ホルムアルデヒドの食品への吸着と調理後の残存

石田 裕*・舟木 秀明**・鈴木 弘子*

(*東京農業大学短期大学部, **服部栄養専門学校)

The adsorption of formaldehyde to foods and the residue after cooking

Hiroshi Ishida*, Hideaki Funaki**, Hiroko Suzuno*

*Tokyo University of Agriculture Junior College, 1-1-1 Sakuragaoka Setagaya-ku, Tokyo, 156-8502

**Hattori Nutrition College, 5-25-4 Sendagaya Shibuya-ku, Tokyo, 151-0051

*〒156-8502 東京都世田谷区桜丘 1-1-1

**〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷 5-25-40

Recently, sick house syndrome caused by formaldehyde has been gaining attention in Japan. Formaldehyde is toxic substance and its main intake is considered through the airways, but if formaldehyde is rapidly adsorbed to foods, the intake by eating is also possible. Therefore, evaluation of the transfer of formaldehyde to food is important for the public hygiene. When casein, starch, and soybean oil were exposed to formaldehyde, the amount of adsorbed formaldehyde was the largest in casein, followed by starch, while it was very small in soybean oil. The adsorption of formaldehyde to casein and starch was increased till 96 hours without reaching the maximum, and suggesting that their adsorption can continue in long-term storage. The concentration of formaldehyde in the atmosphere was increased with the rise of temperature, and the amount of adsorbed formaldehyde was correlated with the rise of temperature. The adsorption of formaldehyde was less in the wrapped samples than in the unwrapped samples. Polypropylene-wrapping provided higher protection against formaldehyde than polyethylene-wrapping. About 80% formaldehyde was removed by boiling, but almost all formaldehyde remained in the samples such as powdered milk that are dissolved.

緒 言

近年、収納家具や家屋の壁、集合材などの接着等に防腐、抗菌の目的で用いられるホルムアルデヒド（以下「HCHO」という。）による、シックハウス症候群が問題視されている^{1),2)}。

HCHO が含まれる接着剤等を使用した戸棚や家具、建材などが通気の悪い状況におかれれば人間ばかりでなく食品も常に一定濃度の HCHO に曝されることになる。特に夏場などの気温が高いときには環境中 HCHO 濃度の上昇と共に食品への移行量も増加することが予測される。HCHO は常温で無色透明の気体または液体で、急性毒性があり、発ガン性も疑われている^{3)~5)}。また経口毒性も示されており⁶⁾、日本産業衛生学会で定められた

大気中の許容濃度は0.5ppm、厚生労働省の指針値では0.8ppm（約0.1mg/m³に相当）、水道水の水質基準では0.08mg/L以下が定められている。また HCHO は防腐効果が高いため、過去には違反事例として食品への添加もみられた⁷⁾。さらに最近では数 mg/kg と微量であるが養殖フグにおける HCHO の残留（2003年）が社会問題となった。

シックハウス症候群における HCHO の体内取り込みは主に気道経路が考えられるが、食品への吸着が容易に起これば、喫食による取り込みも経路として考えられる。これらのことから、食品の保存時における、HCHO の食品への移行状況を明らかにすることは食生活における安全性を考えるうえでも意義がある。

そこで食品成分として、炭水化物を主成分とするデンプ

ブン⁸⁾、タンパク質を主成分とするカゼイン⁸⁾、脂質を主成分とする大豆油⁸⁾を用いて、それらの食品成分と HCHO 曝露時の吸着量との相関について検討を行った。さらに実際に保存性のある食品への吸着、調理加工による消長ならびに食品への移行阻止を目的として包装材による HCHO 透過防止効果についても検討したので報告する。

実験方法

1. 吸着試験用試料およびその調製

食品に対応する食品対照標準試料（以下「対照試料」という。）としてカゼイン（乳製）およびデンプン（ばれいしょ）は試薬 1 級関東化学(株)製、ダイズ油は局法（小堺製薬(株)製）を用いた。

