

食品の無菌充填包装システムと包装技法

誌名	農林水産技術研究ジャーナル
ISSN	03879240
著者名	横山,理雄
発行元	農林水産技術情報協会
巻/号	5巻10号
掲載ページ	p. 23-29
発行年月	1982年10月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



食品の無菌充填包装

システムと包装技法

横山理雄

ヨーロッパから持ち込まれた牛乳などの無菌充填包装食品は、わが国に定着し、充填される液状食品も、コーヒー用ミルク、果汁飲料ならびに清酒へと広がってきている。

とくに高性能な無菌充填包装機が開発され、さらに使用する包装材料の殺菌方式が確立するにつれ、液状食品以外の流動性食品についても無菌充填包装されるようになってきている。

最近では、新しい無菌充填包装システムも開発され、消費者向けばかりか業務用の無菌充填包装食品も生まれてきている。

これら無菌充填包装食品のシエルライフが長く、品質がよいのは、食品自体の高温短時間殺菌の技術が確立していることに加え、無菌充填包装機を含んだ機械器具のサニテーションが徹底したことと包装材料の殺菌が完全に行われたことなどがあげられる。

今回は、食品の無菌充填包装システムと包装技法についてふれてみたい。

1. 無菌充填包装食品の歴史¹⁾

無菌充填包装食品の歴史は、缶詰の無菌充填から始まったといわれている。1917年 Aseptic 缶詰²⁾に無菌缶を使う試みがなされたが実用化できず、長い間試験を続け、Dole システムが確立したのち、現在みられるようなプリン、スプレッドミートなどの無菌充填缶詰ができるようになった。最近では、熱風式無菌缶詰製造法が Dole 社によって開発されてきている。

一方紙容器に対する無菌充填包装システム³⁾の応
Michio YOKOYAMA: Aseptic packaging system and its packaging technique for foods.

用は比較的新しく、1951年にスイスで牛乳をロングライフ化する研究が始められ、1961年にスウェーデンのテトラパック社で工業化され、1965年頃から世界中で注目されるようになり、ヨーロッパを中心に発展してきた。そのうち、製函された紙容器を使うピュアパック、リキパックなどの無菌充填包装システムも生まれ、牛乳、果汁飲料などが無菌充填包装されるようになった。

プラスチックシートを殺菌して、成型、充填シールする Thermoforming machine の開発研究が進められ、Bosch TFA 240⁴⁾、Primpak⁵⁾システムが開発され、最近では、包材を殺菌しない Conoffast⁶⁾、Erca⁷⁾などの新しい無菌充填包装システムも開発されてきている。

また、プラスチック容器を使用し、ケチャップなどを充填する無菌充填包装システムも確立し、工業化されている。なお、共押しフィルムを使用した Bag in box による無菌充填包装機も開発され、この方式によって牛乳やトマトペーストが無菌充填包装されている。

ガラス瓶に対する無菌充填包装⁸⁾は、アメリカの Avoset 社で1942年に開発され、無菌クリームを殺菌された瓶に充填する方式が実用化された。一方、ヨーロッパにおいては、イギリスがこの方式のパイオニアであり、英国国立乳業研究所が NIRD 無菌充填包装システムを確立した。このシステムは、ガラス瓶に153℃の蒸気を1.5秒間ふきつけ、殺菌したのち、滅菌牛乳を充填、スクリュウキャップをしめる方式である。ワインなどの無菌充填では、希薄な液状SO₂でガラスびんを殺菌する高速タイプの殺菌装置が開発された。

