

포장산업에서의 친환경 접착제

이용주 · 임동혁 · 김현중

서울대학교 산림과학부 환경재료과학전공

바이오복합재료 및 접착과학 연구실

(2010년 5월 26일 접수)

1. 서 론

한국산업규격(KS T 1001)에 의하면 포장(packaging)이라 함은 물품의 수송, 보관, 취급, 사용 등에 있어서 그것의 가치 및 상태를 보호하기 위하여 적절한 재료, 용기 등을 물품에 부여하는 기술 또는 그 상태를 말하며, 이것을 단위(날개) 포장, 내부 포장 및 외부 포장의 3종류로 대별한다[1]. 상품은 포장에 의해 품질이 보증되고 내용물의 손상을 방지할 수 있으며 수송 및 물류 효율을 높여서 땅값이 비싼 도시 공간을 유용하게 이용할 수 있다는 여러 장점이 있다[2].

포장산업은 숨겨진 거대한 산업이라고 불리는데, 다양한 산업과 학문에 보이게 또는 보이지 않게 연관되어 있기 때문에 겉으로 드러나는 것보다 그 중요성은 매우 크다고 할 수 있다. 포장산업은 펄프·종이산업, 플라스틱·화학공업, 금속산업, 유리산업, 목재산업, 전기·전자산업, 기계산업 등 여러 다른 종류의 업종과 연관되어 구성되어 있고 또한 관련되는 학문이나 기술이 물리, 화학, 생물 등 기초과학과 재료공학, 생물과학, 화학식품, 인간공학, 응용과학에 이르기까지 실로 다양하게 업종과 업종간의 복합 연관되는 업제산업(業際産業)인 동시에, 학문과 학문이 연계되어야 하는 학제산업(學際産業)인 종합과학적인 분야이다[3]. 포장에서 사용되는 재료는 종이·판지, 플라스틱, 금속, 유리, 목재, 점·접착제 등이 있다. 이중 접착제는 포장 재료비 중 약 3% 정도를 차지하고 있다[4,5]. 작은 비중이라고 할 수 있지만 거의 모든 포장재에서 접착제는 필수적으로 사용되기 때문에 포장에서 접착제의 중요성은 크다고 할 수 있다.

포장에서 사용되는 접착제는 골판지와 상자의 제작과 sealing, 포장 재료들의 lamination, label과 점착테이프 등 크게 세 가지로 구분해 볼 수 있다[4-6]. 각각에 사용되는 접착제들은 다시 용제형과 수성형(water-borne), 핫멜트(hotmelt), UV curing 타입으로 분류 할 수 있다. 따라서 본 지에서는 포장에서 사용되는 접착제의 생산 방법과 용도에 따른 분류와 최근 동향에 대해 알아보도록 하겠다.

2. 본 론

2.1. 생산방법에 따른 포장용 접착제의 분류

포장에 사용되는 접착제는 용제형(solvent-borne)과 수성(water-borne), 그리고 핫멜트(hotmelt)와 UV curing 타입 네 가지로 나눌 수 있다.

2.1.1. 용제형 접착제(Solvent-borne adhesives)

포장에 사용되는 접착제의 네 종류 중에서 가장 적게 쓰이고 사용량도 가장 빠르게 감소하고 있는 추세다. 사용되는 분야도 수성이나 핫멜트 접착제가 기술적으로 사용될 수 없는 곳에 한정된다. Rubber-resin 용제형 접착제는 라벨(label)이나 테이프 같은 점착제로 쓰이고 있으나, 가격, 안전, 생산성, 그리고 무엇보다도 환경 규제 때문에 수성이나 핫멜트로 대체되려는 움직임이 강하게 일어나고 있다. 10년 후에 모든 rubber-resin 용제형 점·접착제는 대부분 대체 될 것으로 예측된다[7].

용제형 폴리우레탄(polyurethane)접착제는 플라스틱 필름의 라미네이션(lamination)을 위한 연포장(flexible packaging)에 널리 사용된다. 이런 다층 필름 구조는 bag이나 파우치(pouch), 스낵류의 포장, boil-in-bag food pouch에 적용된다. 이 접착제는 접착력, 인성(toughness), 유연성, 투명성, 내열성에서 이상적인 물성을 갖고 있지만 이것 또한 대체되어 가고 있다.

2.1.2. 수성 접착제(Water-borne adhesives)

가장 오래된 형태이고 포장에 사용되는 접착제 중에서 가장 큰 부피를 차지하고 있다. 환경 규제로 인해 1980년 대부터 대부분 용제형에서 수성으로 바뀌기 시작했다. 수성 접착제의 장점으로서는 쉽고 안전한 취급, 에너지 효율, 낮은 가격, 높은 강도가 있다. 수성 접착제는 다시 천연계와 합성계 두 개의 카테고리 나뉜다[7,8].

천연계 수성 접착제: 초기부터 40년대까지 포장용 접착제는 자연물질에서 유도된 것들이었고, 여전히 시장에서 많은 부분을 차지하고 있지만, 점차 대체되고 있는 추세다. 종류로는 starch/protein/animal glue/casein/natural rubber latex가 있다[7].

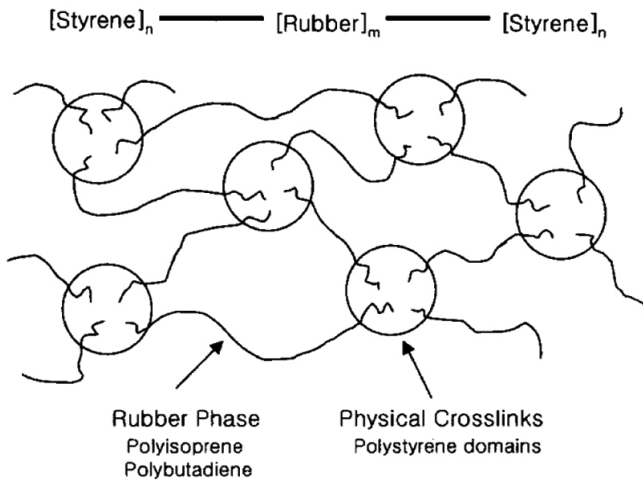


Figure 1. Styrene block copolymer의 구조.

합성계 수성 접착제: 가장 널리 사용되는 접착제이다. 대부분 resin 에멀전(emulsion)이고, 물에 PVA (poly(vinyl acetate))가 분산된 것이다. 여기에 poly(vinyl alcohol)이나 2-hydroxyethyl cellulose ether 같은 water soluble protective colloids와 가소제, 충전제, 용제, 소포제, 방부제(preservatives)가 함유되어 있다. 이런 에멀전은 thin milky fluid부터 thick한 nonflowing paste까지, 액상(liquid) 형태이다. 이것들은 form, seal, label cases, cartons, tubes, bags, bottle까지 폭넓게 사용된다. 최근에는 합성계 수성 접착제가 더 응용이 쉽기 때문에 천연접착제를 대체하고 있다. 이들은 종이와 유리를 접착하는 것 뿐 아니라 플라스틱과 금속의 접착까지 가능하다[7].