また吸着および調理による消長に関する試験には、一般に市販されている食品で開封後もある程度の期間の保存が予測されるものとして、粉ミルク（缶入り乳児用粉ミルク、M社製）、乾麺（乾しうどん、3.5mm×1.8mm、N社製）、スパゲッティ（乾燥スパゲッティ、直径1.6mm、M社製）、米（精白米コシヒカリ、新潟県産）などの市販食品（以下「市販食品試料」という。）を用いた。なお本実験で用いた市販食品試料の一般成分分析値は Table 1 のとおりである。

2. 試薬およびその調製

HCHO；ホルマリン試薬、濃度35%以上は試薬特級、和光純薬工業(株)製を用いた。

比色定量用 HCHO 標準溶液および飽和用 HCHO 溶液（1.0%、0.10%、0.01%）；両者の HCHO 溶液はホルマリン試薬から1.0g/100mlの HCHO 溶液を作成し、アセチルアセトン法⁹⁾標準溶液調製の項に従い正確な HCHO の濃度を求めた。次いで必要な濃度に希釈し HCHO 標準溶液およびデシケーター内に静置する飽和用 HCHO 溶液とした。

HPLC 用標準液および GC-MS 用標準液はホルムアルデヒド-2,4ジニトロフェニルヒドラゾン（以下「HCHO-DNPH」という。）排ガス分析用標準試薬（HCHO として300 μg/ml 溶液、和光純薬工業(株)製）を

適宜メタノールで希釈し調製した。

誘導体化用 2,4ジニトロフェニルヒドラジン試薬は試薬特級（関東化学(株)製）を用い、2 M塩酸溶液に2%の割合で溶解後ろ過し DNPH 塩酸溶液として調製した。

クリアップカートリッジは GL-Pak PLS-2（ジエールサイエンス(株)製）にメタノール50ml、純水20mlを通過させた後用いた。

有機溶媒および一般的な試薬はいずれも試薬特級、関東化学(株)製を用いた。

3. 装置および測定条件

分光光度計は UV-1200（(株)島津製作所製）を用いた。

気相中 HCHO 濃度の測定は既報¹⁰⁾に準じて DNPH 化後、高速液体クロマトグラフィーの HPLC ポンプは DS-4（Shodex 製）、検出器は L-4200（日立製作所(株)製）、恒温器は CTO-10AS（(株)島津製作所製）、オートサンプラーは SIL-10AD（(株)島津製作所製）を用いた。

測定条件はカラム Mightysil-RP18, 15cm × 4 mm I.D. 関東化学(株)製、温度40℃、溶離液アセトニトリル：水 = 45：55、流量0.8ml/min.、測定波長355nm とした。

さらに市販食品試料に吸着した HCHO の確認には GC-MS QP2000 EI（(株)島津製作所製）を用いた。測定条件はカラム DB-5 膜厚0.25 μm、30m×0.25mm I.D.（J & W 製）、カラム温度120℃で5分間維持後、5℃/min. で280℃まで昇温、注入口温度は280℃、セパレーター温度は300℃、イオン源温度は300℃、エレクトロンエネルギーは70eV、キャリアーガスは純ヘリウム0.5kg/cm² とした。

フィルムの材質確認には赤外分光光度計 A202（日本分光(株)製）を用いた。

4. 試験法

1) 対照試料と市販食品試料に対する HCHO 曝露濃度の検定および暴露条件の設定

(1) 気相中 HCHO 濃度の経時変化の測定

予備実験として、デシケーター中の HCHO 飽和蒸気圧に関する検討を行った。10.0mg/ml（1.0%）、1.0mg/ml（0.10%）、0.10mg/ml（0.01%）に調製した各

Table 1 Compositions in four kinds of foods (gram per 100g)^a

	Powdered milk	Hoshi-udon (Raw)	Spaghetti (Raw)	Well-milled rice (Raw)
Moisture	2.7±0.05	10.4±0.01	10.6±0.01	15.2±0.05
Protein	15.6±0.01 ^b	9.4±0.02 ^c	13.8±0.01 ^c	4.9±0.01 ^d
Lipid	16.4±0.08	2.5±0.03	2.8±0.37	1.6±0.08
Ash	4.1±0.07	3.8±0.01	0.8±0.01	0.6±0.07
Carbo-hydrate ^e	61.0±0.43	73.9±0.05	71.8±0.37	77.8±0.10

a : Values are means of triplicate determinations

b : Total nitrogen × 6.38gram per 100g

c : Total nitrogen × 5.70gram per 100g

d : Total nitrogen × 5.94gram per 100g

e : Calculated by the following equation : 100 - (moisture + protein + lipid + ash)