第1表 世界各国で使用されている UHTS 滅菌装置⁹⁾

	滅菌装置	製造会社	所在地	
直接加熱法	インジェクション	Uperizer VTIS Thermodule* Aro Vac	APV Co. Alfa-Laval Co. Alfa-Laval Co. Cherry Burrell Co. op	イギリス スウェーデン スウェーデン アメリカ
	インフュージョン	Palanisator Thermo Vac Vac-Heat	Paasch & Silkeborg Co. Brell & Martel Co. Creamery package Co.	デンマーク フランス アメリカ
間接加熱法	プレート式	Ultamatic VTSA Ahlborn Ster-in 3UHT Sordi Srerideal	APV Co. Alfa-Laval Co. Ahlborn Co. Eran Co. Sordi Co. Stork	イギリス スウェーデン ドイツ イタリアー イタリアー オランダ
	チューブラ式	Thermutator Spirathein	Cherry Burrell Co. op Cherry Burrell Co. op	アメリカ アメリカ

*直接式・間接式兼用

2. 無菌充填包装システム

液状食品や流動性食品の無菌充填包装システム⁹⁾には、食品を無菌化する超高温短時間殺菌装置 (UHTS) とそれら食品を冷却する冷却機、無菌的に充填する機械などと、包装材料を過酸化水素水などで殺菌しながら、食品を充填包装する無菌充填包装機械とがある。

2.1 超高温短時間殺菌装置

無菌充填包装される牛乳などの液状食品は、無菌充填される前に、高温短時間、加熱殺菌を行い、微生物は殺菌されていなければならない。

一般にロングライフミルクなどは、130~150°Cの温度で2~6秒間超高温短時間殺菌 (UHTS) されている。殺菌装置については、直接加熱法と間接加熱法とがある。第1表に、世界各国で使用されている超高温短時間殺菌装置⁹⁾について示した。直接加熱法では、スチームの凝縮により製品の希釈が生ずるので凝縮水と等分の水分を取り除かねばならない。これはパキュームチャンパー内で製品をフラッシュすることによって取り除かれる。わが国では、この直接法は加工乳の製造に使われている。

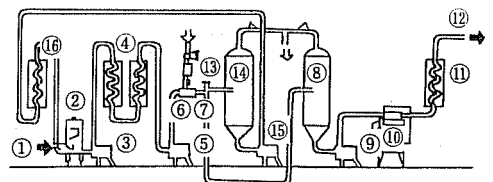
直接加熱法の一例としてアルファ・ラパル社のVTIS滅菌機の工程図を第1図に示した。この工程図から、原料牛乳にスチームが噴射され、真空室で

過剰の水分が取り除かれて無菌冷却機で冷却されることがわかる。

無菌充填包装機に、この直接加熱装置を連動する場合、充填ヘッド^⑥の冷却牛乳パイプをジョイントするようにしたらよい。

2.2 無菌充填包装機械






第2表に、世界各国で使用されている無菌充填包装機械の概要¹⁰⁾について示した。この表からもわかるように、ドール社は金属缶を200°C程度のドライスチームで殺菌して、連続的に食品を充填包装している。牛乳、果汁飲料などの液体食品については、テトラパック社で開発された無菌充填包装機械があり、包装材料は過酸化水素水で殺菌されている。プラスチック容器成型方式については、わが国では、



①原料牛乳 ②フロートタンク ③ポンプ ④予熱器
⑤ポンプ ⑥蒸気噴射ヘッド ⑦ホルダー ⑧真空室
⑨ポンプ ⑩ホモジナイザー ⑪無菌冷却器 ⑫牛乳出口
⑬流れ転換バルブ ⑭流れ転換乳真空室 ⑮ポンプ
⑯冷却器

