

フィルム包装食品の加熱殺菌法とその保存性

鈴木 保 治・西 郷 英 昭・池 上 義 昭・三 島 公 子

HEAT PROCESSING OF FILM PACKAGED FOODS AND THEIR STORAGE STABILITY

Yasuji Suzuki, Hideaki Saigo, Yoshiaki Ikegami, and Kimiko Mishima

For sterilizing film packed foods over 100°C, a superimposed air pressure must be held over the bags in the retort in order to prevent any burst caused by the increase of inner pressure during heat processing. A steam-air process first investigated by Pflug, where the bags are sterilized in a controlled high-pressure air-steam mixture is preferred to the conventional water-air process.

Flat pouched foods, allowing faster transfer of heat to the critical points, are sterilized in a shorter time than canned foods. Processing of film packed foods at lower temperature can be accomplished rather easily without the imposed pressure.

Results of storage examinations show that foods in all-plastic pouches deteriorate faster because of the gas permeability of the film when compared to aluminum foil-laminated plastic pouches or glass jars.

緒 言

近年における合成樹脂の目覚ましい発展に伴って、フィルム包装材の種類も多くなり、食品分野においても各種のフィルム包装 (Flexible Package 略してFP) が用いられているが、最近では耐熱性の良好なものが開発され、高温で包装食品が加熱殺菌できるようになってきている。

FPは元来、簡易包装として乾製品、あるいは砂糖や食塩含量が多く、比較的保存しやすいものに広く利用されてきた。また、腐敗しやすい食品では魚肉ソーセージが塩化ビニリデン系のフィルムに包装され加熱殺菌されているが、防腐剤の併用によって保存性を高めている。しかし、防腐剤の使用を許可されている食品は一部のものに限定されているので、比較的保存性のある食品は別として、一般の食品をフィルム包装して腐敗から守るためには、冷蔵する以外にはやはり缶詰と同様に加熱殺菌することが必要である。

缶詰の殺菌において、pH 値が 4.5 以上の低酸性食品に対しては、食品に悪影響をおよぼすような耐熱性細菌の芽胞を死滅させることを目標に、米国では少なくとも公衆衛生上、有害となるようなボツリヌス菌の芽胞を死滅させることに基準をおいているが、100°C以上普通は110~121°Cの高温が用いられている。pH 4.5 以下の酸性食品では、食品を腐敗するような微生物は耐熱性

が弱く、 100°C またはそれ以下で破壊することができ、耐熱性の胞子が生き残っても発育できないことに基づいて、少なくとも食品のすべての粒子を 82°C に加熱することによって商業的殺菌が行なわれている。したがって、包装食品を缶詰と同様に加熱殺菌するには、低酸性食品に対しては 121°C の高温に十分耐えられる F P であることを要し、pH が 4.5 以下の果実類を主とする酸性食品に対しては、 100°C またはそれ以下で行なう加熱殺菌処理に応じられるものがあれば用いることができる。もちろん、加熱殺菌に耐えても F P 自体の特性に変化を生じ、そのために食品の保存性に影響を与えるようでは困る。

現在、わが国で食品包装に用いられている F P ではポリエチレン、セロファン、ポリエチレン、塩化ビニリデン塗布セロファン、ポリエチレン、塩化ビニリデン系フィルム、ポリエステル、ポリエチレンなどが低温殺菌に利用されているが、 100°C 付近からそれ以上の耐熱性のあるものとしては、ポリプロピレン、電子線照射ポリエチレン、中密度あるいは高密度ポリエチレンおよびそれらとポリエステルをラミネートしたものなどがある。

1. 加圧殺菌冷却法

フィルム包装食品は 100°C 以下で殺菌する場合には比較的簡単であるが、 100°C 以上で殺菌する時は F P の性質上、加圧殺菌冷却法を用いないわけにはいかないので缶詰の普通殺菌法より少し複雑である。缶詰では殺菌加熱によって缶内に発生する圧力の増大に金属缶はよく耐えるが、フィルム包装では殺菌中、とくに殺菌終了の冷却時に包装の内外における圧力の均衡が大きく破れた時、金属缶のように内圧に耐えることができず破壊する。Davis ら²⁾ は水を満たしたポリエステルの袋をレトルト中で 232°F (111°C) に加熱したが、袋内に生じた差圧(袋の内圧とレトルト圧との差)は加熱中は小さいが、蒸気を止めてレトルト圧が大気圧まで落ちると Fig. 1 のごとく最高に達する。そして 240°F (115°C) あるいは 250°F (121°C) の処理では加熱中はほぼ同じような結果が得られたが、冷却時にはレトルト圧が大気圧に達する前に破袋したと述べている。破袋を防止するには少なくとも袋の内圧に見合うだけの外圧を要し、実際には圧搾空気をレトルト内に導入し、袋の膨張を抑えつつ殺菌と冷却が行なわれる。このような加圧殺菌冷却法は瓶詰