HCHO 溶液10mlを直径9 cmのガラスシャーレ（以下「シャーレ」という）に入れ、それをあらかじめ20℃と30℃に保温した5 L容のデシケーター内に静置後密閉し、20℃または30℃の恒温器内に放置した。次いで経時的に、シリコンゴムセプタムを介して25mlプラスチックシリンジにデシケーター内の気相20mlを採り、DNPH 塩酸溶液4 mlと濃塩酸1 mlを加え5分間激しく振とうし、気相中HCHOのDNPH化を行った。さらにこの溶液をクリンアップカートリッジでクリンアップし、メタノールで溶出後HPLC法により気相中HCHO濃度を測定した^{10)~12)}。

(2) 吸着試験用試料の調製

3種の対照試料を各々2.0gずつ、直径5 cmのシャーレに均等に広げて入れこれを各濃度に調製したHCHO溶液（10.0mg/ml, 1.0mg/ml, 0.10mg/ml）10mlずつを入れたシャーレと共に、あらかじめ20℃あるいは30℃に保温したデシケーター中にFig.1に示すように静置し、24, 48, 96時間後に取り出し吸着試験用対照試料とした。

また市販食品試料（粉ミルク、乾麺、スパゲッティ、米）は粉碎処理後ふるいでメッシュ500 μm 通過125 μm 不通過分を各2.0gずつシャーレに入れ、同一条件でデシケーター中に静置し、24, 48, 96時間後に取り出し吸着試験用市販食品試料とした。なお吸着試験用の各試料については、あらかじめHCHOが検出されないことを確認した。

(3) 吸着試験後の対照試料および市販食品試料中HCHOの定量

吸着試験後の各試料を150ml容の水蒸気蒸留用2口フラスコに移し、水20mlおよび20%リン酸1 mlを加えた後、水20mlを入れたメスシリンダーを受器として、冷却器のガラス管の先が浸るようにして蒸留液が約180mlになるまで水蒸気蒸留を行った¹³⁾。次いで水を加え200mlに定容後混和し蒸留試験溶液として、アセチルアセトン法⁹⁾による測定に供した。なお定量範囲を超えるものについては適宜水で希釈し測定した。

(4) GC-MSによる吸着試験後の市販食品試料中HCHOの確認

蒸留試験溶液について、既報^{10),11)}に従いDNPHで誘導体化後、小出らの方法¹²⁾に準じてクリンアップカー

トリッジに負荷し、純水20mlで洗浄、メタノール10mlで溶出してクリンアップし、HCHO-DNPH標準液を対照としてGC-MSで確認を行った。

2) 調理によるホルムアルデヒドの除去に関する試験

(1) 調理試料の調製

調理によるHCHOの除去率を明確にするために、気相中濃度は実態より高い濃度条件で行った。各温度に保温したデシケーター中に1.0% HCHO溶液を10mlと、市販食品試料（粉ミルク、乾麺、スパゲッティ）をそのままの形態で各12.0gずつ、また米は22.0gを入れ、20℃48時間静置した。次いでHCHO吸着試験後の粉ミルクの重量を測定し、吸着試験前重量に換算して10.0g相当量を哺乳瓶に移し入れ、50℃の温水を内容物総重量で75gまで加え振とう溶解し調理試料とした。

また吸着試験後の乾麺およびスパゲッティについても同様に吸着試験前の10.0g相当量を採り、沸騰水100g中に投入し、かき混ぜながら10分間ゆでた。次いで湯切りし、室温で10分間放置したものを調理試料とした。