第1図 アルファラパル社のVTIS滅菌機の工程図

第2表 各社の無菌充填包装機械の概要¹⁾

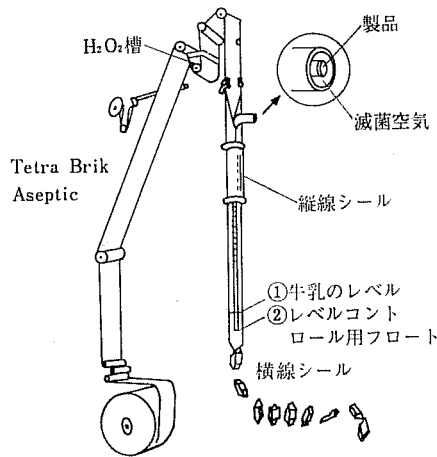
会社名	包材(容器)	包材(容器)の滅菌	工場環境	包装形態
ジェームス ドール社 (アメリカ)	金属罐を使用	加熱蒸気 (約200℃程度のド ライスチーム)	特に指定なし	
テトラパック社 (スウェーデン)	容器成型方式 紙を基材として、アルミ箔とポリ エチレンを貼合わせた複合原反を 使用	過酸化水素水 (電熱による過酸化) 水素の分解	特に指定なし	 テトラパック
ヤーゲン ベルク社 (西ドイツ)	カートン方式 あらかじめ容器成型工場で一個一 個の容器に組まれたもの、エチ レンオキシドガスにて滅菌済の もの使用	過酸化水素水 (温風による過酸化) 水素の分解	無菌室に包装 機械を設置す る必要がある	 コンビブロック
エクセロ社 (アメリカ)	カートン方式 あらかじめ容器成型工場で一個一 個の容器に組まれたもの、エチ レンオキシドガスにて滅菌済の もの使用	過酸化水素水 (温風による過酸化) 水素の分解	無菌室に包装 機械を設置す る必要がある	 ピュアパック
中京電機(株) (日本)	容器成型方式 プラスチックフィルム、原反、アル ミ箔原反を使用	過酸化水素水 (温風および電熱に よる過酸化水素の 分解)	特に指定なし	 カップフォーム プリスター パック

CKDの開発した過酸化水素による包材の殺菌方式があり、海外では、Bosch, Prime pak 方式がある。また Bag in box については、牛乳やトマトペーストを充填する Auto Fillx という無菌充填包装機械がある。

牛乳の無菌充填包装機としては、スウェーデン、テトラパック社のテトラパック・アセプティック充填包装機がある。第2図に、テトラ・アセプティック・ブリック充填包装機について示した。この図からもわかるように、包装材料が H₂O₂ 槽を通過したのち、二次殺菌工程は加熱エレメントによって行われ、包材内面がヒーターによって加熱される温度は最終的に約 120℃になる。

この充填包装機の能力は、8~18ccの容量で1時間に9,000パック生産でき、1,000ccの場合は、1時間に3,600パック生産できる。このテトラパックに使用される包装材料は、紙とアルミ箔が5層にラミネートされたものである。

また、牛乳の無菌充填包装機としてピュアパック無菌充填包装機も世界各国で使われている。ピュアパックのアセプティック用カートンはアルミ箔を使用した5層構成になっている。これら包装材料は、



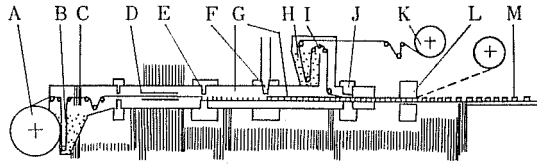
(日本テトラパック技術資料)

第2図 テトラパック・アセプティック充填包装機

酸化エチレンで殺菌されたのち、ユーザーに持ち込まれる。

このピュアパックシステムでは、250cc, 500cc, 1,000ccの牛乳を無菌充填包装することができる。

プラスチックシートをフォーム・フィール・シー



A：プラスチックシート B：過酸化水素槽 C：過酸化水素除去装置 D：シート加熱装置 E：成型装置 F：内容物充填機 G：無菌エア-陽圧室 H：過酸化水素槽 I：過酸化水素除去装置 J：シール装置 K：アルミニウム箔塗材 L：製品打抜き装置 M：製品搬出コンベア