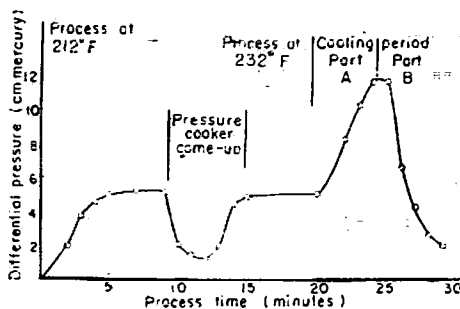


Fig. 1 Differential pressure in a 4in×3in bag filled with 50ml water during processing and cooling.

(E.G.Davis, M. Karel and B.E. Proctor, 1960)

のレトルト殺菌においては瓶蓋の密封を保つ必要上、以前から用いられているが、蒸気と空気が混合している場合にはレトルト内の温度分布が均一でないという理由から加熱水中で殺菌されている。

F P の殺菌では始めは瓶詰と同様に加熱水中で加圧殺菌する方法が用いられ、Nelson ら¹⁾ によりレトルト—熱交換器の循環方式による水の加熱法も報告されている。また、蒸気殺菌では殺菌終了の冷却時にのみ空気で加圧する方法も使われるが、殺菌中に破袋する危険があるので

はじめから加圧することが必要である。Pflug ら³⁾は蒸気空気混合系による加熱殺菌法を詳細に研究し、空気が混合してもレトルト内の温度分布に変動なく、包装食品が均一に殺菌できることを報告している。包装トマトピューレーの240°Fにおける殺菌では、蒸気90%、空気10%の混合および蒸気75%、空気25%の混合で加熱した時の fh (加熱される食品の熱伝達速度を表わし、レトルト温度と包装食品の中心温度との差が $\frac{1}{10}$ になる時間を示す)は、100%蒸気あるいは水中加熱の時より幾分異なるが、両混合系の間では差がなかった。100%蒸気と混合系との差は混在する空気の影響によるものとしている。小松⁵⁾は蒸気と空気をあらかじめ混合せず、別個にレトルトに導入すればレトルト内の温度分布が不均一になるが、混合してから導入すれば温度分布に変動なく、蒸気の混合率を65%まで下げても伝熱速度に実用上の影響のないことを認めている。

このように圧搾空気を導入しつつ蒸気で加熱殺菌できることが明らかとなり、缶詰のように水中加熱では水温の上昇に時間を要し、また袋の浮上も防がなければならないが、蒸気空気混合系ではその必要もなく、レトルト温度の上昇も早いので包装食品の加熱殺菌には水中加熱よりも有利である。

2. FPの固定と殺菌

FPは金属缶のように自らは固定した形態を保ち得ないので、包装食品が均等に加熱されるためにはPflugらの用いた金属製の棚の使用が便利である。Fig. 2のごとく一定の間隔でならんだ金属板の間に包装食品を入れて一定の厚さとし、隣る金属板との間には自由に蒸気が通過できるので、個々の食品が接触することなく均等に加熱殺菌することができる。包装食品の加熱速度に与える金属棚の影響は小さい³⁾。

このようにFP包装食品は扁平もしくは、それに近い形態で殺菌できるので同じ内容量なら食品の厚さが小さいほど中心部への熱伝達が早い。したがって、円筒形の缶詰よりも同じ内容量ならFP包装のほうが早く加熱され、殺菌時間も短くなるので食品の品質を保持する上からも有利である。Keller⁴⁾は5.5オンスのビーフステーキの250°Fにおける殺菌時間をFP包装では15分、缶詰(300×200)では55分としている。Pflug

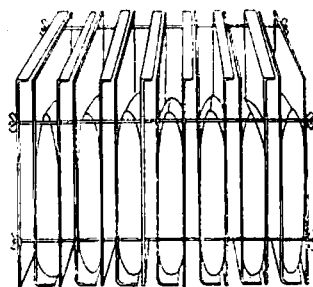


Fig. 2 Metal rack.