米も同様に吸着試験前の20.0g相当量を5倍量の水で3回洗浄し水切り後、再度水を加え全重量が2.5倍量になるように調整し炊飯（東芝RCK-5JT-0.54L）、炊きあがり後30分間炊飯器内に保温したものを炊飯調理試料とした。なお調理後の出来上がり量は3回の繰り返しで、吸着溶解粉ミルク $75 \pm 0.0\text{g}$ 、吸着茹で乾麺 $28.8 \pm 0.6\text{g}$ 、吸着茹でスパゲッティ $24.8 \pm 0.2\text{g}$ 、吸着炊飯米は $46.2 \pm 2.8\text{g}$ であった。

(2) 調理前後のHCHOの測定

同時に吸着試験後の市販食品試料（吸着試験前の市販食品試料の重量換算で2.0g相当量）と、調理後の市販食品試料（吸着試験前の市販食品試料換算で5g相当量）を秤取し、水蒸気蒸留法でHCHOを分取し、アセチルアセトン法で定量、調理後の残存率を求めた。

3) 包装内の食品の吸着量測定によるHCHOのフィルム透過性試験

(1) 測定用試料の調製

一般的に食品の容器包装用によく用いられるプラスチック包装材としてポリエチレン（PE）とポリプロピレン（PP）があげられる。そこで本実験でPEは厚さ0.03 mmの低密度PE（矢崎加工（株）製）、PPは厚さ0.03mmのフィルム（（株）シモジマ製）を用い10cm×10cmの袋を作成した。次いでこの中に大豆油を除く対照試料2.0gずつを封入し、水中に沈めピンホールのないことを確認後、1.0%および0.10%のHCHO 10mlを入れたデシケーター内に入れ、20℃96時間放置し包装吸着試料とした。また複層フィルムであるスパゲッティの包装についても同様に透過性試験を行った。

(2) フィルムを透過したHCHOの測定

包装吸着試料を取り出しアセチルアセトン法で吸着量測定を行った。なお使用した包装材は赤外分光光度計を用いて材質を確認した。

Fig.1 Formaldehyde adsorbing method for samples (capacity of desiccators were 5L)

Fig.2 Time cause of formaldehyde contents in gaseous phase

- ◆ stand at 30℃ with 0.01% of HCHO sol.
- ▲ stand at 30℃ with 1.0% of HCHO sol.
- ◆ stand at 30℃ with 0.1% of HCHO sol.
- stand at 20℃ with 1.0% of HCHO sol.
- ◆ stand at 20℃ with 0.01% of HCHO sol.
- * stand at 20℃ with 0.1% of HCHO sol.

結果及び考察

1. デシケーター内、気相中ホルムアルデヒド濃度の20℃, 30℃における経時的変化

シャーレに1.0%, 0.10%, 0.01%のHCHO水溶液10mlを入れたデシケーター内気相中のHCHO濃度を経時的に測定した結果をFig.2に示した。1.0% HCHO溶液10mlを入れた5L容デシケーターを20℃で放置した時の気相濃度は、24~96時間では0.06~0.05mg/L, 30℃では0.12~0.10mg/Lで推移した。また0.10%溶液を用いた場合、20℃では0.010~0.012mg/L, 30℃では0.022~0.019mg/Lで、0.010% HCHO溶液を用いた場合は20℃で0.006~0.005mg/L, 30℃では0.010~0.006mg/Lであった。

この結果から気相中HCHO濃度は24時間から96時間の範囲で大きな変動は認められなかった。またデシケーター内に各試料を静置した場合も、20℃および30℃のいずれの放置条件においても気相中のHCHO濃度に明らかな差は認められなかった。これは密閉された容器内では同一条件で放置された場合、同一組成の溶液の飽和蒸気圧は一定となる¹⁴⁾ことに一致した。また放置温度の違いで気相中のHCHO飽和蒸気圧は異なり、密閉された条件であればHCHOの濃度は20℃と30℃で2倍程度の差が示された。