第3図 フォーム・フィール・シール無菌充填包装機¹¹⁾

第3表 液状食品と流動性食品の新しい無菌充填包装機¹²⁾

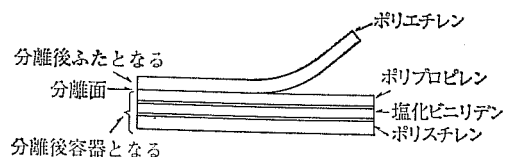
システム名	国名	包装材料	内容物	システムの特徴
Liqui pak	米	紙容器	牛乳, 果汁飲料	ブリックタイプ, 過酸化水素と紫外線殺菌
Dole	米	金属缶とコンボジッド缶	ペースト, プディング, 果汁飲料	従来のスチーム殺菌(221~226℃)から熱風(116℃)殺菌
Asepak	米	プラスチック巻き取りチューブ	ミートソース トマトケチャップ	過酸化水素や紫外線殺菌を用いない。インフレーションチューブを使用
Conofast	米	プラスチック多層シート	コーヒー用ミルク プディング	多層シートを剥がして無菌状態になっている内面を容器として使用
Erca	仏	プラスチック多層シート	果汁飲料, プディング, コーヒー用ミルク	多層シートを剥がして無菌状態になっている内面を容器とふたに使用
Thimonnier	仏	巻き取りプラスチックフィルム	牛乳, 果汁飲料, ペースト	包装材料をアルコールと紫外線で殺菌
Hassia	西独	プラスチックシート	ヨーグルト, デザート食品	包装材料を130~150℃の高温とスチームで殺菌
Hamba	西独	プラスチックシート	ヨーグルト, プディング, 果汁飲料	高性能紫外線殺菌装置(BBC)で包装材料を殺菌

ルする無菌充填包装機¹¹⁾は、第3図のようになっている。プラスチックシートは過酸化水素槽で殺菌されたのち、過酸化水素除去装置で過剰の過酸化水素が除去され、容器が成型される。成型された容器に無菌ミルクが充填され、滅菌されたふたでシールされ、ポーションカットされて製品化される。

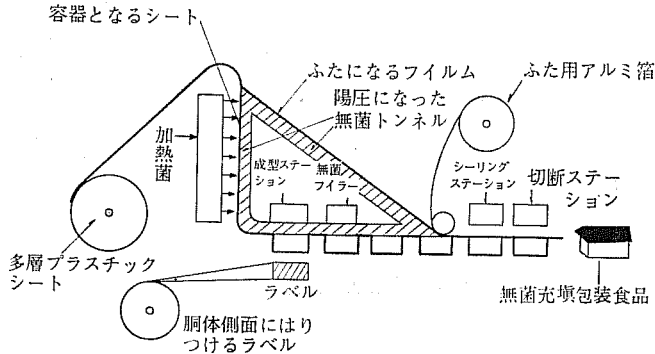
第3表に、液状食品と流動性食品の新しい無菌充填包装機¹²⁾について示した。新しい無菌充填包装機は、包装材料や容器の殺菌を従来の過酸化水素から、熱風、スチーム、アルコールと紫外線などの殺菌に切りかえられている。また、プラスチック多層シートの表層を剥がして無菌状態になっている内面を容器とする新しい機械も生まれてきている。

フランスの Erca 社では、プラスチック容器を使用した新しい無菌充填包装機を開発した。その機

械⁷⁾では、第4図のように、180~200℃で押し出された多層プラスチックシートを底材とふたに剥がしてから無菌容器を作るものであり、第5図のような機構図になっている。このシステムでは、積層シートが剥離工程で容器になる部分とふたになる部分に分離され、容器用のシートは、加熱、成形されてから、その容器の中に無菌化された食品が無菌充填されたのち、ふた材によって完全密封される。この無



第4図 Erca 無菌充填包装システムに使われる多層プラスチックシート⁷⁾



第5図 Erea 無菌充填包装システム機構図⁷⁾

菌充填包装機械は、従来の機械と異なり、包装材料の殺菌には、過酸化水素を使わずに、高温で押出され、無菌状態になっている包材の内面を使うようになっている。しかし、剝離された容器用シートやふた材が通過するトンネル、成型ステーション、充填ステーションは、事前に無菌状態にしておかなければならない。充填機の洗浄・殺菌には、CIPシステムが採用されており、洗浄薬品、水蒸気と殺菌燃焼空気が循環し、充填機とノズルを完全殺菌している。

