

식품과 포장재의 상호작용 특성과 예측 가능성

안덕준 / 제일제당 건강식품연구소 연구원

목 차

- | | |
|----------------------|---------------------------|
| 1. 서론 | 4. 포장용매의 전이에 관한 연구사례 |
| 2. 포장용매의 종류 및 화학적 특성 | 5. 분배계수의 정의 및 포장에서의 이용가능성 |
| 3. 연포장재를 위한 용매의 인쇄방법 | 6. 결론 |

1. 서론

식품 포장이란, 포장재의 제조 자체를 포함하는 것은 물론이고 제조된 포장재가 바라던 목적을 수행하도록 하기 위하여 내용물에 적합한 포장재를 선택하는 일련의 과정을 포함하고 있다. 포장재는 직접 식품과 접촉하는 경우에, 포장재와 식품과의 상호 작용으로 품질의 저하를 유발할 수 있다. 특히 포장재에 널리 사용되고 있는 포장용 용매의 경우는 잔류 용매가 전이(migration) 작용에 의해 내용물에 이동되어 이취를 유발하게 된다. 물론 이러한 잔존 용매의 전이가 내용물의 안전도에까지는 영향을 미치지 않지만, 소독 수준의 향상으로 식품의 품질 및 안전성에 대한 소비자의 인식이 강화됨으로써, 식품포장에 사용되는 포장재의 선택 및 이의 제조에 남다른 주의가 요구되고 있다. 최근에는 과자 포장지의 인쇄에 사

용되는 톨루엔이 내용물에 검출됨으로써, 이러한 용매의 전이가 더 이상 이론상의 가능성이 아닌 현실상의 문제로 등장함에 따라 전이 정도를 줄이기 위한 포장재 제조 및 인쇄 회사와 식품업체의 많은 주의가 요구되고 있다.

포장용 용매의 전이 정도를 감소시키기 위해서는, 첫번째로 포장에 여러재료의 화학적 및 물리적 특성을 이해하는 것은 물론이고, 기본적으로 식품의 화학적 특성을 이해하는 것이 가장 중요하다고 할 수 있다. 따라서 식품에 맞는 포장재의 선택에 있어서는, 포장재 자체의 성질을 이해하는 것은 물론이고, 다양한 내용물이 특성을 이해하고 내용물에 맞는 포장재를 선택하는 것이 식품의 안전성을 높일 수 있는 가장 좋은 방법이라고 할 수 있다. 두번째로, 용매의 전이 정도를 결정하는 요인들을 찾아내어 이런 현상을 복잡한 실험 과정 없이 예측할 수 있는

변수를 개발하는 것이 중요하다고 할 수 있겠다. 따라서, 2회에 걸쳐 기술할 이 글에서, 이번에는 포장재와 식품과의 반응을 이해하는데 필요한 기본적인 이론과 선진 각국의 식품 포장과학자들이 검증한 다양한 식품과 포장재의 상호 반응에 관한 연구 및 이에 관여하는 여러 인자들을 밝히고, 다음 글에서는 본인이 실험한 내용용 포장 용매와 과자와의 상호 작용 및 최종적으로 이러한 상호작용을 예측 할 수 있는 방법에 관해서 상세히 기술하고자 한다.

2. 포장 용매의 종류 및 화학적 특성

포장용 용매는 크게 세 가지로 구성되어 있는데 즉, fluid ingredients, pigment and drying agents이다. 포장용 용매는 헥세인, 톨루엔, 아이소 프로판, 메틸 에틸 키톤, 그리고 에틸 아세테이트와

[표 1] Physical and chemical properties of the five printing ink dolvents

용매	분자량	기능그룹	용해도	Hildebrand solubility parameter
Hexane	86.17	- (CH ₂) -	Insoluble	14.9
Ethyl acetate	88.10	- C - O - - C = O	Soluble	17.9
Methyl ethyl ketone	72.10	= C = O	Soluble	18.4
Toluene	92.13	Benzene	Insoluble	18.7
Isopropanol	60.11	- OH	Soluble	21.0

같은 저분자량 물질이며 (Kumai, 1983) 각각의 화학적 및 물리적 특성은 [표 1]에 표시되어 있다. 이 가운데 헥세인과 톨루엔은 비극성으로 그리고 아이소 프로판올, 메틸 에틸 키톤 그리고 에틸 아세테이트는 극성 용매로 분류된다.