2. 対照試料のホルムアルデヒド吸着量

Fig.3に示すとおり、カゼインおよびデンプンは20℃, 30℃のいずれの条件においても放置時間の延長に伴い吸着量は増加した。また放置温度による吸着量の比較では、高温で明らかに吸着量の増加が認められた。しかし大豆油はHCHOをほとんど吸着せず、経時的な増加も見られなかった。

この違いについてはHCHOが極性物質で親水性を有し、分子内にアミノ基やカルボキシル基をもつカゼイン、アルコール基を有するデンプンも親水性物質であり、同様の性質を持つ物質として吸着量が高まること、逆に疎水性の高い油脂は、親水性の高いHCHOとは親和性が低いことが原因として考えられた¹⁵⁾。

またカゼインとデンプンは吸湿性がありデシケーター内気相中の水分を吸着するが、大豆油は水分をほとんど含まないことや、形態の違いによる表面積の違いも吸着量が異なる一つの要因と考えられた。

以上のことからカゼインおよびデンプンは被曝濃度が高まるにつれて吸着量も高まり、放置時間の延長によって吸着量はさらに上昇することが示唆された。

3. タンパク質および糖質を主成分とする保存食品のホルムアルデヒド吸着能

4種の市販食品試料を粉碎処理後0.10% HCHO 10mlを入れたデシケーター (HCHO気相濃度約0.01mg/L) 中、20℃で被曝させた。その結果、Fig.4に示すとおりタンパク質と糖質含有量の高い保存食品として乳児用粉ミルクを用いた時、24時間で0.12mg/g, 48時間で0.28mg/g, 96時間で0.53mg/gの吸着がみられた。

糖質を主成分とする食品として乾麺を用いた時は、24時間で0.10mg/g, 48時間で0.20mg/g, 96時間で0.49mg/gの吸着がみられた。またスパゲッティを用いたときは24時間で0.07mg/g, 48時間で0.18mg/g, 96時間で0.42mg/gの吸着が見られ、米では24時間で0.09mg/g, 48時間で0.19mg/g, 96時間で0.39mg/gの吸着がみられた。

さらに30℃, 0.10% HCHO 10mlを入れたデシケーター (気相濃度約0.02mg/L) 中で被曝させた場合、粉ミルクは24時間で0.16mg/g, 48時間で0.28mg/g, 96時

Fig.3 Adsorption rates of formaldehyde for casein, starch and soybean oil

Experimental conditions : Samples were placed in desiccators with 10ml of 0.10% HCHO solution and analyzed after 24, 48 and 96 hours. (HCHO contents in gaseous phases were about 0.01mg/L at 20°C and 0.02mg/L at 30°C)

- 2g of casein placed at 20°C
- 2g of starch placed at 20°C
- △ 2g soybean oil placed at 20°C
- 2g of casein placed at 30°C
- 2g of starch placed at 30°C
- ▲ 2g of soybean oil placed at 30°C

Fig.4 Adsorption rates of formaldehyde for commercialized foods

Experimental conditions : Two grams of samples were placed in desiccators with 10ml of 0.10% HCHO solution and analyzed after 24, 48 and 96 hours. (HCHO contents in gaseous phases were about 0.01mg/L at 20°C and 0.02 mg/L at 30°C)

- ◆ Powdered milk
- Hoshi-udon (raw)
- △ Spaghetti (raw)
- × Well milled rice (raw)

間で0.66mg/gの吸着がみられ、乾麺は24時間で0.18mg/g、48時間で0.41mg/g、96時間で0.81mg/gの吸着がみられた。またスパゲッティでは24時間で0.09mg/g、48時間で0.25mg/g、96時間で0.69mg/gの吸着がみられ、米では24時間で0.22mg/g、48時間で0.40mg/g、96時間で0.68mg/gの吸着がみられた。

この傾向は対照試料に対応した値であり、一般的な保存食品もタンパク質および糖質を主成分とする食品は十分 HCHO 吸着物質になりうることを示された。

また粉ミルクと乾麺を用いての吸着実験後試料の水蒸気蒸留留液について DNPH で誘導体化後 GC-MS により確認を行いその結果を Fig.5 に示した。標準 HCHO-DNPH と同じ保持時間にピークが検出され、分子イオンピーク 210をはじめ、主なフラグメント (180, 152, 122, 91, 79など) が一致するマススペクトルが得られた。このことから吸着物質はホルムアルデヒドと同定され、新築住宅や食器戸棚などの環境中から HCHO の食品への移行の可能性が示された。