합성계 수성 접착제 중에서 대표적인 것으로, 수성 아크릴계 점·접착제를 예로 들 수 있다. 아크릴 에멀전 접착제는 친환경적이고 내후성과 코팅과정에서 가공의 편리함 때문에 라벨에 널리 사용되고 있다[8].

2.1.3. 핫멜트 접착제(Hotmelt adhesives)

핫멜트는 지난 25년 동안 포장용 접착제 중에서 가장 빠른 성장을 한 중요한 분야이다. 대부분은 case와 carton에서 빠른 속도로 큰 부피를 차지해가고 있다. 핫멜트는 100% 고체로 이루어져있고 열가소성(thermoplastic)이라서 실온에서 고체 상태고, 열을 가하면 액체 상태로 변하지만, 열을 식히면 다시 고체형태로 돌아온다. 핫멜트는 빠른 결합형성, 짧은 경화시간이라는 장점이 있지만 열을 견디는데 한계가 있고, 온도를 상승시키면 쉽게 응집력을 잃을 수 있다는 단점이 있다. 따라서 핫멜트는 대부분의 포장에 적합하지만 hot-fill 이나 bake-and-serve같은 곳에는 적용할 수 없다[7].

핫멜트 접착제는 기본수지에 따라서 올레핀계, 고무계, 폴리에스테르계, 폴리아미드계로 구분한다. 핫멜트

Table 1. Scheme of radical photo-polymerization

| | | |
|-------------|--------------------|--|
| Initiation | Photo-initiation | $PI \xrightarrow{h\nu} R \cdot$ |
| | Chain-start | $R \cdot + M \rightarrow R-M \cdot$ |
| Propagation | | $R-M \cdot + M \rightarrow R-M_n \cdot$ |
| Transfer | | $R-M_n \cdot + TH \rightarrow R-M_n-H + T \cdot$ |
| Termination | Recombination | $R-M_n \cdot + T/R \cdot \rightarrow R-M_n-T/R$ |
| | Quenching | $R-M_n \cdot + Q-H \rightarrow R-M_n-H + Q$ |
| | Disproportionation | $2 R-CH_2-CHX \cdot \rightarrow R-CH_2-CH_2X + R-CH=CHX$ |

접착제는 기본적으로 다음과 같은 성분으로 구성되어 있다[9,10].

① 기본수지: 에틸렌 비닐 알코올(ethylene vinyl alcohol) 공중합체, 에틸렌 비닐아세트산(ethylene vinyl acetate) 공중합체, 폴리아미드(polyamide), 폴리에스테르(polyester), 스티렌-이소프렌(styrene-isoprene) 공중합체 등

② 점착 부여제: 로진, 로진 유도체, 석유수지 등

③ 왁스 : 파라핀 왁스(paraffin wax), 저 분자량 왁스 등

④ 산화방지제: phosphite, benzofuranone, thiolester[11] 배합비에서 제일 많은 양을 차지하는 것이 기본수지이고, 기본수지 중 핫멜트 접착제에 가장 많이 사용되는 것은 EVA 공중합체이다. 그 이유는 vinyl acetate 함량을 변화시켜 melt index value의 범위를 조절할 수 있고, 다양한 기재에 우수한 접착력을 보이며, 가격이 싸기 때문이다. 점착부여제를 통해서 물성을 조절할 수 있으며 왁스는 용융 점도를 변경하거나 가격을 낮추기 위해서 사용한다[10]. 이 외에도 핫멜트 접착제는 고온과 빛에 의한 산화로 분해가 진행될 수 있으므로 추가적으로 산화방지제나 광안정제(light stabilizer)를 넣어 주기도 한다[11,12].

Figure 1은 SBC (styrene block copolymer)의 구조를 나타낸 것이다. 고무상 블록(rubber phase)의 종류에 의해 SIS (styrene-isoprene-styrene), SBS (styrene-butadiene-styrene) 등으로 불린다. SBC 핫멜트 접착제에서 스티렌 블록은 물리적 가교가 가능해서 응집력을 높여주고 고무상 블록은 유연성을 부여한다[13].

2.1.4. UV-curing 접착제

UV 경화란 Table 1과 같이 일반적으로 UV 조사에 의해서 광개시제(photoinitiator)로부터 생성된 라디칼(radical)이나 양이온(cation)에 의해 개시반응이 시작되어 반응성을 가진 모노머(monomer)나 올리고머(oligomer)가 연속 반응을 통해 경화되는 과정이다. UV 경화는 포장산업에서 접착제 뿐만이 아니라 인쇄용 잉크에도 많이 쓰이고 있다[14]. UV 경화는 용제형, 수성, 핫멜트형 접

Table 2. UV경화에 사용되는 모노머의 관능기 수에 따른 예

| 일관능기 (Monofunctional) | 이관능 (Di-functional) | 다관능 (Multi-functional) |
|--|--|---------------------------|
| $\text{H}_2\text{C}=\text{C}(\text{R})-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\left(\text{C}_2\text{H}_4\right)_n-\text{CH}_3$ | $\text{H}_2\text{C}=\text{C}(\text{R})-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\left(\text{C}_2\text{H}_4\right)_n-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}(\text{R})=\text{CH}_2$ | |

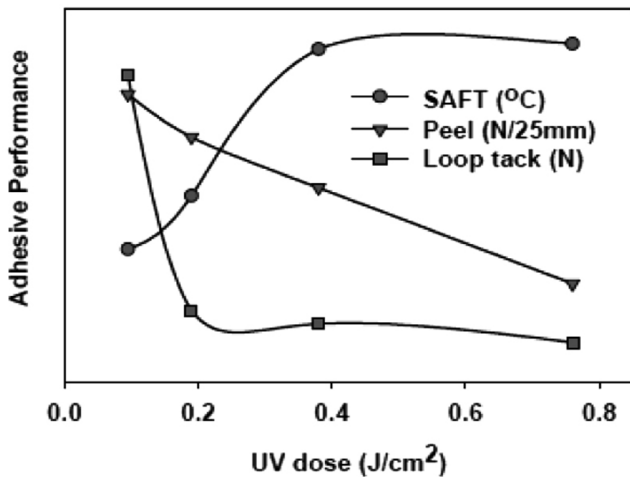


Figure 2. UV dose에 따른 peel, tack, SAFT[16].

