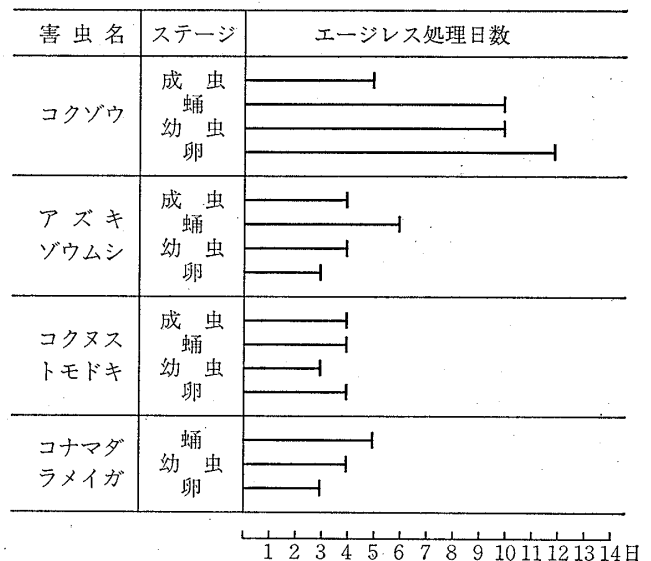
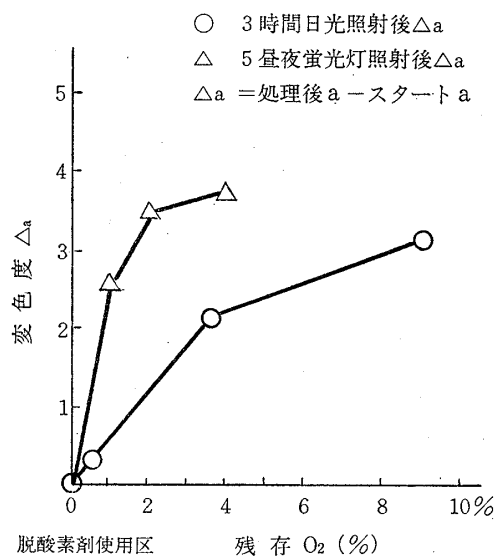
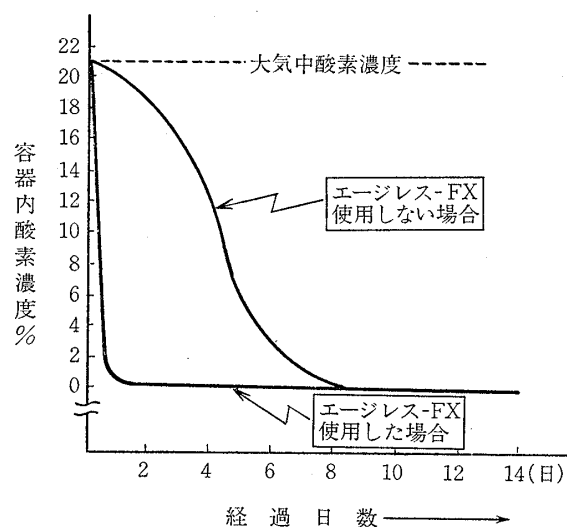


図 4. 殺虫率 100% に要するエージレス処理日数

酸素の影響を調べたものが図 5 である。日光や蛍光灯照射の過酷条件下でも脱酸素剤使用区 (O_2 0%) は赤褐色の増加が見られない。(4a が大きい程赤褐色の変化が大きくなる) 容器内残存酸素を 2% まで下げても変色は防げなく、酸素を完全に除去しないと効果がないことがわかる。さらに味噌やサラミソーセージなどでも脱酸素剤の変色防止効果が認められており、最近これらの分野での脱酸素剤の使用が急増している。

また、これらの防止効果により食品のシェルフライフが延びることから、脱酸素剤の使用により、生産調整や在庫調整、輸送上の合理化、販売地域の拡大など多くの

図 5. とろろこんぶの残存 O_2 (%) と変色度 (Δa)