4. ホルムアルデヒドの調理による消長

4 種の HCHO 吸着試験後の市販食品試料を実験方法 4 の 2) - (1) 項の調理法に従い調理後、残存量を測定し Fig.6 に示した。吸着試験前の重量に換算して比較した結果、3 回のくりかえして粉ミルクについては $83.1 \pm 4.0\%$ 、乾麺では $23.8 \pm 1.8\%$ 、スパゲッティでは $17.7 \pm 0.93\%$ 、米では $55.2 \pm 1.6\%$ の残存がみられた。調理法について比較すると乾麺やスパゲッティなどゆでた後、ゆで水を除去するものについては摂取する部分への残留は 30% 以下になり、吸着した HCHO はかなり除去されるが、溶解のみ、あるいはゆで水を含めて摂取するような調理法では除去率が低かった。これらの結果は乾物の調理法としては多量の湯を用いて、ゆでこぼすことが吸着した HCHO の除去に有効であることを示している。

Fig.5 Mass spectra of formaldehyde2, 4-dinitrophenylhydrazone
a. Standard b. Sample (hoshi-udonraw) c. Sample (powdered milk)

Fig.6 Survival rates of formaldehyde after cooking

5. ホルムアルデヒドの包装フィルム透過性試験

吸着した食品中のHCHOは煮炊きする調理法では多くが残存し、除去することが困難であった。そこでHCHOの吸着を防ぐことを目的としてPEおよびPP包装の有効性について検討した。透過性の確認は包装フィルム内食品中のHCHO吸着量測定により行った。使用した包装材の材質については赤外分光光度計で確認した結果、既報¹⁶⁾と同様の赤外吸収特性が得られPEとPPであることが確認された。

次いでPEとPPの袋の中に対照試料2.0gずつを封入し、1.0% HCHO 10mlを入れたデシケーター内で、20℃、96時間の暴露実験を行った。その結果、PE包装したカゼインは無包装(2.73mg/g)に対して7.3% (0.199mg/g)、デンプンは無包装(1.93mg/g)に対して11.4% (0.220mg/g)の吸着しかみられなかった。さらにPP包装では同条件の暴露において、カゼインは無包装に対して1.5% (0.04mg/g)、デンプンは1.6% (0.03mg/g)の吸着しか見られず、包装材によりHCHO透過量の差はあるものの、透過の阻止は明らかであった。

同様に0.10% HCHO 10mlを入れたデシケーター内で、20℃、96時間の暴露実験を行った。その結果、PE包装したカゼイン、デンプンともに吸着は見られるものの、いずれもPE包装品では0.030mg/gのHCHOが検出され。カゼインは無包装(0.72mg/g)に対して4.2%、デンプンは無包装(0.58mg/g)に対して5.2%の透過吸着が認められたに過ぎなかった。

またPP包装品は無包装カゼインの吸着量に対して2.8% (0.020mg/g)、デンプンの吸着量に対して2.9% (0.015mg/g)とさらに低い値であった。ここに示したPEとPPの透過性の違いは既報¹⁷⁾のガスバリアー性と一致するものであり、これらの結果はプラスチック包装材が食品へのHCHOの侵入を防ぐのに有効であることを示している。なお本実験に用いた乾麺およびスパゲッティの袋は赤外分光光度計で測定した結果、Fig.7に示すとおりいずれも外層、内層ともにPPの複層フィルム(乾麺の袋:外層0.033mm,内層0.025mm,スパゲッティの袋:外層0.030mm,内層0.020mm)であり、このスパゲッティの袋を用いて同様に透過性の確認を行ったが、いずれも同じ測定条件で定量下限(0.005mg/g)以下であった。

以上の結果から保存性のある食品でも開封後は再度、ヒートシーラーなどで密封す

Fig. 7 IR spectrum of films

I. Polyethylene film

II. Polypropylene film

III-1. Inner firm (hoshi-udon)