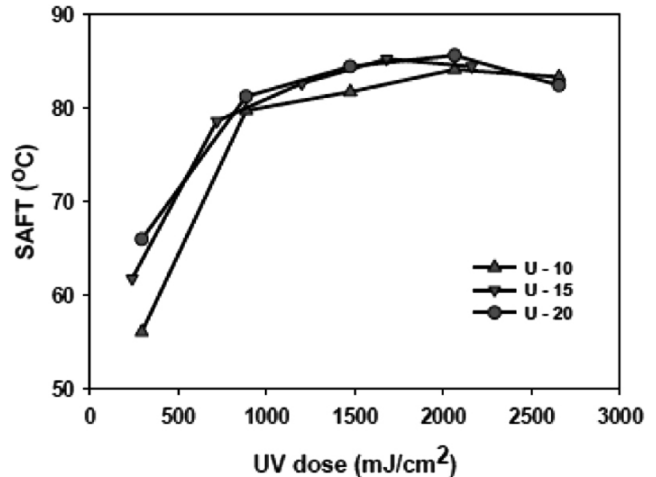


Figure 3. UV dose에 따른 SBC 핫멜트 PSA의 SAFT[13].

착제에 모두 도입이 될 수 있고, 최종 점착 물성이 UV 조사량에 따라 조절이 가능하다는 장점이 있다[13,15]. Figures 2와 3을 보면 조사량에 의해서 peel, tack, SAFT의 값이 변하는 것을 확인 해 볼 수 있다. UV 조사량이 클수록 경화가 많이 진행되기 때문에 응집력이 높아지므로 SAFT 값은 증가하는 경향이 있고, 반대로 peel 값과 tack 값은 감소하는 것을 알 수 있다. UV 경화형 접착제를 구성하는 것은 크게 광개시제, 모노머, 올리고머로 나눌 수 있다.

광개시제는 빛의 흡수를 통해 초기 반응 속도와 경화정도를 제어하는데 중요한 역할을 한다. 최근 식품 포장에서 광개시제의 식품으로의 이동(migration)이 큰 문제가 되고 있는데, 이를 개선하기 위해서 Ciba에서 difunctional hydroxyketone, aminoketone이 치환된 것과 difunctional phenyl glyoxylate가 기본물질인 low migration 광개시제를 개발했다. Hydroxy benzophenone 또는 hydroxy-thioxanthone의 polytetrahydrofuran diole에 대한 coupling 반응에 기본을 둔 특별한 종류는 최근에 Omnipol BP와 Omnipol TX라는 상품명으로 소개되고 있다[17].

모노머로는 아크릴레이트나 바이아크릴레이트가 사용되며 관능기 수에 따라서 단관능성에서 다관능성 등으

로 분류된다. 관능기 수가 많으면 반응속도는 빠르게 되지만 겔효과(gel effect)에 의해 최종 전환율은 낮아지게 되고, 가교밀도가 증가하게 되어 반응물의 강도는 증가하지만 경도는 떨어지게 된다. 또한 분자량이 낮으면 휘발성이나 냄새 및 피부자극성이 증대되고 경화 시 체적 수축이 커지는 등 모노머의 관능기 수에 따라 강도, 경화속도, 작업조건에 큰 영향을 미치기 때문에 이들의 선택이 중요하다[13].

올리고머는 고분자보다 낮은 중합도로 이루어진 동족체들을 가리키는 통칭이며, 프리폴리머(prepolymer)는 이보다 약간 중합도가 높은 것을 말한다. UV경화가 도입된 초기에는 styrene을 용매로 사용한 불포화 폴리에스테르(unsaturated resins)가 사용되었지만 styrene의 독성 때문에 TPGDA (tripropylene glycol diacrylate)나 TMPTA (trimethylolpropane triacrylate) 같은 다관능성 반응형 희석제를 사용한 불포화 폴리에스테르가 사용되고 있다. 주로 사용되는 올리고머로는 말단에 아크릴기가 있는 에폭시 아크릴레이트, 에스테르(ester)아크릴레이트, 에테르(ether)아크릴레이트, 우레탄 아크릴레이트 등이 있다[17].

Table 3. 라미네이트 필름(laminated film)

| 접착제 라미네이션 | 압출 라미네이션 | 열용융 라미네이션 | 열 라미네이션 |
|------------------------|------------------------|--------------------|----------------------|
| Dry-lamination | Single-lamination | Wax-lamination | Heat seal-lamination |
| Wet-lamination | Tandem-lamination | Hotmelt-lamination | |
| Hotmelt-lamination | Coextrusion-lamination | | |
| Thermal-lamination | Sandwich-lamination | | |
| Non-solvent lamination | | | |

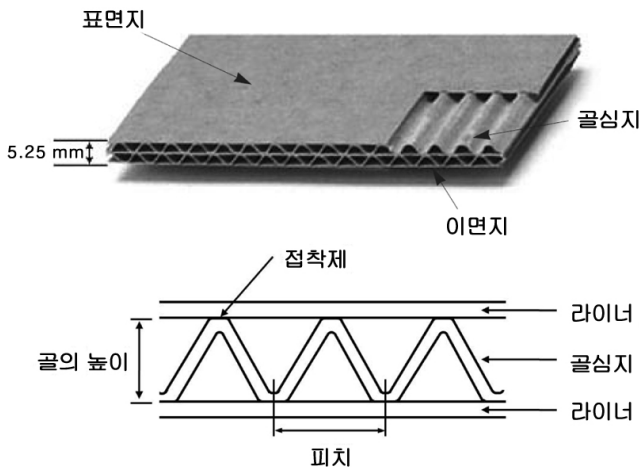


Figure 4(a). 골판지의 구성[19,20].

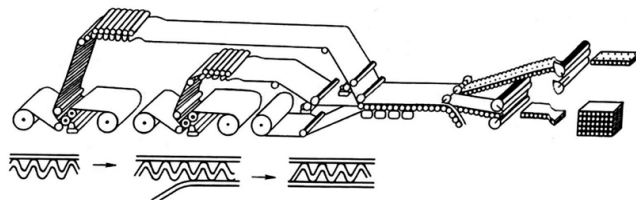


Figure 4(b). 골판지의 제조공정과 구조[19].

2.2. 용도에 따른 포장용 접착제

포장에 쓰이는 접착제는 골판지 시트 및 상자의 제조, 라미네이션, 라벨 및 포장용 점착 테이프 등 크게 네 가지 형태로 사용된다.

2.2.1. 골판지 시트의 제조

골판지는 골심지(medium)로 물결모양의 골지(wally paper)를 형성한 후 그 위아래에 판지(liner)를 접착시킨 것으로서 가볍고 완충이 뛰어난 강인한 상자를 만들 수 있어서 포장용으로 광범위하게 사용되고 있다.