이런 용매들은 인쇄 후 건조 과정을 거치면서 증발되어 지는데, 일반적으로 증발 조건은 50℃~ 100℃이며 1분 동안 건조대에 보관한 후 실온에 보관하게 된다.

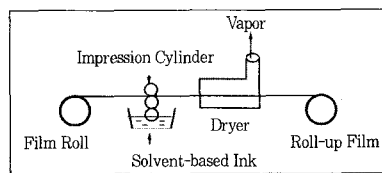
1970년 Hansen 은 필름에서 용매의 증발은 두 가지 요소에 의해서 좌우된다고 보고하였는데, 하나는 건조 과정 중에 공기와 액체의 접촉 부분에 있어서의 용매 loss에 대한 저항성이고, 다른 하나는 용매 분자의 포장 필름 구조를 통한 diffusion 대한 저항성이라고 밝혔다. 어떤 경우에 있어서도, 건조 과정이 충분하지 못하면, 포장 용매는 포장지에 남게 되며, 그 잔존 용매는 오랜 시간 동안 포장지에 머물며, 포장지로 사용되어 질때 내용물에 전이되어 품질에 변화를 주게되는 것이다.

3. 연 포장재를 위한 용매의 인쇄 방법

식품 포장지를 장식하고 필요한 정보를 제공하기 위하여 다양한 인쇄 방법을 사용하고 있다. 아래 그

림은 인쇄 방법을 간단하게 그림으로 나타낸 것이다.

[그림. 1] Simplified Printing Process



대표적인 방법으로는 relief, planographic, intaglio, porous 그리고 impactless 방법이 있으며, 이 중에서 relief 와 intaglio 방법이 가장 많이 사용되고 있다.

Relief 방법은 letterpress 라고도 부르는데, 볼록한 요철 부분에 잉크 롤러가 지나가며 인쇄가 되고 다른 부분은 잉크가 묻지 않는 것이다. 또 다른 널리 사용되는 relief 방법에는 flexography 가 있다. 이 방법은 주로 단기적인 인쇄작업에 주로 사용되는 경제적인 방법이다. 이 방법은 매우 다양한 포장 재질에 인쇄가 가능하며 급속 건조 용매를

사용하여 비용을 절약할 수 있다. 그러나 이 방법은 섬세하고 복잡한 형태의 어려움을 가지고 있다. (Deamer, H 1976)

Intaglio 방법은, 흔히 gravure 또는 rotogravure 라고도 부르는데, engraved 된 잉크 롤러가 잉크 bath에서 회전하면서 인쇄하는 방법인데, 잉크는 미세혈관 (capillary) 작용으로 인쇄 부분에 전이된다. 이 방법은 고 품질의 인쇄에 적합한 방법이며 장기적인 인쇄에 알맞은 아주 우수한 인쇄 방법이다. 그러나 높은 설치비로 인하여 대중적인 사용에 제한이 따르고 있다.