III-2. Outer firm (hoshi-udon)

IV-1. Inner firm (spaghetti)

IV-2. Outer firm (spaghetti)

るか、気密性のあるフィルム袋に保存することで、環境中からのHCHOによる汚染を低減させることが可能であることが示された。

要 旨

ホルムアルデヒドの食品への移行と調理後の残存について検討した。タンパク質や糖質を主成分とする食品は、被曝濃度にかかわらず、HCHOの吸着が容易に起こり、吸着活性は対照試料としてカゼイン、デンプン共に高く、大豆油には吸着が見られなかった。またカゼイン、デンプンのHCHO吸着は少なくとも96時間までは増加し、保存が長期にわたるとさらに吸着量が増加する可能性が示唆された。このことは一般に長期保存が可能なタンパク質や糖質に富む乾物や穀類などはHCHOの吸着濃度が高まる可能性が高いことを示している。

また保存温度とHCHO吸着量の関係では、温度の上昇に伴い気相中のHCHO濃度も上昇し、吸着量に関しても正の相関を示すことが明らかとなった。さらに調理による消長では茹でることにより70～80%が除去されるが、粉ミルクのように、密封状態で加温溶解し全量摂取するものでは、大部分が残存することが明らかとなった。そこで食品への吸着を防ぐことを目的にHCHOのフィ

ルム透過性について検討した。その結果、フィルムの違いによりガスバリアー性の違いが認められ、PPなどの複層フィルムを使用し、密封保存することが食品へのHCHOの吸着防止に有効であった。

謝 辞

本研究を行うにあたり、多大なる研究助成を賜りました浦上食品・食文化振興財団ならびに関係者各位に深謝致します。

文 献

- 1) アトピー環境研究会編：1999年度調査研究中間報告書シックハウス等症例集，アトピー環境研究会（1999）
- 2) シックハウス完全対策：建築知識，43，3，124-196，エクスナレッジ（2001）
- 3) 後藤 綱，池田直之，原 一郎：産業中毒便覧，1089-1096，医歯薬出版（1981）
- 4) Kamata, E., Nakadate, M., Uchida, O., Ogawa, Y., Kanako, T. and Kurokawa, Y.,: *J. Environ. Path. Toxicol. Oncol.*, 15, 1-8 (1995)
- 5) Kamata, E., Nakadate, M., Uchida, O., Ogawa, Y., Suzuki, S., Kanako, T. Saito, M. and Kurokawa, Y. : *J. Toxicol Sci.* 22, 239-254 (1997)
- 6) N. Williams, R. T.: *Detoxication Mechanisms* 2nd.edi., 334

- 335, 467 Chapman and Hell, London, (1959)
- 7) 中島三郎：食品衛生研究, **15**, 1, 22-25 (1965)
  - 8) 科学技術庁食品資源調査会編：五訂日本食品標準成分表
  - 9) 日本薬学会編：衛生試験法注解, 108-110, 金原出版 (1990)
  - 10) E.Fedeli, M.Cirimele : *J.Chromatogra.*, **15**, 435, (1964)
  - 11) 城戸浩三, 佐久間忠道：衛生化学, **25**, 1, 39-43 (1979)
  - 12) 小出圭子, 野田 茂, 飛野敏明：熊本県環境科学研究所報, **26**, 38~40 (1997)
  - 13) 日本薬学会編：衛生試験法注解, 616~617, 金原出版 (1990)
  - 14) John A. Troller, J.H..B.Christian(平田 学, 林 徹訳)：食品と水分活性, 3-5, 学会出版センター (1993)
  - 15) 吉岡正則編：わかりやすい分析化学入門, 30~32, 廣川書店 (1993)
  - 16) 依田隆一郎, 大見俊彦, 茂木幸夫, 小西昭夫, 山本清史, 藤井正美, 村上貴久：食品衛生研究, **30**, 10, 61-70 (1980)
  - 17) 葛良忠彦, 平 和雄：新しい包装材料, 4-15, 共立出版 (1991)