Figure 4와 같이 corrugator machine으로 중심 판지에 단상의 주름을 잡아서, PVA계 에멀전 접착제를 사용하여 상하판과 주름판을 접착하여 샌드위치 구조로 만든다. 생산속도가 빠른 라인에서는 매분 360 m 이상으로 제조할 수 있고 핫멜트 접착제를 사용하면 보다 고속으로 제조할 수 있다[9]. 골판지 생산설비는 접착 기

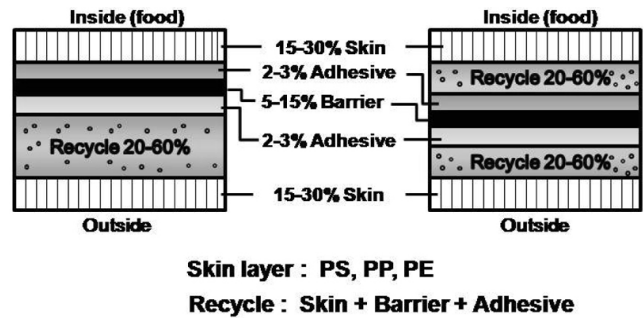


Figure 5. 공압출 필름의 다층구조의 예[22].

기로서 최고급으로 규모가 크며 또한 투자액의 크기 때문에 그 설비도 접착제를 사용하고 있는 점에서 상세하게 연구되어 있다. 골판지에 사용되는 접착제 중 가장 많이 사용되는 것은 미국에서 개발한 스테인홀 방식 접착제이다. 이 접착제의 특징은 물에 녹이지 않고 단순히 물에 분산시킨 생(生)전분(주로 콘스타치)을 주성분으로 하며 일부 전분만을 별도 용기에서 용해 혼합한다. 그리고 예열된 단조 중심(段線中心)의 단(段) 꼭지부에 도장하면 그 열로서 생전분이 급속하게 팽윤, 풀이 단시간에 세팅될 수 있게 되는데 그때의 풀이 되는 온도를 내려서 풀이 되는 것을 촉진시키기 위하여 수산화나트륨을 가한다. 골판지 시트의 내수화로 인하여 각종의 내수 라이너(liner)가 검토되고 있으나 이 경우에는 원지(原紙)에 따라서 스테인홀 방식 접착제의 처방도 검토하여 합성 고무 라텍스 등을 혼합하는 때 도 있다[18].

2.2.2. 라미네이션(Lamination)

포장재료는 포장 내용물의 성질·용도·형상에 따라 제약을 받으며 사용된다. 이 경우 재료의 단체(單體)로서는 요구되는 기능상의 성능을 만족시키기가 어렵고 여러 가지 기능을 갖는 재료를 이용하여 요구 성능 - 예를 들면 수증기 배리어성, 산소 배리어성, 강도, 차광성, 히트설텔성, 내유성, 내 편후성, 보향성, 이지오픈성, 내수성 등을 만족시켜줄 수 있도록 최적의 소재를 복합화(적층) 시켜주어야 할 필요가 있다[21].

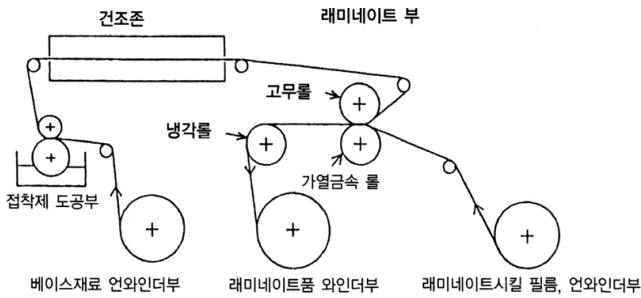


Figure 6. Dry laminator[21].

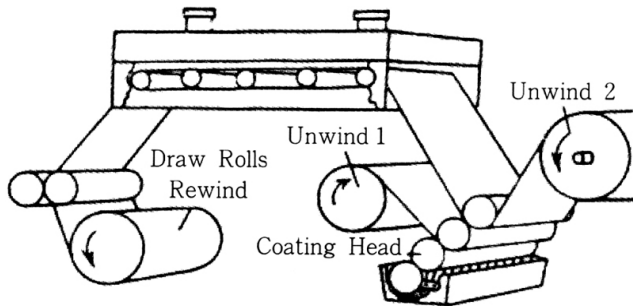


Figure 7. Wet laminator[21].

2.2.2.1. Dry-lamination

드라이 라미네이션은 기재에 접착제를 도포한 후 건조오븐을 통하여 용제를 증발시킨 건조상태의 면에 다른 필름을 님롤로 압력을 가해 라미네이션 시키는 방법이다. 주로 레토르트(retort)의 포장 재료같이 내열성이 요구되는 경우나 포장 재료의 강성을 필요로 하는 경우, 또는 전체 두께가 한정된 경우에 이용된다. 드라이 라미네이션의 장점은 어떤 베이스도 사용가능해서 선택의 범위가 넓으며 접착제 도포량의 변화로 내열성·내한성·내약품성의 부여가 가능하다는 것이다. 단점으로는 용제 흡착으로 인한 냄새와 잔류 용제가 문제로 지적되고 있고, 접착제 도포의 정밀도와 건조기에 의한 베이스 재료의 수축, 변질 등이 있다[21].

드라이 라미네이션용 접착제로는 2액형 우레탄계가 주로 사용되며, 주제는 폴리에스테르계와 폴리에테르계가 있다. 경화제에는 폴리이소시아네이트 프리폴리머가 사용되고 있다. 우레탄계가 압도적으로 사용되고 있는 이유는 용제의 증발이 끝난 시점에서는 반응이 완결되어 있지 않으므로 아직 유동성이 잔류하고 있는 것과, 그 이후의 경화반응으로 내열, 내수, 내유지, 냉동 및 내한성 등이 풍부하며 유연 강인한 막을 만들고 또한 충분한 접착력을 갖고 있기 때문이다. 라미네이트 한 것은 감은 후에 상온에서 경화 반응이 진행되나 경화가 대체적으로 끝나는데 2~5일이 소요되므로 경화촉진을 위하여 30~60°C에서 양생할 때도 있다. 사용

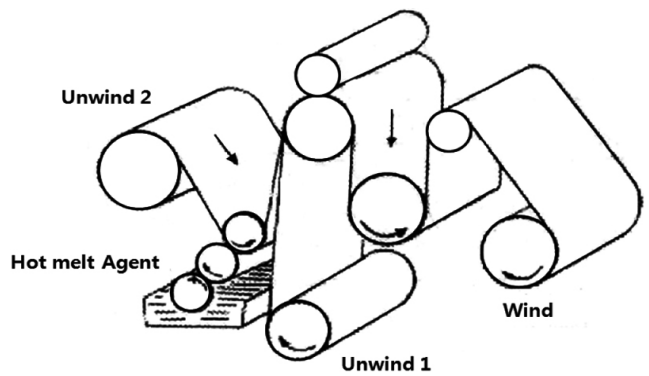


Figure 8(a). Hotmelt laminator[21].



Figure 8(b). Hotmelt laminator[23].