2.3 包装材料の微生物殺菌

紙容器には、水から由来する¹³⁾ *Bacillus*, *Achromobacter*, *Flavobacterium* の細菌や *Rhodotorula* の酵母、*Cladosporium* などのかびが生育しており、酢ビエマルジョン系接着剤では、*Pseudomonas aeruginosa* 緑濃菌、*Bacillus subtilis* 枯草菌などの細菌や *Aspergillus niger* 黒かびなどが生育している。

また、一般の食品包装材料に使われているアルミ箔と薄紙¹⁴⁾をラミネートしたのものには、*Bacillus subtilis*, *Aspergillus flavus* などの微生物が生育している。

液状食品や流動性食品を無菌充填包装する場合、包装材料に生育している微生物は次のように殺菌される。

加熱殺菌は、金属缶、ガラスびんや耐熱性プラスチック容器などの殺菌に効果があるが、プラスチックフィルムのように加熱によって収縮する製品には、この方法が適用されない。この方式には、Hot air と過熱スチームによるものがあり、いずれも 120℃以上の高温で加熱しなければならない。

牛乳の紙容器や Bag in box 用のプラスチック

フィルムがエチレンオキシドガスによって殺菌されている。このエチレンオキシドガスは、相対湿度30~70%RH、温度32~66℃の条件で、空気1 l 当り 450mg のエチレンオキシドガスが含まれているとき効果があるといわれている。エチレンオキシドガスの条件¹⁵⁾を、54.4℃、30~50%RHで1 l 当り500mg含まれた場合、D値は *Bacillus subtilis* の孢子で6.66分、耐熱性のある *Bacillus stearothermophilus* の孢子は2.63分であり、*Streptococcus faecalis* は3.04分になっている。

ロングライフミルク、果汁飲料やコーヒー用ミルクなどの無菌充填包装機には、過酸化水素殺菌装置¹⁶⁾が組み込まれている。

過酸化水素より生ずる発生機の酸素によって、微生物の細胞膜が変性したり、微生物の酵素活性が低下し、微生物の発育を阻止するといわれている。*Bacillus polymyxa* の細菌孢子¹¹⁾は、30℃、30% H₂O₂ で、最長時間20分で死滅するが、*Bacillus stearothermophilus*は1~5分の短時間で死滅することがわかる。

30%の過酸化水素濃度のとき、加熱温度と細菌の死滅作用について、Gerhard¹⁷⁾は加熱温度が高くなれば、細菌の死滅は早くなり、30%過酸化水素を80~90℃にした場合 *Bacillus stearothermophilus* の孢子も10数秒で死滅すると報告している。

エチルアルコールは、食品に使用される場合、保存料と殺菌剤の二つの役割をもっている。エチルアルコールの殺菌作用については、多くの研究者が報告している。芝崎¹⁸⁾は、エチルアルコールの細菌に対する死滅効果について、大腸菌 *E. Coli* は60~80%の濃度で30~60秒で死滅し、*Staphylococcus aureus* は70%、10秒内、*Pseudomonas aeruginosa*