ら³⁾は包装食品(一定条件の食品を想定して)が一定レベルに殺菌されるのに要する時間は、厚さの増加にしたがい、fhの増加とともに増加することを理論的に導き、fhが包装トマトピューレーにおける実測値と一致するといっている。

小松、山野^{5,6)}は対流支配をうけない高粘度の25%ベントナイトクレ-200gのFP包装について85%蒸気、15%空気の混合で110°Cに加熱した時のfhはFP包装(厚さ2.5cm)では8.8分、6号缶(7.4×5.9cm)で28分である。当所において22.5%ベントナイトクレ-230gを用いて、水中加熱121°Cの時のfhはFP包装(厚さ3cm)では16分、6号缶では28分であった。包装

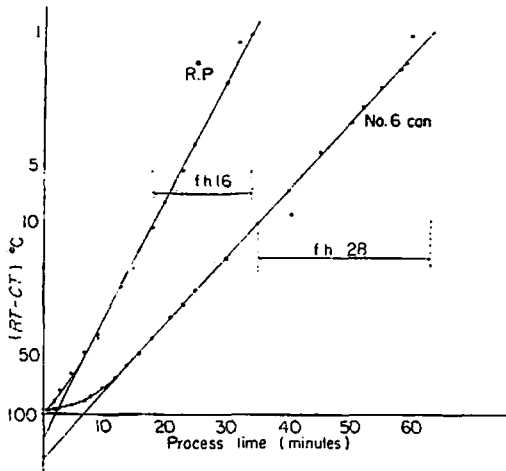


Fig. 3 Heat transfer curves of RP (retortable plastic film pouch)-packed and No. 6 can (74.1×59.0mm)-canned 230g bentonite clay (22.5%) during water processing at 121°C. A experimental cooker, Rotomat was used for processing without rotation.
* Thickness of pouched bentonite clay was 3cm.

RT: Retort temperature.
CT: Temperature of pouch or can contents in center.

の厚さが小松らの時より厚いのでfhも大きくなるが、缶詰に比しかなり小さい。Fig. 3のごとくである。この実験では Rotomat (回転レトルト) を静止状態で使用した。

しかし、金属容器と同形同容量のプラスチック容器では材質における熱伝導度の相違により後者のほうが少し殺菌時間が増加する。Chapmanら⁴⁾は 4¾×3¾×1½吋の長方形の容器中のドッグフードの250°Fにおける殺菌条件を検討し、容器に用いた高密度ポリエチレンの壁の厚さが0.006吋(0.2mm)では52分、0.020吋(0.5mm)では57分、ブリキ板では49分である。普通に用いられているFP材の厚さは0.06mm程度であるので加熱殺菌の際の伝熱速度に与える影響はごくわずかであろう。