시의 농도는 20~30%로 그 도포량은 1.5~2 g/m²(고형분) 정도를 많이 이용한다[18].

2.2.2.2. Wet-lamination

Wet-lamination은 필름과 필름의 라미네이트에는 일반적으로 이용되지 않고, 한쪽이 물을 흡수 투과해야하므로 필름과 종이, 종지와 알루미늄포일, 종지와 종이, 종지와 셀로판 등 주로 종이를 포함하는 라미네이트에 이용되고 있다. 용제인 물을 건조시켜야 하기 때문에 wet-laminate라고 한다. 접착제로서는 아세트산비닐 수지, 아세트산비닐-에틸렌 공중합물 및 아크릴산에스테르계 수지 등의 수성 에멀전을 주로 사용하며 다시 여기에 압모늄 카제네이트나 폴리비닐알코올 등의 수용액을 첨가하여 내열성 향상, 점성 조정 및 보수성 조정 등을 실시할 때도 있다. 또 식품·의약품 포장용에는 프탈산에스테르의 사용이 금지되므로 DBP (dibutyl phthalate)로 가소화된 아세트산비닐 에멀전은 적합하지 않다[18,21].

2.2.2.3. Hotmelt-lamination

핫멜트 라미네이션은 주로 캔디, 검, 초콜렛, 버터,

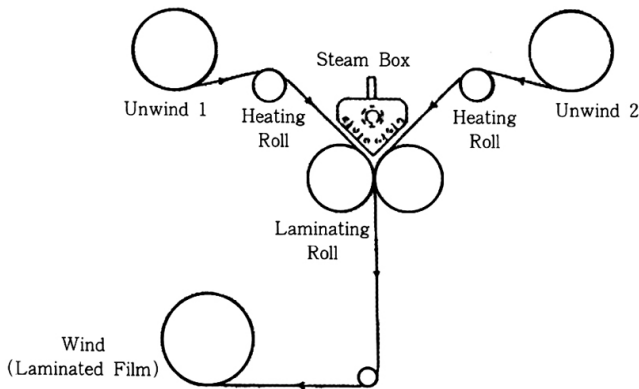


Figure 9. Thermal laminator[21].

마가린, 비누 등을 직접 포장하는 재료의 제조에 이용된다. 파라핀 왁스, 마이크로크리스탈린 왁스, 핫멜트 접착제 등의 열용융액을 접착제로 사용하는 방식이며 유기 용제를 포함하지 않으므로 용제에 관한 각종 문제는 없으며 건조 설비도 불필요하여 장소를 차지하지 않는다[18,21].

2.2.2.4. Thermal lamination

종이용기의 복합재료, 프린트기판, 단열재 등의 제조에 이용된다[21].

2.2.2.5. Non-solvent lamination

드라이 라미네이션에서 건조 공정을 생략한 것으로 핫멜트 라미네이션에 가깝다. 우레탄 프리폴리머는 가온하면 저점도액이 되는 것과 습기에서 경화하는 것을 이용한 1액형 습기 경화 무용제 접착제(약칭: 논솔 접착제)가 있다. 주로 스넥과자, 액체수프, 절입물 등의 포장재로 사용된다.

2.2.3. 라벨(Label)

라벨은 다양한 재료를 사용함으로써 포장 디자인에 널리 활용이 가능하고 영구적 또는 일시적인 부착이 가능하므로 수요가 증대되고 있고 지속적인 기술의 발전이 이루어지고 있다. 라벨의 종류에는 검 라벨, 감열 라벨, 활성 지속 감열 라벨, 건·습 양용 라벨 및 사용시에 접착제를 사용하는 종이 라벨 등이 있다[18].

최근 라벨 분야의 동향은 디자인뿐만 아니라 기능성도 갖추는 방향으로 나가고 있다. 일반 상태에서는 용기를 밀봉하고 있다가 전자레인지 조리 시에는 열에 반응하여 증기를 배출하는 라벨, 향균제가 소정부위에 도포되고 테두리 부위에 접착제가 첨가된 식품용 라벨, 농수산물 등의 품질 인증서 또는 보안용으로 사용되는 위변조 방지용 라벨, 온도감지기능이 있어서 제품이 수용된 상자를 개봉하지 않고도 유통과정에서의 온도환경을

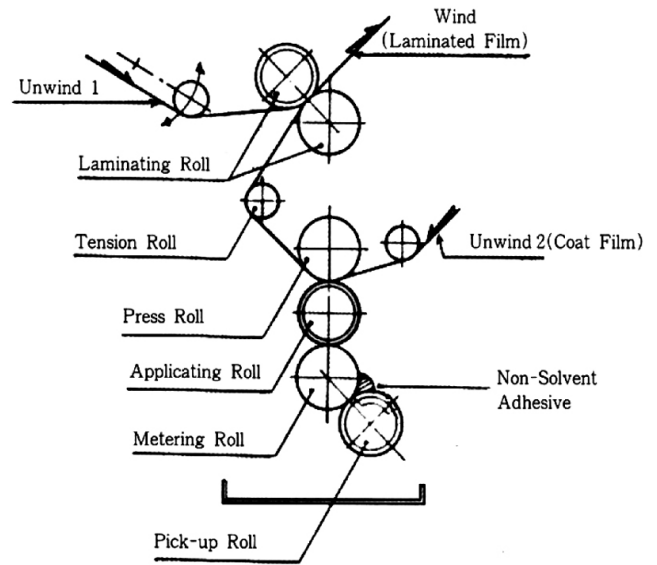


Figure 10. Non-solvent laminator[21].

육안으로 확인할 수 있는 라벨 등 다양한 기능성 라벨이 있다[24,25]. 식품 라벨의 경우 제품의 색과 내용물을 직접 보여줄 수 있는 투명 접착라벨의 개발과 탄소배출량 감축 활동에 일환으로 liner-less 라벨 (이형지가 없는 테이프형 접착 라벨)도 개발되고 있다.

2.2.4. 포장용 접착테이프

2.2.4.1. 접착테이프

접착 테이프는 제2차 세계대전 중에 미국에서 방수·방식의 목적으로 주로 야전용 군수물자의 포장용으로 사용되기 시작했다. 당초 군수용이 주체였던 직물접착 테이프도 골판지 포장의 보급과 더불어, 골판지 봉합용으로서 비약적으로 수요가 증대하는 발전을 거두었다. 골판지 봉합용 접착테이프는 골판지 상자의 flap의 내반발력에 견디고 봉합할 필요성에서, 접착제는 비교적 높은 접착력과 유지력을, 또한 수출 포장용으로 내 충격성과 강한 지지체 강도를 가지고 있다[9].