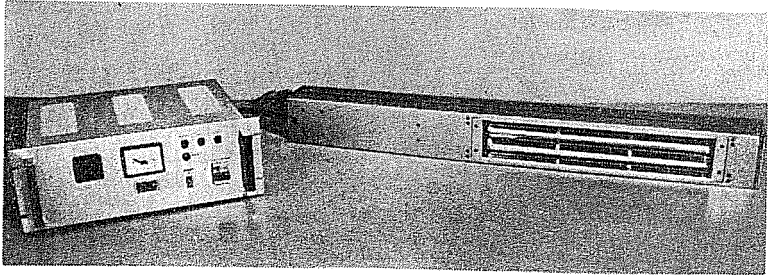


写真1 高性能な紫外線殺菌装置

は30~100%, 10秒で死滅することを報告している。

最近、液状食品の無菌充填包装機に高性能な紫外線殺菌装置¹⁹⁾が使われている。スイスのブラウン・ボベリ社(BBC)では、写真1のような高性能な紫外線殺菌装置を開発した。この装置の紫外線強度は、1 cm²当り約200mWであり、従来のこの種の装置1 cm²当り約5 mWに比べ強い線量である。このBBCのUVランプの微生物に対する殺菌効果²⁰⁾については、このランプを10.5 cmの距離から照射したとき、30mW/cm²の照射効力で*Bacillus subtilis*と*Bacillus stearothermophilus*の孢子は1秒間で10⁵の孢子が10¹に急速に低下することが報告されている。

3. 無菌充填包装の実際

3.1 果汁飲料

最近、ミカン、リンゴなどの天然果汁飲料が好んで飲まれており、それらの果汁の缶詰、びん詰や紙容器詰が出回ってきている。

それら各種包装形態のなかでも、紙容器に詰められた天然果汁飲料が、風味がよい点と容器が焼却される点などでぐんぐん伸びてきている。

果汁製品に生育する微生物²¹⁾には、細菌では *Acetobacter xylium*, *Acetobacter malanogenus* などの酢酸菌や *Lactobacillus plantarum*, *Leuconostoc*, *Bacillus*, *Microbacterium* などが、酵母では *Candida*, *Rhodotorula*, *Saccharomyces* などが、かびでは *Penicillium expansum*, *Aspergillus nidulans* などがあげられている。

市販されている一般の果汁飲料の微生物²¹⁾を調べたところ、天然果汁30~50%の果汁飲料では、*Bacillus*, *Acetobacter*, *Streptococcus*, *Lactobacillus* の他に酵母も検出されており、紙詰びん詰生ジュースでは、*Acetobacter*, *Bacillus*, *Corynebacterium*

や酵母が検出されている。しかし、最近では、無菌充填包装された果汁飲料が多く出回ってきており、ミカン、リンゴなどの天然果汁が殺菌された紙容器に無菌充填包装されている。

この果汁飲料の無菌充填包装方法²²⁾は、基本的には牛乳の場合と同じと考えてよいが、果汁のpHが4.5以下であるため、殺菌処理の対象となるのは、酵母、かびや乳酸桿菌などになる。そのため殺菌装置の最高温度は100°C以下になるのが普通である。

一般に、うんしゅみかんの果汁殺菌の例では、90~93°Cで数秒間殺菌したのち、約20°Cに急冷し、紙容器に無菌充填包装される。これらの無菌充填包装機は、過酸化水素で紙容器の微生物を殺菌する方式がとられており、代表的な機種としてテトラパック無菌充填包装機 A B-200型、A B-500型などがある。

また、海外では、果汁飲料の無菌充填包装に316°Cの Hot Air で殺菌された無菌缶を使う試みがなされており、プラスチック容器の殺菌に高性能紫外線殺菌装置も使われている。

3.2 トマト製品

アメリカでは、5ガロン缶を使用してトマトピューレを無菌充填包装している。わが国でも、遅まきながら、これら無菌充填包装の試験が行われ、テストプラントでは成功し、実用化の段階にきている。

このトマトピューレの無菌充填包装方式²³⁾は、トマトピューレをスチームインジェクション方式により瞬間的に所定温度まであげ、減圧室内部でフラッシュすることにより、ピューレ中の過剰の水分をとばし、冷却させ、そののち、バイオクリーンルーム内で無菌充填包装するものである。

トマトペーストや果物のペーストは、缶詰にされてから加熱されているものが多い。イタリアのDescò²⁴⁾社では、トマトペーストの無菌充填包装システムを完成し、夏期には1日750トンのトマト