加圧殺菌用のレトルトは Fig. 4のごとくで蒸気導入管に加圧のための空気導入管を連結し蒸気と圧搾空気の混合がレトルト内に導かれる。

る。水中加熱の際はレトルト内に水を張り、混合蒸気で加熱と加圧が行なわれる。

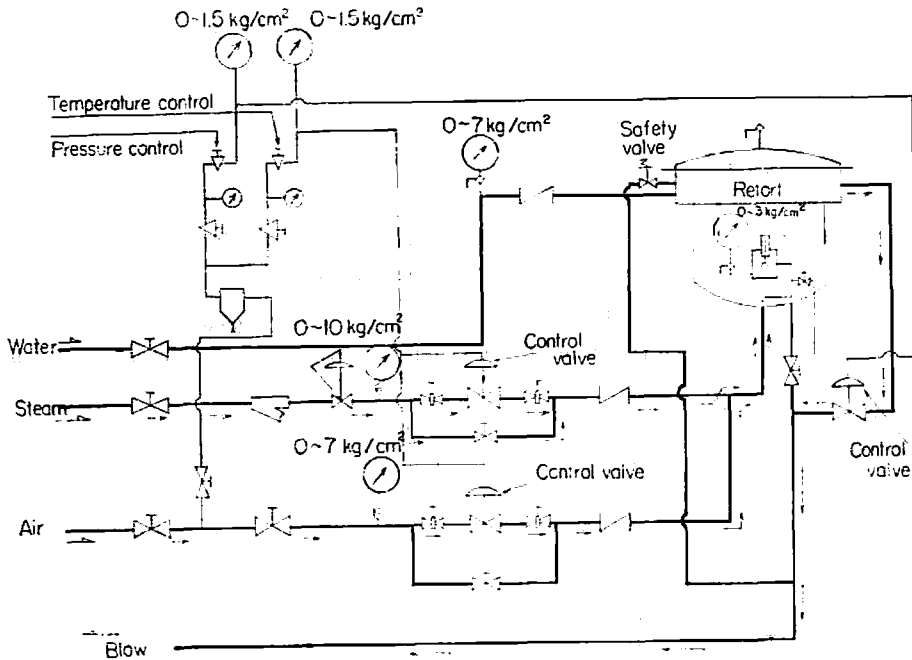


Fig. 4 Water-or steam-air superimposing retort and control system.

3. 100°C 以下の殺菌

pH4.5 以下の酸性食品は100°C 以下の加熱で殺菌できるので加圧の必要もなく、加熱水中で比較的簡単に殺菌することができる。しかし、FP内の残存空気の膨張による袋の浮上や熱伝達の不均一性をなくすためにもできるだけ空気を除くほうがよい。沸騰水中ではわずかの空気でも膨張が激しいので95°C以下のほうが安全である。pH 値の低い蜜柑のごときは 85°C 以下で殺菌できるので袋の浮上もなく扱いやすい。殺菌中はやはり金属刷を用いるか、あるいはその他の方法によって個々の包装食品が均一に加熱されるようにする。pH4.5 以上の低酸性食品では魚肉ソーセージが防腐剤を併用して90°C 付近で殺菌され保存期間もかなり長い。横関^{7,8)}は75°C 以上に加熱されると残存するのは主として好気性の耐熱性芽胞であって、その繁殖が抑制されることから包装の貯蔵効果を嫌氣的な影響であると推論している。当所において調理食品を耐熱性 105°C のCIP (ポリエステル/ポリエチレン) に真空密封し、90~95°C で加熱処理すると一般生菌数は極端に減少し、冷蔵庫中では1カ月後でも腐敗しない。しかし、30~37°C では生菌数の増加も早いので、防腐剤の使用を許可されない食品では、冷蔵する以外は保存期間はたとえ短時日でも推定することはむずかしい。メリーランド州立大学海産物加工研究所^{9,10)} が円筒形のポリプロピレンの容器に詰めたカニ肉を185°F (85°C) で殺菌し6カ月冷蔵したが、良好な結果が得られたことから、州保健局がその容器の使用を認可したことが報ぜられている。100°C 以下の低温加熱でも容器が気密に保たれ、殺菌とその後の冷蔵が適正に行なわれるならば低酸性食品も安全に保存することができるわけである。

4. FP包装食品の保存性

加熱殺菌した包装食品の保存性について、細菌学的な面以外に大きな影響をおよぼすのはFPの透気性である。現在では透気性のほとんど無いといわれるものはアルミ箔をラミネートしたもの以外には見当たらないので、透明なFPで包装した食品は多かれ少なかれ保存中に透過した酸素の影響をうける。FPの特性は Table 1 のごとくである。

Table 1. Heat resistance and gas permeability of flexible packages.
(Toyo Seikan Co. Research center)

Type	Film thickness μ	Heat process resistance °C	Gas permeability	
			Oxygen cc/m ² , day, atm, 25°C, dry	Water vapor g/m ² , day, 40°C, 90% RH
FOP	60	85	5 ~ 10	4 ~ 7
CIP	60	105	80 ~ 120	5 ~ 8
RP	60	120	80 ~ 120	5 ~ 8
Cello-poly	50		10 ~ 100	15 ~ 40
polyethylene	50		10 ³ ~ 10 ⁴	8 ~ 20

FOP (Flav-o pouch): Vinyliden chloride coated cellophane / polyethylene

CIP (Cook-in pouch): Polyester / polyethylene

RP (Retortable pouch): Polyester / polyethylene

Cello-Poly: Cellophane / polyethylene

加熱殺菌した F P 包装食品に関してはHuら¹¹⁾を始め、その他の研究者によればアップルソース^{11,12)}、トマトジュース^{11,12)}、オレンジジュース¹³⁾、桃¹⁴⁾、ビーフステーキ¹⁴⁾、トマトペースト¹⁵⁾、トマトケチャップ¹⁵⁾、ボイセンベリーピューレー¹⁷⁾などでは、プラスチックのみよりなる F P で包装したものは、F P 周囲の空気を遮断したり、またアルミ箔をラミネートした F P による包装のものより変質が早い。