셀로판·아세테이트·얇은 OPP 등의 접착 테이프는 화장 포장지의 고정, 강통의 실(seal), 봉투의 실, 조그만 상자의 edge seal 등의 경(輕)포장에 많이 사용되고 있다. 상품의 포장에 사용되기 위해서, 외견상의 아름다움이 요구되고, 테이프의 투명성과 빛의 아름다움이 중요시된다. 또한 진열대에 사용되는 경우가 많기 때문에 테이프의 절연성 등의 작업성이 중요하다[9].

경제 성장과 더불어 골판지 상자의 사용량이 급격하게 늘어나고, 또한 환경보호의 면에서도 마분지 등의 재생 자원의 재활용화가 진행되고 있다. 접착 테이프 업계에서도 봉합용 접착테이프에 대한 환경보호책이 한층 더 필요하게 되었다. 현재는 골판지 상자에 붙인 채로

파지로서 회수하고, 그대로 재생처리가 가능하도록 점착제는 약 알칼리성 수용액에 용해되는 타입의 알칼리계 점착제를 사용하고, 지지체도 크라프트(kraft)지 표면의 PP·PE의 라미네이션을 없애고 특수도공제 위에 실리콘을 도포한 타입이 시판되고 있다. 이와 같은 본체의 재생공정에서 처리할 수 있도록 하자는 생각에서, 보냉발포(保冷發泡)스티롤 상자용에 지지체로서 피착체와 동질의 OPS (폴리스티렌 필름)를 사용한 점착 테이프도 시판되고 있다[9].

2.2.4.2. 검 점착테이프

검 테이프는 우표의 뒷면과 같이 물로 적서 붙이는 점착 테이프로 골판지 상자의 자동 봉인 등에 쓰이고 점착 테이프보다 염가이나 탈수 가공이나 소수성면에는 적합하지 못하다. 지지체로는 종이 많으며 그 이외에 종이 플라스틱 필름을 라미네이트한 것이 있다. 검 점착 테이프용 재습형 점착제의 주성분은 젤라틴, 텍스트린, 폴리비닐알코올, 폴리아크릴릭아미드, PVM(폴리비닐메틸에테르), 아세트산비닐-무수말레인산 공중합물, 폴리비닐피롤리돈 등이 있으며 일반적으로는 혼합하여 사용한다[18].

2.2.4.3. 감열(感熱) 점착테이프(히트 실 점착테이프)

감열 점착 테이프는 가열하면 용융하여 강한 점착력을 발휘하는 감열성 점착제를 도포한 것으로 골판지 상자의 봉인, 작은 상자의 양끝의 엔드 실 및 각종 포장의 봉인 등에 쓰인다. 점착제는 주성분으로서 EVA, 폴리아미드, 염화비닐-아세트산비닐 코폴리머 및 부티랄등이 유기 용제 용액, 에멀전, 핫멜트형으로서 도장된다[18].

2.2.4.4. 활성 지속 감열 테이프

딜레이드 택(delayed tack: 지연 점착) 테이프라고도 부르며 가열하여 사용하는 점에서는 감열성 점착 테이프에 속한다. 한편 가열 후에 냉각하여도 어느 기간(예를 들어 몇 분~1일)점착성을 유지하고 있는 점에서는 점착테이프에 속한다고 할 수 있다. 이에 대한 처방에는 각종의 특허가 있으나 예를 들어 T_g (유리전이온도)가 상온 이상인 메타크릴릭-아크릴산에스테르 공중합 에멀전에 상온에서 고체 가소제의 디스퍼션(dispersion)을 혼합한 것을 도포 건조하는 등의 방법이 있다. 이형지나 이형처리를 할 필요가 없으므로 얼핏 보기에는 보통 종지와 다르지 않으나 펜 글씨나 날인 가능한 점착 테이프나 점착 라벨을 할 수 있다[18].

2.3. 친환경 포장용 점착제의 최근 동향

미국, 유럽 등에서 휘발성 유기물질 방산(volatilic or-

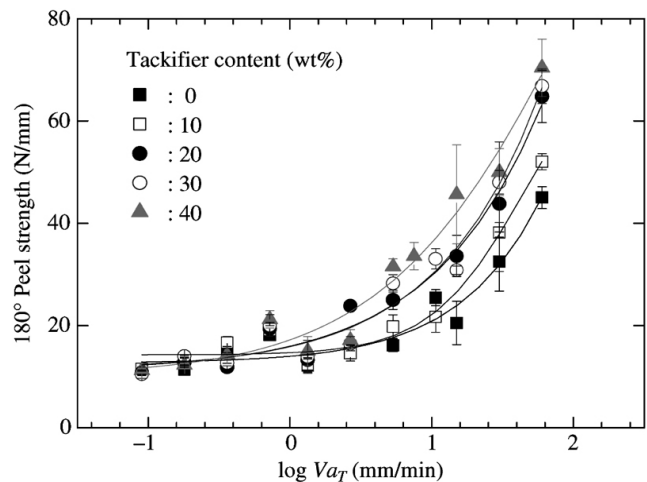


Figure 11. Master curve of a series of water-borne acrylic emulsion/Superester E-720 blend PSAs[12].

ganic emission)을 최소화하기 위해 용제를 사용하는 점착제를 대체하려는 움직임이 강하게 일어나고 있다. 따라서 수성 점착제나 핫멜트가 성장하고 있다[7]. 그러나 수성 점착제나 핫멜트는 용제형 점착제에 비해 물성이 떨어진다는 단점이 있기 때문에 모든 포장분야에 두루 적용하기가 곤란한 실정이다. 따라서 강도와 내열성을 향상시킨 수성 점착제와 핫멜트 점착제의 기술 동향과 최근 식품 포장에서 심각한 문제가 되고 있는 migration에 대해 알아보도록 하겠다.

2.3.1. 수성 점착제

수성 점착제는 각기 분리된 미셀(micelle)에서 합성되는 특성 때문에 연속적인 네트워크 구조를 갖는 용제형 점착제에 비하여 전단력과 온도와 같이 응집력과 관련한 물성이 더 낮다[26]. 따라서 수용성 점착제의 물성향상에 관한 활발한 연구가 이루어지고 있다. Kim 등은 Figure 11에서와 같이 점착부여수지제(tackifier)인 에스테르계 로진의 종류와 함량에 의해 수용성 아크릴 에멀전 점착제의 물성이 변화하는 것을 측정하였다[8]. 내열성 향상을 위해 충전제를 이용한 연구도 진행되고 있다. 먼저, PCM (phase change materials)을 사용한 경우이다. PCM을 이용하면 주변 온도가 녹는점보다 상승해도 PCM이 열을 흡수해주기 때문에 내열성이 향상될 수 있다. 그러나 PCM은 액상이라 흐르기 때문에 고분자를 shell구조로 만들어서 encapsulation 할 필요성이 있다. 또한 충전제의 양이 증가할수록 물성이 저하되기 때문에 점착제와 충전제를 혼합한 층을 가운데에 위치시켜 점착물성의 저하를 최소화했다[26].