4. 포장 용매의 전이에 관한 연구 사례

식품 포장에서 전이 라는 것은 식품 포장재가 식품으로 transfer 되는 과정을 말하며, 이는 일종의 desorption process 과정이다. 1975년 Goldenberg et al. 는 포장재에 보존재와 포장 용매, 안착제 그리고 접착제와 같은 화학 물질이 존재하기 때문에 포장재의 성분이 식품 내용물에 전이될 가능성이 있으며, 궁극적으로 맛이나 향과 같은 식품의 품질을 저하 시킨다고 지적했다. 특히, Gilbert, S. G. 은 포장용매가 식품의 품질 변화에 영향을 미치는

[표 2] Molar transmission rates^a at ambient temperature

Polymer	Hexane	2-Butanone	Pentanal	Toluene	Styrene
Propylene(1.25mil)	91	250	240	240	190
HDPE/Tie/Nylon/EVA	0.51	42	550	7.7	9.8
LDPE/PVDC/LDPE(1.5mil)	0.6	11	0.63	5.4	5.7
LDPE/PVDC/LDPE(2.5mil)	0.37	3	b	1.1	2.1
PVDC/Polyester/PVDC(0.5mil)	b	0.41	b	b	0.74

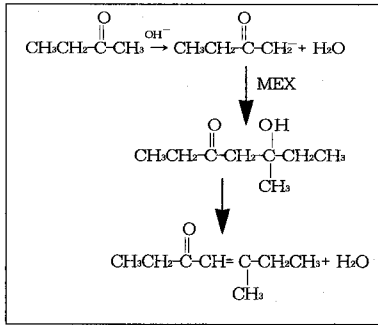
a : Expressed as cm¹ day⁻¹ × 10²
b : No transmission at 24 day

(표 3) Predicted days for contaminants to reach threshold off-flavor levels at ambient^a temperature

Polymer	Hexane	2-Butanone	Pentanal	Toluene	Styrene
Propylene(1.25mil)	585	22	5	84	4
HDPE/Tie/Nylon/EVA	585	132	200	2,600	79
LDPE/PVDC/LDPE(1.5mil)	585	516	176	3,800	138
LDPE/PVDC/LDPE(2.5mil)	585	1900	100,000	19,000	383
PVDC/Polyester/PVDC(0.5mil)	585	13,000	100,000	2,000,000	1150

a : Assuming required amount of contaminant present

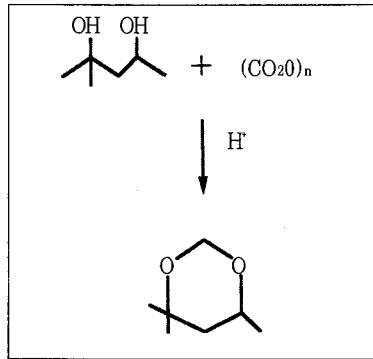
(그림 2) Formation of 5-methyl-4-heptene-3-one by aldol condensation and dehydration



데 이것은 포장재와 내용물 사이의 분배(partitioning)에 의해 좌우된다고 주장하였다.

이러한 주장들은 실험상의 결과를 통하여 증명되었는데, Heydanek et al. (1979)은 다섯가지 유기용매를 선택하여 (hexane, 2-butanone, pentanal, toluene and styrene) 식품으로의 전이 실험과 관능 검사를 실시하였다. (그림 2 참조). 이 실험에서 폴리 프로필렌 단층 필름은 사용된 유기 용매에 대한 차단제로서의 기능이 가장 떨어졌으며, 반대로 PVDC/polyester/PVDC 복합 필름이 용매에 대한 차단성이 가장 큰 것으로 나타났다. [표 3]은 각각의 유기 용매와 필름에 대한 이취가 threshold level(관능 검사 요원의 50%가 이취를 인식하기 위하여 필요한 최소농도)에 도달하기 까지

(그림 3) Formation of 4,4,6-trimethyl-1,3-dioxide from



걸리는 시간을 나타낸 것이다. 이 실험에서 PVDC/polyester/PVDC 그리고 LDPE/PVDC/LDPE 필름이 그 유기 용매에 의한 이취 발생 차단성이 가장 큰 것으로 나타났다.