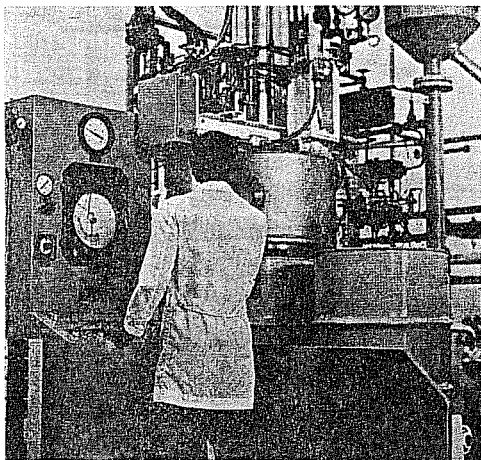


写真2 Desco社で採用されているトマトペーストの無菌充填包装システム²⁴⁾

ペーストを無菌充填包装している。

このシステムは、高温で殺菌されたトマトペーストが30~35°Cに急冷され、120°Cに殺菌された金属ドラム缶(208 l)に無菌充填包装されるものであり、Rossi & Cateli社の殺菌機とFranrica社のQuadraseptic無菌充填包装機が組み込まれている。

この無菌充填包装機では、写真2のように、内面プラスチックコーティングされた金属ドラム缶が、スチームによって殺菌冷却されたのち、殺菌されたトマトペーストが1分間18ドラムのスピードで無菌充填包装される。このシステムでは、生産性もあがり、従来は250人の作業員で生産していた製品が、わずか9人で、できあがる。その上でできあがった製品の品質もよく、ビタミンCなどの破壊も少ないということがいわれている。

(呉羽化学工業株式会社・食品研究所長)

文 献

- 1) 横山理雄：包装システムと衛生，第1集，10~20，1979
- 2) J. A. G: Food Manufacture, September, 48~51, 1973
- 3) 十条製紙(株)ピユアパック部：パッケージン

- グ, December, 85~92, 1976
- 4) Bosch Report: Food Manufacture, November, 28, 1975
- 5) Romeo T. Toledo and James R. Chapman: Food Technology, November, 68~75, 1973
- 6) Aseptic Technology: Food Engineering, March, 62~65, 1982
- 7) 八木直樹：食品機械装置，19, No. 1, 65~73, 1982
- 8) 横山理雄：防菌防黴，10, No. 3, 129~137, 1982
- 9) 今戸正元：日本食品工業学会シンポジウム集，91~102, 1978
- 10) 高木勇，鈴木秀夫：食品機械装置，No. 11, 43~49, 1976
- 11) 薄田亘：防菌防黴シンポジウム資料集，69~78, 1977
- 12) 横山理雄：食品工業技術会議資料，1~15(東京，1982, 5)
- 13) 長沼和男：包装技術，15, No. 8, 26~29, 1977
- 14) 井上真由美：工業材料，25, No. 56~66, 1977
- 15) 芝崎勲：食品工業，8月下旬，73~82, 1975
- 16) 鈴木秀夫：食品工業，21, 4月下旬，46~56, 1978
- 17) Gerhard Cerny: Verpackungs Rundschau, 27, 27~32, 1976
- 18) 芝崎勲：薬剤による殺菌，文光堂，東京，p. 131, 1974
- 19) 横山理雄：食品工業，24, No. 8, 20~29, 1981
- 20) Gerhard Cerny: Verpackungs Rundschau, 28, 77~82, 1977
- 21) 山口皓司，村上久雄：New Food Industry, 22, No. 3, 12~22, 1980
- 22) 横山理雄：食品衛生研究，29, No. 11, 79~95, 1979
- 23) 石川庄五郎：ジャパンフードサイエンス，17, No. 7, 56~59, 1978
- 24) V. H. Lemaire: Food Engineering, December, 28~33, 1981