米国¹⁸⁾ではトマトソースをアルミ箔ラミネートの F P に入れ殺菌したものが市販されている。軍関係^{14,19,20)}ではアルミ箔ラミネート材に注目し、F P 包装食品が缶詰よりも軽く容積も小さい、ポケットに入れやすく開封も簡単、殺菌時間が短縮できることなどから研究が進められている。

当所において大豆油やトマトケチャップ、桃などを F P 包装し保存したが透気性の大きい F P のほうが変質が早い。イソアスコルビン酸を 100mg 添加した桃シラップ漬の C I P 包装ではイソアスコルビン酸の消失が早い。アルミ箔・ポリエチレン包装では Fig. 5 のごとく良く残る。200日後の風味と色調も対照の瓶詰とあまり差がなかった。50mg 添加のものでは、風味はそれほど悪くないが色調はかなり落ちていた。

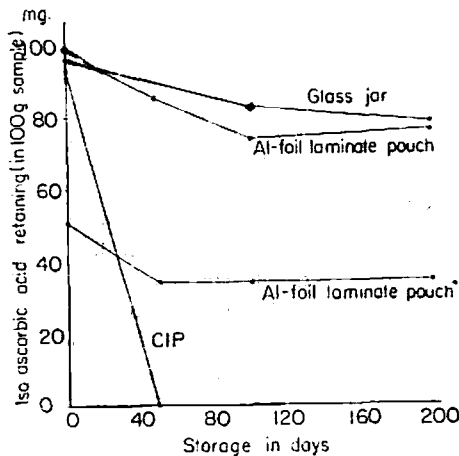


Fig. 5 Iso ascorbic acid content of sirupped peach packed in flexible pouch and glass jar after storage at room temperature.

100mg of iso ascorbic acid per 100g sirupped peach was added before sealing of containers.

* 50mg iso ascorbic acid was added instead of 100mg.

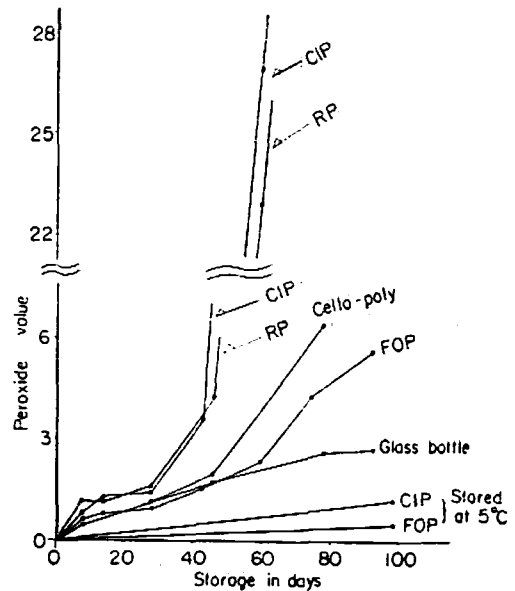


Fig. 6 Peroxide value of soy-bean oil packed in plastic film pouch after storage at 35°C and 5°C.

35°Cに貯蔵して大豆油²¹⁾の過酸化値の増加は Fig. 6 のごとく C I P や R P では早い。F O P では遅い。しかし、C I P でも冷蔵するときわめて変化は少ない。

トマトケチャップ²²⁾では30°Cに保存したが、やはり透気性の大きい F P のほうが褐変による反射率の低下が早い。しかし、この場合も冷蔵すると変化がきわめて遅くなる。Fig. 7 のごとく

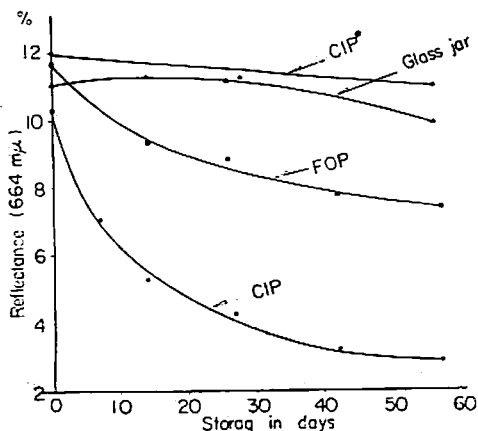


Fig. 7 Reflectance of tomato ketchup packed in plastic film pouch and in glass jar after storage at 35°C and 5°C.
*Stored at 5°C