충전제의 다른 종류로 나노클레이를 사용한 연구가 있다. 클레이 분산 유기/무기 나노복합재 제조 기술은 실리케이트 층상 구조의 점토 광물을 나노 크기의 판

상 기본 단위로 박리하여 고분자 상에 분산시키므로 소량의 클레이만으로도 기존 고분자의 낮은 기계적 물성 또는 열적 특성이 향상 될 수 있다. 클레이의 기본 단위인 판상 실리케이트는 각 판의 표면의 강한 극성기를 가져 강한 반데르발스 인력으로 인해 쉽게 박리, 분산시키기가 어려울 뿐 아니라, 높은 표면적으로 인해 클레이들끼리의 뭉침 현상이 발생할 수 있어 그 제조 기술이 매우 중요하다[27]. 나노클레이를 이용한 접착제를 사용하여 내열성, 기계적 강도를 향상시키고 가스 배리어성이 부여된 연구결과들도 발표되었다[27,28].

2.3.2. 핫멜트 접착제

핫멜트 접착제에서 개선되어야 할 사항은 온도가 상승하면 물리적 가교 결합이 붕괴되어 응집력이 약해진다는 것이다. 따라서 핫멜트에 UV 경화에 의한 화학적 가교결합을 도입하여 내열성을 개선시키는 연구가 행해지고 있다. Lim 등의 연구에 따르면, SIS/SBS계 접착제에 UV 가교를 위해서 삼관능인 TRIS (trimethylolpropane mercaptopropionate)를 사용하여 thiol-ene 반응을 이용하면 가교를 효과적으로 증가시킬 수 있다. 또한 TRIS를 사용함으로써 산소저해효과를 줄이고 생산속도를 높일 수 있으며 SAFT를 크게 향상시킬 수 있었다[29,30].

포장에는 많은 양의 접착제가 사용되는 것은 아니지만 펄프를 재생할 때 무시할 수 없는 영향을 준다. 접착제가 남아있게 되면 핀홀을 초래하거나 인쇄문제를 일으키고 미적으로 좋지 않은 영향을 준다. 또한 접착제 자체로도 폐기 시 환경문제를 초래할 수 있다. 따라서 생분해가 가능한 천연 접착제 사용이 고려되고 있고 식품 포장에 적용하기 위해 poly-ε-caprolactone (PCL)과 soy protein isolate (SPI)를 이용한 핫멜트 접착제에 관한 연구도 이루어지고 있다[31,32].

2.3.3. 천연접착제

천연계 접착제는 목재와 포장분야에서 많이 사용되고 있고 미국의 경우 포장용 접착제의 58%를 전분과 덱스트린이 차지할 정도로 접착산업에서 천연 접착제가 차지하는 비중이 크다[33]. 천연계 접착제 중 대두를 이용한 접착제는 오랜 역사를 가지고 있지만 합성 접착제의 접착력보다 우수하지 못하여 밀려났다가 90년대 이후 친환경 접착제의 필요성이 부각되면서 개발이 시도되고 있다. 대두접착제는 물에 저항성이 없어서 습도가 높은 곳에서 보관하게 되면 접착력이 급격히 감소하게 되지만 온도에 대한 영향력은 없다. 따라서 내수성을 향상시키기 위한 연구가 이루어지고 있는데 주로 수산화나트륨을 이용한 알칼리 처리가 이용된다. Hettiarachchy 등은 수산화나트륨과 trypsin으로 처리한 대두 단백질로 접착제를 준비하면 처리하지 않은 것

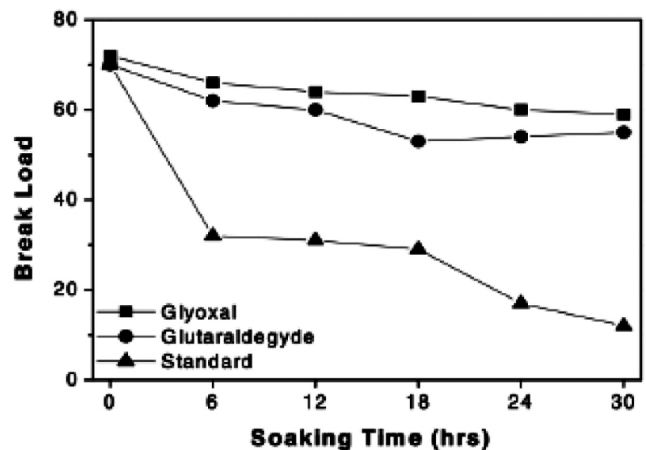


Figure 12. 접착제의 glyoxal과 glutaraldehyde의 가교 결합이 상온에서 물에 침수 시킨 목재시편의 break load value에 미치는 영향[34].

비교하여 강한 접착력과 수분에 대한 저항성이 큰 것을 확인하였다. 또한 수분에 의한 접착력의 감소를 막기 위해 glyoxal과 glutaraldehyde을 이용하여 가교(crosslinking)를 시켰을 때, Fig 12와 같이 접착력이 조금 감소하지만, 물에 넣어둔 채 시간이 지나도 강도를 유지하고 있음을 확인할 수 있다[34].

2.3.4. Migration

접착 공정을 통해 얻어진 다층 연포장은 화장품류나 식품 등의 포장에 많이 사용된다. 이러한 연포장은 몇 개의 층으로 구성되는데 PE 필름으로 사출(extrusion)하거나 적절한 접착제에 의해 서로 고정된다. 보통 포장에 사용되는 재료들은 고분자(PE, 폴리에스테르, 폴리아마이드 등)인데 배리어를 위해 알루미늄 호일로 접착되어 있다. 많은 장점이 있음에도 불구하고(불투과성, 유연성, 가격, 등등) 이런 물질들의 주 단점은 포장의 내용물과의 상호작용이 있다는 것이다. 포장 재료와 제품사이의 상호작용은 폭 넓게 연구되고 있다. 그 상호작용 중 첨가제, 모노머들, 접착 물질들이 제품으로 전이 되는 것은 큰 문제인데 특히 제품이 식품일 때 더욱 심각한 문제가 된다. 제품의 안전성을 생각할 때 심각한 문제가 되지만 반대로 포장 재료를 중심으로 생각해보면 제품의 흡수를 통해 포장재의 필수적인 특성을 잃는다거나 접착력을 저하시키는 문제가 되기도 한다. 따라서 포장 재료의 접착제나 잉크가 식품으로의 전이(migration)되는 현상을 방지하는 것과, 반대현상으로 인한 제품의 디라미네이션(delamination)에 저항할 수 있는 접착제 개발에 관한 연구가 진행 중이다[35].