위에서 언급한 과학적 실험 결과는 물론이고, 그 외에도 다양한 화학적 실험을 통하여 포장재의 성분이 식품으로 전이 또는 식품 성분과의 반응으로 내용물의 품질을 저하시킨다는 것이 밝혀졌다. 1986년, Piring, O. 는 포장 용매로 널리

사용되는 methyl ethyl ketone 이 자체 반응을 통하여 5-methyl-4-heptene-3-one 이라는 이취물질을 생성하는 것을 GC/MS 를 통하여 증명하였다. (그림 2참조)

이 외에도 McGorin et al. (1987)은 다양한 분석기계를 (GC/MS/IR) 통하여 포장재 성분과 (diol 구조) 식품 성분 (aldehyde 구조) 사이의 화학 반응으로 musty odor가 생성되어 식품의 품질을 저하시킨다는 사실을 화학적 반응 과정을 통하여 증명 하였다(그림 3 참조).

많은 포장 학자들은 이러한 전이가 어떤 요소에 의해 control되는가를 밝히기 위한 실험을 진행하였다. 1976년 Gilbert 는 전이 과정은 전이체의 초기 농도와 평행 상태에서 포장재와 식품간의 distribution에 의존한다고 설명 하였으며, Kinigakis(1986)는 비닐 클로라이드 모노머 라는 화학 물질이 plasticized된 PVC필름과 식용유 사이에서, 그리고 그 필름과 물 사이에서 partition 되는 정도를 측정하였다.

그는 필름의 plasticization 정도가 폴리머 구조에서 모노머의 전이에 영향을 준다고 보고 하였다. Haesook (1990)은 용매의 초기 농도, 온도와 시간 그리고 포장재의 morphological 구조에 의존한다고

(표 4) Partition coefficient (Kp) for limonene and carvone sorption into polypropylene films with various crystallinity

Polymer density(g/cm ³)	Crystallinity	Kp for Limonene	Kpfor Carvone
0.9213	0.743	83	5
0.9139	0.655	109	8
0.8830	0.323	145	11
0.8824	0.316	148	13
0.8873	0.369	147	14
0.8662	0.142	154	21

보고 하였다. 즉 용매의 초기 농도가 높을수록, 온도가 높을수록, 시간이 경과 할 수록 그리고 포장재의 구조가 보다 더 plasticization 되어 있을 때 용매의 전이 정도가 증가함을 지적 하였다.

이러한 요인 중 구조의 전이에 대한 영향은 1992년 Rutgers 대학의 Letinski와 Halek에 의해서 심층적으로 연구되었는데, 그들은 다양한 crystallinity를 가지고 있는 폴리프로필렌 필름과 두 가지의 citrus 향료를 가지고 실험하였다. 그 연구는 향료의 극성과 폴리머의 crystallinity가 전이 과정에 큰 영향을 준다는 것을 밝혀 주었다.

즉 탄화 수소 구조인 1 imonene 향료가 oxygenated된 carvoene 향료보다 탄화 수소 구조인 폴리 프로릴렌에 흡수가 잘 되는 것으로 나타났다. 필름의 crystallinity가 감소 할수록 향료의 필름으로의 흡수가 증가함을 보여 주었다.

포장 필름과 향료와의 반응 이외도, 1988년 Halek과 Hatzidimitriu는 지방 함량이 다른 3가지 식품 (soybean oil, chocolate liquor and cookie)과 6가지의 포장 용매 (ethyl acetate, hexane, isopropanol, methyl cellosive, methy ethyl ketone and toluene)를 이용하여 전이 실험을 진행하였다. 그 연구에서, 용매의 전이 정도는 식품이 갖고 있는 지방의 양에 비례한다는 사실이 입증되었으며(표 5 참조), 용매 농도 1에서 200ppm범위에서 측정된 분배 계수는 용매의 농도에 관계없이 일정함을 보여 주었다.