食パン1枚 (65g), エージレス・FX-200 使用, フィルム (KOP/PE) 使用, 容器内空気量 800ml, 温度 25°C, 湿度 50%

図 6. 容器内酸素濃度の経日変化

マーケティング上のメリットが得られる。

6. 脱酸素剤の食品への適用例

食品への適用実例として, 食パン, 生もち, 赤飯, 味噌, 生鮭について詳述する。

(1) 食パン

① 目的:

食パンはきわめてカビの発生しやすい食品であるが, エージレスを使用した時の保存効果を確認する。

② 試験方法:

食パン1枚 (65g) をガスバリアー性フィルム (KOP®/PE) にエージレス・FX-200 とともに使用し, 温度 25°C 湿度 50% で放置して, 容器内の酸素濃度, カビ発生状態, 風味の経日変化を観察した。

③ 結果:

容器内の酸素濃度は図6のようにエージレス区は1日後には0.1%以下に達し, その後0.1%以下を保持した。一方エージレスを使用しない対照区はカビ発生により酸素が徐々に消費されて低下し, 10日後には0.5%に達した。

食パンの風味は対照区では4日目にカビ発生し食パンの風味が消え, 食味不可となったのに対しエージレス区は14日間, カビの発生もなく, 食パンの風味が保持された。

(2) 赤飯

① 試験目的:

赤飯にエージレスを使用して, 高温 (35°C) 室温 (25

表 6. 食パンのカビ発生状況

	0日	1日	2日	4日	6日	10日	14日
エージレス・FX使用	—	—	—	—	—	—	—
エージレス・FXを使用しない場合	—	—	—	+	卅	卅	卅

(—) カビの発生は認められない。

(+) カビのコロニーを1カ所認めた。

(卅) カビのコロニーを数カ所認めた。

表 7. 食パンの風味の経日変化

(5点評価法)

	0日	1日	2日	4日	6日	10日	14日
エージレス・FX使用	5	5	5	5	5~4	4	4
エージレス・FXを使用しない場合	5	4	4	2	1	1	1

5: 良

2: 非常に劣る

4: やや良

1: 賞味不可能

3: やや劣る

脱酸素剤の食品への利用

表 8. 赤飯の外観, 風味の変化

保存温度 区分			経日(日)	10	21	28	45	60	90
分析項目									
高温 (35°C)	AGS 区	CO ₂ %	—	—	0.2				
		O ₂ %	—	—	—				
		外 観	—	—	—				
		風 味	5	4	3				
室温 (25°C)	AGS 区	CO ₂ %	—	—	—	0.1			
		O ₂ %	—	—	—	—			
		外 観	—	—	—	—			
		風 味	5	5	4	3			
	対 照 区	CO ₂ %	0.2	5.2					
		O ₂ %	20.3	12.8					
		外 観	+	++					
		風 味	3	1					
冷蔵 (5°C)	AGS 区	CO ₂ %			—	—	—	—	—
		O ₂ %			—	—	—	—	—
		外 観	—	—	—	—	—	—	—
		風 味			5	5	5	5	5

CO₂

—: 0.1以下

外 観

—: カビなし

+: カビ少し発生

++: カビ多数発生

O₂

—0.01以下

風 味

5: 良好

4: やや良

3: 少し発酵臭

2: 強い発酵臭

1: 変質

°C) 冷蔵 (5°C) に保存した時のカビ防止・風味保持効果を確認する。

② 試験方法:

蒸し上げて冷却した直後の赤飯 500g を KON/PE 袋にエージレス FX-50 と共に密封して, 高温 (35°C) 室温 (25°C) 冷蔵 (5°C) 下に保存した。

経日毎にパック内のガス組成を分析すると共に, 開封して, 外観・風味の様子を調べた。室温保存区のみに対照区としてエージレスなしの他は同一の条件の検体を用意して比較した。

③ 試験結果:

1. 室温 (25°C) 保存の場合, 対照区は10日目に白カビが発生した。
2. エージレス区は, いずれの保存区にてもカビの発生は全く見られなかった。

高温, 室温の保存区では, それぞれ 3 週間目, 1.5ヶ月目に, 弱い発酵臭が認められた。冷蔵保存区では 3 ヶ月間発酵臭なく風味が良好に保持されていた。

(3) 味 噌

① 目 的:

味噌は保存すると褐変が起り, 風味が失われる問題

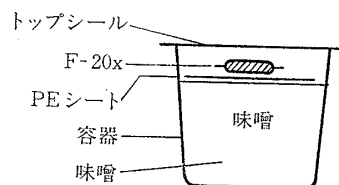


図 7.

がある。

エージレスを適用し, 白味噌, 赤味噌の褐変防止, 風味保持の効果を確認した。

② 実験方法:

図7のようにガスバリアー性の高い容器 (材質: PP/EVAL®/PP, トップシール材質: KOP®/CP, O₂透過度: 0.3cc/m²・24hrs. atm) に 1kg の味噌 (市販の白味噌・赤味噌) を入れ, エージレス・FX-20 (容器内の O₂ 量: 20cc) と共に密封した。その際, 味噌とエージレスは PE シート (80μ) で隔離した。

25°C, 1ヶ月保存し, 味噌表面の色を色差計で測定し, 風味を官能により評価した。対照区としてエージレスを入れないものを設け, 同一条件下で保存した。

③ 結 果:

エージレスの使用により, 味噌の褐変防止, 風味保持

脱酸素剤の食品への利用

＜包装形態と生鮭の性状＞

1	包材	KON/PE 180×250m/m
2	試料	185g
3	空気量	250ml
4	エージレス	FX-100L
5	水分	67.0%
6	水分活性	1.0/25°C
7	NaCl	0.14%

③ 試験結果

1. エージレス区は30日間にわたり、生鮭の色と香りを保持し酸化を防止出来ることを確認した。
2. 対照区は10日目に変色が認められ、以後変色が進

行し、香りの低下と酸化が促進され変質した。

7. おわりに

脱酸素剤が食品に利用されて、約10年になる。その間に、和菓子、洋菓子、生切もち、生麺、サラミ、各種珍味、カップ味噌、コーヒー、茶などに使用され、現在ではかなり広い分野で、脱酸素剤の利用を見ることができるようになった。しかし、食品界全体から見るとまだほんの一部分にしかすぎない。

今後、さらに多くの食品に脱酸素剤が利用されるように、もっと使いやすい脱酸素剤の開発、応用分野の開発、包装機械との関連技術の開発を進めていきたい。

新 刊 紹 介

村田 希久著

「栄養学とともに」

(B 6判 290 ページ 定価 1,800 円 化学同人)

著者村田教授については、読者の皆様は良くご存知のことと思うが、大阪市立生活研究所（所長は本会創設をされた下田吉人博士）を経て、大阪市立大学・帝国女子大学名誉教授である。また研究では、ビタミン B₁ の比色定量法として広く用いられ、現在でも強化食品のように B₁ 濃度の高いものには用いらているパラミノアセトフェンを用いる方法（プレブルダ・マッカラム法ともよばれている）の反応原理を解明されて、理学博士を得ておられる。またアノイリナーゼ、アミノ酸、大豆たんぱく質について優れた研究結果を出されておられる。

本書は著者の自伝と、研究について述べられたものであるが、副題に「大正・昭和に生きた母と娘」とあるように、著者の母親が、女学校の教師、栄養学校の教師として子供を育てながら学問に打ちこむ姿が書かれている。更に母親と共に海外旅行をされるなど、ほほえましい母娘が示されている。内容は、Ⅰ．回想：母・娘二人三脚で歩んだ研究と教育の道50年、Ⅱ．人間栄養学へのアプローチ、Ⅲ．世界見てある記・食べある記、Ⅳ．好奇心と科学——それを支えるもの、Ⅴ 若い女性科学者へ、からなっており、女性研究者の一読をおすすめしたい。(元山)