である。このように透明なFPでは、FOPは酸素の透過性が少なく耐熱性も85°Cであるので清酒の包装にも実際に用いられている。

レトルト殺菌した低酸性食品では耐熱性120°CのRPに詰めた調理食品のうち早いものでは2週間で風味が変化するが、食品の種類によっては変化の遅いものもある。冷蔵すると変化はきわめて少ないので、保存温度はできるだけ低いほうが望ましいわけである。Table 2のごとくである。

酸素透過性以外では透湿性も見逃がすことができない因子で保存中に幾分包装食品の減量が見られる。また、光の透過も食品に影響を与えるので注意しなくてはならない。

Table 2. Quantity of processed food packed in RP(retortable plastic film pouch), after storage at 30°C.

Products	Process			Flavor evaluation
	Temp. °C	Time min	Total press. kg/cm ²	
Curry	120	20	1.3	Off-flavor after 2weeks
Soft spagetty	120	20	"	Good after 1 month
Beef yamatoni	113	45	"	Good after 1 month
Subuta (Chinese food)	120	20	"	Good after 1 month
Yakimeshi (Chinese food)	120	35	"	Off-flavor after 2 weeks
Rolled tangle	110	40	"	Good after 1 month

結 び

このようにFP包装ではアルミ箔をラミネートしたもの以外では透気性の影響を受けやすいので、殺菌によって腐敗を防ぐことはできるが、缶詰や瓶詰のように長期保存することはむずかしい。しかし、食品の種類や貯蔵条件によってはかなりの保存性がみられる。このような欠点がある一面、FPには安価、軽量、容積をとらない、取り扱いが比較的容易、透明で中身が見える、開封や廃棄処分が簡単、袋のまま熱湯中で食品を暖められるなど多くの特長があり、また透気性に関してかなり優秀なものが出てきたので今後の発展が期待される。

本報告は昭和40年11月、日本醸造工学会シンポジウムにおいて発表した。

文 献

- 1) Nelson, A.I., Steinberg, M.P.: Food Eng., 28 (No. 1), 92 (1956)
- 2) Davis, E.G., Karrel, M., Prccter, B.E.: Food Technol., 14, 165 (1960)
- 3) Pflug, I.J., Long, F.E., Bock, J.H.: Food Technol, 17, 1167 (1963)
- 4) Chapman, S., Mckernan, B.J.: Food Technol., 17, 1159 (1963)
- 5) 小松: 食品機械装置, 6月, 1 (1965)
- 6) 小松: Japan Food Science, 4 (No. 7), 5 (1965)
- 7) 横関: 日本水産学会誌, 23, 543 (1958)
- 8) 横関: 食品衛生学雑誌, 4, 177 (1963)
- 9) Semling, H.V., J.R.: Canner/Packer, 134, Nov., 36 (1956)
- 10) Hanning, K.J.: Food Eng., 37, Dec., 88 (1965)
- 11) Hu, K.H., Nelson A.I., Legault, R.R., Steinberg, M.P.: Food Technol., 9, 236 (1955)
- 12) Nelson, A.I., Hu, K.H., Steinberg, M.P.: Modern Packaging, 29 (10), 173 (1956)
- 13) Mannheim, H.C., Nelson, A.I., Steinberg, M.P.: Food Technol., 11, 417, 412 (1957)
- 14) Keller, R.G.: Modern Packaging., 33 (1), 145 (1959)
- 15) Luh, B.S., Guillermo de la Hoz: Food Technol., 18, 1473 (1964)
- 16) Luh, B.S., Tsiang J.M.: Food Technol., 19, 395 (1965)
- 17) Salam Dirdjokusumo, Luh, B.S.: Food Technol., 19, 1144 (1965)
- 18) Mayer, P.C., Karl Robe, Klis, J.B.: Food Processing; Nov. (1961)
- 19) Klis, J.B.: Food Processing, Nov. (1961)
- 20) Frank, J.Rubinate: Food Technol., 18, 71 (1964)
- 21) 鈴木: Japan Food Science., 14 (No. 9), 39 (1965)
- 22) 鈴木, 三島, 西郷: 東洋食品工業短大, 東洋食品研究所, 研究報告, No. 7, 197 (1966)