1988년과 89년에 Halek과

Levinson은 용매의 종류와 초코렛 쿠키에서 느껴지는 이취의 threshold 관계를 연구하였는데, 이 연구에서 그들은 과자에서의 용매의 전이 정도는 과자의 내용물의 다양성에 의해 좌우되며, 용해도나 화학적 친화도와 같은 일정한 요소에 의해 결정되는 형태를 띠지 않는다고 지적 하였다. 최근에는 Halek과 Chan(1944)은 용매의 극성과 absolute threshold level과의 연관 관계를 연구하였는데, alkanes의 absolute threshold는 사슬의 탄소수가 증가함에 따라 증가함을 보였고 ketone이나 alcohol류의 경우에는 탄소수가 증가함에 따라 감소 한다는 사실을 보여주었다.

위에서 언급한 식품의 구성 성분 그리고 전이체의 화학적 및 물리적 성질 이외에도 1995년 An, D. J.는 온도의 변화가 용매의 전이에 큰 영향을 미친다는 사실을 물리적 구조와 지방 함량이 각기 다른 chocolate chips(highly crystalline, 25% fat)과 chocolate cream(less crystalline, 48.4% fat)을 사용하여 밝혀주었다(표 6 참조).

각각의 용매에 있어서 온도가 증가함에 따라 분배 계수는 증가함을 보여주었다. 25°C에서 분배 계수의 순서는 cream>liquor>chips인데 이는 지방의 절대적인 함량 보다는 지방의 결정화(crystallinity)가 증가하는 순서와 일치하는 경향을 보여

(표 5) Partition coefficient and standard deviations of printing ink solvents between substrates and air at 25°C

Solvent	Soybean oil	Chocolate liquor(50%)	cookie(26%)
Ethyl acetate	0.61 ± 0.03	0.20 ± 0.04	0.090 ± 0.006
Hexane	0.34 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.074 ± 0.009
Isopropanol	0.30 ± 0.01	0.26 ± 0.07	0.091 ± 0.005
Methyl cellosolve	-	4.19 ± 1.44	0.44 ± 0.028
Methyl ethyl ketone	0.63 ± 0.01	0.19 ± 0.01	0.089 ± 0.006
Toluene	2.60 ± 0.02	0.58 ± 0.10	0.279 ± 0.002

(표 6) Average Kp for each solvent at 25, 35, and 45°C

Sample	Solvent	25°C	35°C	45°C
Chips	Toluene	0.0667	0.0942	0.1073
	Isopropanol	0.0615	0.0800	0.0907
	MEK	0.0410	0.0722	0.0831
	Ethyl acetate	0.0335	0.0464	0.0521
	Hexane	0.0251	0.0411	0.0459
Liquor	Toluene	0.1063	0.1822	0.2207
	Isopropanol	0.0973	0.1595	0.1696
	MEK	0.0764	0.0938	0.1115
	Ethyl acetate	0.0441	0.0685	0.0802
	Hexane	0.0342	0.0597	0.0708
Cream	Toluene	0.1699	0.1758	0.1749
	Isopropanol	0.1029	0.1022	0.1094
	MEK	0.0786	0.0859	0.0865
	Ethyl acetate	0.0566	0.0577	0.0594
	Hexane	0.0500	0.0550	0.0537

주었다. 이는 25℃에서는 결정화의 정도가 지방의 함량 보다 중요한 변수임을 의미하는 것이다. 35℃와 45℃에서 분배 계수는 25℃에서 보여 주었던 경향과는 다른 양상을 보여 주었다. 35℃에서, 분배 계수 순서는 liquor(48.4% fat) > cream (28.9% fat)이었으며, 이는 초코렛의 구조가 점점 연화됨에 따라 지방 함량이 분배 계수에 큰 영향을 미친다는 것을 의미하는 것이다. 45℃에서 초코렛의 구조는 더욱 더 연화되며 분배 계수의 순서는 변화하지 않지만, 분배 계수의 차이는 증가하게 된다.