3. 결 론

포장은 산업에서 큰 비중을 차지하고 있고 그에 사용되는 접착제는 각종 환경규제와 안전성에 대한 사회적 요구를 받고 있다. 따라서 수용성 접착제, 핫멜트, 천연접착제 같은 친환경접착제에 대한 필요성이 대두되면서 활발한 연구가 진행되고 있다. 그러나 이런 친환경 접착제들은 용제형 접착제에 비해서 물성이 부족하다는 단점이 있기 때문에 이를 해결하기 위한 연구와 상품과 포장 환경을 고려한 기능성이 부여된 연구가 더 필요하다.

참 고 문 헌

1. 한국산업규격 KS T 1001.
2. 한국포장산업연구소, 포장! 이것만은 알아두자 : 이것이 포장이다, 포장산업, 서울 (2005).
3. 김청, 포장이야기, 포장산업, 서울 (1999).
4. 한국포장산업연구소, 일본의 포장산업동향 : 용기 · 포장 재료와 제품별 시장 동향, 포장산업, 서울 (2009).
5. Japan Packaging Institute.
6. Japan Adhesive Industry Association's statistical information revised 7th July, 2009.
7. K. S. Marsh and A. L. Brody, The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology, 2nd ed. Wiley, New York (1997).
8. B.-J. Kim, S. Kim, S.-E. Kim, H.-J. Kim, and S. D. Kim, Viscoelastic Properties and Peel Strength of Water-borne Acrylic PSAs for Labels, *Journal of Adhesion Science and Technology*, **21**, 109 (2007).
9. 김현중, 김대준, 조길원, 접착 · 점착의 화학과 응용, 한국접착 및 계면학회, 부산 (2002).
10. Y.-J. Park, H.-S. Joo, H.-S. Do, and H.-J. Kim, Viscoelastic and Adhesion Properties of EVA/Tackifier/Wax Ternary Blend Systems as Hot-melt Adhesives, *Journal of Adhesion Science and Technology*, **20**, 1561 (2006).
11. 도현성, 김현중, 핫멜트 접착제에 사용되는 산화방지제, 자외선 안정제, 기능성 고분자첨가제, *접착 및 계면*, **5**, 44 (2004).
12. N. J. Earhart, UV Protection of Hot Melt Adhesives Used in Packaging Applications, 2000 Hot Melt Symposium, TAPPI (2000).
13. 도현성, 박영준, 김수민, 임동혁, 김현중, 환경친화형 접착 · 점착제의 기술동향, *공업화학전망*, **7**, 14 (2004).
14. 도현성, 김대준, 김현중, UV 경화형 소재의 응용, *접착 및 계면*, **4**, 41 (2003).
15. G. Wu, Y. Jiang, L. Ye, S. Zeng, P. Yu, W. Xu, A Novel UV-crosslinked Pressure-Sensitive Adhesive based on Photoinitiator-grafted SBS, *International Journal of Adhesion and Adhesives*, **30**, 43 (2010).
16. 임동혁, 김수민, 도현성, 박영준, 주효숙, 김현중, 친환경 · 고기능성 접착제와 점착제의 연구동향, *Trends in Agriculture & Life Sciences, TALS*, **3**, 28 (2005).
17. R. Schwalm, UV Coatings : Basics, Recent Developments and New Applications, Elsevier, Amsterdam; London (2007).
18. 김형균, 接着劑핸드북, 世和, 서울 (1983).
19. 테림포장 홈페이지 : <http://www.tailim.com>.
20. 김청, 플라스틱이야기, 포장산업, 서울 (1999).
21. W. A. Jenkins, J. P. Harrington, Packaging Food with Plastics, Technomic Publishing, Lancaster (1991).
22. M. Viljanmaa, A. Södergård, P. Törmälä, The Use of Lactic Acid-based Hot Melt Adhesive in the Industrial Lamination Process, *International Journal of Adhesion & Adhesives*, **23**, 151 (2003).
23. http://www.packnet.co.kr/news/n_read.html?news-id=7572&type=&keys=&search=&listpage=n_search.html 2009년 12월 1일 참고.
24. 특허 : 온도감지기능이 있는 개선된 포장점착테이프 (김현중, 김성은, 남유정, 정연호), 등록번호 : 10-06-57027-00-00 (등록일: 2006년 12월 13일).
25. Y.-K. Cho, Thermal Properties of Acrylic Emulsion Pressure Sensitive Adhesives (PSAs) with Micro-encapsulated Phase Change Material (PCM) and Application for Cooling Electric Devices, 서울대학교 대학원 석사학위논문 (2008년 8월).
26. J.-K. Oh, Synthesis and Adhesion Performance of Polyacrylate-Clay Pressure-Sensitive Adhesive as Nanocomposite by in-situ Polymerization, 서울대학교 대학원 석사학위논문 (2009년 8월).
27. J. M. Herrera-Alonso, Transport Properties in Polyurethane/Clay Nanocomposites as Barrier Materials : Effect of Processing Conditions, *Journal of Membrane Science*, **337**, 208 (2009).
28. 임동혁, 도현성, 김현중, 윤관희, 방정석, Thiol-ene 반응을 이용한 UV경화형 SIS/SBS계 점착제의 점착물성, *접착 및 계면학회*, **6**, 19 (2005).
29. D.-H. Lim, H.-S. Do, H.-J. Kim, J.-S. Bang, and G.-H. Yoon, Preparation of SIS/SBS-based UV-crosslinkable Pressure-Sensitive Adhesives using the Thiol-

- ene Reaction, *Journal of Adhesion Science and Technology*, **21**, 589 (2007).
30. W. Y. Choi, C. M. Lee, and H. J. Park, Development of Biodegradable Hot-melt Adhesive based on Poly-ε-caprolactone and Soy Protein Isolate for Food Packaging System, *LWT-Food Science and Technology*, **39**, 591 (2006).
 31. K. Cathie, The Effect of Packaging Adhesives on Wastepaper Recycling-a Review, *International Journal of Adhesion and Adhesives*, **14**, 63 (1994).
 32. 오진경, 임동혁, 김소연, 김현중, 천연재료를 이용한 친환경접착제, *접착 및 계면*, **9**, 34 (2008).
 33. Á. Garrido-López, A. Santa-Cruz, E. Moreno, J. Cornago, M. C. Cañas, and M. T. Tena, Determination of Cosmetic Ingredients Causing Extrusion-coated and Adhesive Joint Multilayer Packaging Delamination, *Packaging Technology and Science*, **22**, 415 (2009).
 34. 주효숙, 박영준, 김현중, 대두를 이용한 친환경 접착제와 목질 복합재, *접착 및 계면*, **5**, 24 (2004).
 35. R. M. Ashley, Cochran, and K. Allen, Adhesives in packaging, *International Journal of Adhesion and Adhesives*, **15**, 101 (1995).
 36. 김재능, 이운석, 이수근, 국내패키징 산업 현황과 방향, *Journal of Korea Society of Packaging Science & Technology*, **11**, 25 (2005).