이러한 전이에 영향을 미치는 인자의 발견의 단계를 넘어서, 최근에는 이를 식품과 포장재의 구조만으로 전이 농도를 예측하려는 시도가 많이 진행되고 있다. 1990년 Lee, K. H.는 쿠키와 크래커의 모델 시스템을 이용하여 포장용매의 전이 과정을 예측하려고 하였다.

이 연구에서 비극성 용매의 전이 과정은 예측이 가능하였으나 극성 용매의 경우는 예측이 어려운 것으로 나타났다.

아주 최근에는 An, D. J.(1995)에 의한 factorial experiment의 진행으로 비극성 용매 뿐만 아니라 극성 용매의 전이 정도까지도 예측 가능하게 되었으며 그는 예측 변수로써 Hildebrand solubility parameter라는 변수를 제시 하였으며 이는 포장재의 전이 정도를 식품에 따라 예측하는데 매우 유용한 것으로 평가되고 있다.

이 변수에 대한 이론적 내용 및 실제 이용 사례는 다음 호에 상세히 기술 하고자 한다.

5. 분배 계수의 정의 및 포장에서의 이용 가능성

분배 계수는 평형으로 발생하는 열 역학의 직접적인 결과에 의해 초래되는 현상이다. 이 현상을 열 역학적으로 설명하기 위하여 우리는 혼합되지 않는 두 가지의 회석 물질이나 같은 물질을 함유하고 있는 이상(ideal) 용액을 이용한다. 두 용액에서 어떤 물질의 몰랄(molal) 자유 에너지는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$GA = GA0 + RT \ln CA$$

$$GB = GB0 + RT \ln CB$$

여기서, G0는 1 기압과 298 °K에서의 표준 자유 에너지이고 C는 용매의 농도를 나타낸다. 평형 상태에서, GA 와 GB는 같게 된다.

$$GA0 + RT \ln CA = GB0 + RT \ln CB$$

$$\ln (CA/CB) = (GB0 - GA0) / RT$$

주어진 온도에서, GB0 와 GA0는 일정하기 때문에 다음과 같이 표시된다.

$$\ln (CA/CB) = \text{constant} = K$$

여기서 $K = (GB0 - GA0) / RT$

K는 주어진 온도에서 두 용매 사이에 어떤 물질의 분배가 평형에 도달할 때의 그 물질의 분배 정도를 나타낸다. 이 상수 K는 우리가 분배 계수라고 부르는 Kp 와 연계되어 있는데, 그 관계는 $Kp = CA/CB = eK = e(GB0 - GA0) / RT$ 이다. 포장이라는 학문에서, 분배 계수는 단위가 없는 수치이며 어떤 용매의 한

부분에서의 농도와 다른 부분에서의 농도비를 나타낸다. 그래서 Kp 값은 다음 식에 의해서 계산된다.

$$Kp = \frac{\text{용매의 식품에서의 농도}}{\text{용매의 공기에서의 농도}}$$

그래서, 식품으로 전이되는 용매의 양은 분배 계수는 비례한다. 식품에서 분배계수가 높으면, 더 많은 용매가 전이된 것을 의미한다. 가스 크로카토 그래피는 밀폐된 공간에서 평형에 도달한 후 분배 계수를 측정하는데 사용되는 대표적인 방법이다.

6. 결론

소득 수준의 향상으로 소비자들은 더욱 더 우수하고 안전한 제품을 요구하고 있으며, 이러한 영향으로 최근에 발생한 식품 내용물에서의 톨루엔 검출은 소비자의 식품의 신뢰성을 떨어 뜨리는 계기가 됐으며, 관련 제품의 판매에도 상당기간 영향을 미쳤다. 이런 식품 내용물과 포장 용매의 반응 및 전이에 관해서는 많은 연구가 선진 각국에서 이루어져 전이 과정에 관여하는 대부분의 인자들이 밝혀진 상황이며 최근에는 식품과 포장재에 따른 전이 정도의 변화를 예측하는 단계까지 발전하였다. 따라서 국내에서도 이번 에 문제가 제기된 용매의 과자로의 전이 현상 뿐만 아니라 다양한 식품 포장재와 내용물과의 상호 작용에 관한 체계적인 연구를 통하여 식품의 안전성을 높여 소비자의 신뢰성을 확보하고 앞으로 더욱 더 촉진될 시장 개방에 대비하는 자세가 필요하다고 생각한다. ☐

IV. 참고 문헌

1. An, D. J. and Halek, G. W. Partitioning of Printing Ink Solvents on Chocolates. *J. Food Sci.* 60:125 (1995)
2. An, D. J. and Halek, G. W. Partitioning of Printing Ink Solvents Between Cookie Ingredients and Air: Before and After Baking. *J. Food Sci.* in press(1995).
3. Deamer, H. *Modern Plastic Encyclopedia*: 378. McGraw-Hill, New York (1986)
4. Gilbert, S. G. Migration of Minor Constituents from Food Packaging Materials. *J. Food Sci.* 41:995 (1976).
5. Goldenberg, N. and Matherson, H.R. Off-flavor in Foods, Summary of Experience :1948-1974. *Chem. and Ind.* :551(1975).
6. Halek, G. W. and Hatzidimitriu, E. Partition Coefficients of Food Package Printing Ink Solvents in Soybean Oil, Chocolate Liquor, and a High Fat Baked Product. *J. Food Sci.* 53:568 (1988).
7. Halek, G. W. and Levinson, J. J. Partitioning Behavior and Off-Flavor thresholds in Cookies from Plastic Packaging Film Printing Ink Compounds. *J. Food Sci.* 53:1806 (1988).
8. Halek, G. W. and Levinson, J. J. Partitioning and Absolute Flavor Threshold Interaction of aliphatic, and Aromatic Food Packaging Solvents in High Fat Cookies. *J. Food Sci.* 54:173(1989).
9. Halek, G.W. and Chan, A. Partitioning and Absolute Flavor Threshold Interaction of Aliphatic Food Packaging Solvent Homologs in High-Fat Cookies. *J. Food Sci.* 59:420(1994).
10. Hansen, C. M. Film Formation by Solvent Evaporation. Paper Delivered at American Can Company Research Seminar, American Can Company, Barrington, Illinois, March (1970).
11. Leasook, Kim-Kang. Volatiles in Packaging Materials. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* :225 (1990).
12. Heydanek, M. G. JR., Woolford, G., and Baugh, I. C. Premiums and Coupons as a Potential Source of Objectable Flavor in Cereal Product. *J. Food* 47 (1987).
13. Kinigakis, P., Milts, J., and Gilbert, S. G. Partition of Vcm in Plasticized PVC/Food Similant System. *J. Food Processing and Preser.* 11:247 (1987).
14. Kumai, M, Koizumi., and Saito, K. a National Survey of Organic Solvent Compound in Various Solvent Products. part2. Heterogeneous Products Such as Paints Inks and Adhesive. *Industrial Health* 21: 185 (1983).
15. Lee, K. H. Effects of Food Ingredients and Food Systems on Partitioning Behavior of Printing Ink Solvents in Food Packaging Materials. Dept. Food Sci. in Rutgers, The State Uni. of NJ. (1990).
16. Letinski, J. B. and Halek G. W. Interaction of Citrus Flavor Compound Sorption With Polypropylene Films of Varying Crystallinities. *J. Food Sci.* 57:481(1992).
17. McGorin, R. J., Pofahl, T. R., and Croasmun, W.R. Odorification of Musty Component from an Off-flavor Packaging film. *Anal. Chem.* 59:1106a(1987).
18. Piringer, O. Interactions Between Packaging and food Consequences for Manufacturers and consumers. Paper Presented at a Meeting on food Packaging at the Swedish Food Institute, MAY 29, 1986.