

## 서로 다른 측쇄 종류를 가진 주 단량체에 따른 수성 아크릴계 점착제의 물리적 특성

신혜린<sup>1\*</sup> · 김유리<sup>2</sup> · 김정실<sup>3</sup> · 박종권<sup>4†</sup>

(주)대양포리솔

(2020년 11월 2일 접수: 2020년 12월 22일 수정: 2020년 12월 22일 채택)

### Physical Properties of Water-Based Acrylic Adhesives According to Main Monomers with Different Side Chain Types

Hye-rin Shin · Yu-ri Kim · Kyung-sil Kim · Jong-kwon Park<sup>†</sup>

DAEYANG POLYSOL CO., LTD

(Received November 2, 2020; Revised December 22, 2020; Accepted December 22, 2020)

**요약** : 본 연구에서는 수성 아크릴계 점착제의 물성에 대한 주 단량체의 측쇄 사슬의 영향을 비교하기 위해 주 단량체로 각각 ethyl acrylate, 2-ethylhexyl acrylate, lauryl methacrylate를 사용하여 acrylic acid, 2-hydroxyethyl acrylate와 공중합체를 합성하여 수성 아크릴 점착제를 제조하였다. 제조한 수성 아크릴 점착제의 고형분, 평균입도분포, 초기점착력, 최대점착력, 박리강도, 내열점착력 등의 물리적 특성을 비교하였다.

**주제어** : 수성점착제, 점착력, 주 단량체, 측쇄사슬길이, 박리강도

**Abstract** : In this study, water-based acrylic adhesives as copolymers with acrylic acid, 2-hydroxyethyl acrylate were synthesized using ethyl acrylate, 2-ethylhexyl acrylate, and lauryl methacrylate as the main monomers. Prepared water-based acrylic adhesive was compared to physical properties such as solid content, average particle size distribution, initial adhesive force, maximum adhesive force, peel strength, and heat resistance.

**Keywords** : Water-based acrylic adhesives, Adhesion, Main monomer, Side chain length, Peel strength

---

<sup>†</sup>Corresponding author  
(E-mail: kwonny0426@nate.com)

## 1. 서론

점착제는 일반적으로 감압성 점착제(Pressure sensitive adhesive, PSA)라고도 불리며 용제, 물, 빛, 열 등의 다른 힘을 가할 필요 없이 지압과 같은 매우 작은 압력으로 피착제의 표면에 점착할 수 있고, 이것이 다시 떼어질 경우에 물체의 표면을 오염시키지 않고 쉽게 떨어지는 점착제로 정의할 수 있다. 이러한 점착제는 전기, 전자, 정밀화학, 환경, 자동차 등의 많은 산업군에서 수요가 날로 증가하고 있다[1].

현재 다양한 분야에서 사용되고 있는 대부분의 점착제는 유기 용제형 점착제이다. 용제형 점착제는 빠른 건조시간과 강한 점착력을 가지고 있지만 톨루엔, 벤젠 등과 같은 휘발성 유기물질(Volatile organic compound, VOCs)을 용제로 사용하여 제조되기 때문에 작업환경 및 제조과정에서 환경 오염 및 인체에 독성을 가지고 있어 규제를 받고 있으며 특히 속눈썹용 점착제 및 가발용 점착제와 같은 미용용으로 사용되는 점착제의 경우 휘발성 유기용매를 사용하여 제조한 제품의 인체 유해성 때문에 이에 따른 개선이 요구되고 있다. 따라서 최근에는 환경친화적인 물을 용매로 사용하는 수성 점착제의 생산이 증가하고 제조 기술의 개발이 증가하는 추세이다. 하지만 수성 점착제는 충분한 건조시간을 필요로 하고 유지력, 점착력, 초기점착력과 같은 점착 물성의 발현이 용제형 점착제와 비교하였을 때 우수하지 못한 단점을 가지고 있다[2-3].

아크릴계 고분자는 내유성 및 내후성이 뛰어나며 다른 비닐 단량체와의 공중합성이 뛰어나 피착 물질의 특성에 따라 고분자에 극성기를 도입할 수도 있고 다양한 단량체의 함량을 조절하여 목적에 알맞은 점착제를 비교적 쉽게 만들 수 있는 장점을 가지고 있다[4].

본 연구에서는 수성 아크릴계 점착제의 물성에 대한 주 단량체의 영향을 비교하기 위해 주 단량체로 각각 ethyl acrylate, 2-ethylhexyl acrylate, lauryl methacrylate를 사용하고 공단량체로는 acrylic acid, 2-hydroxyethyl acrylate를 사용하여 수성 아크릴 점착제를 제조하였고 제조한 수성 아크릴 점착제의 고형분, 평균입도분포, 초기점착력, 최대점착력, 박리강도, 내열점착력 등을 측정하여 물리적 특성을 비교하였다.

## 2. 실험

### 2.1. 시약

본 연구에서 사용한 단량체는 Ethyl acrylate(EA, Jinang Jurong Chemical Co., Ltd.), 2-ethyl hexyl acrylate(2-EHA, Dow Chemical Korea Ltd.)와 lauryl methacrylate(LMA, Sigma aldrich), 관능기 모노머로 acrylic acid(AA, Dow Chemical Korea Ltd.), 2-hydroxyethyl acrylate(2-HEA, Nippon Shokubai Co., LTD.), 개시제로는 ammonium persulfate(APS, Misubishi Gas Chemical Co.,Inc.), 계면활성제로는 polyethylene glycol octylphenyl ether(TX-100, Dow Chemical Korea Ltd.)를 별도의 정제과정 없이 그대로 사용하였다.

### 2.2. 수성 아크릴 점착제의 제조

수성 아크릴 점착제에 사용한 단량체의 함량은 Table 1에 나타내었고 각각의 점착제 제조는 사용한 주 단량체의 종류를 변화시켜 제조하였고 중합반응을 Scheme 1~3에 나타내었다. 제조방법은 Figure 1에 나타내었다. 1.5 L 반응기에 증류수 117 mL를 넣고 TX-100 0.2 g와 개시제로 APS 5% 용액을 5 mL를 넣은 다음 125 rpm 속도로 교반하고 온도를 75 °C를 유지하면서 수상을 제조하였다. 유상은 다른 용기에 증류수 117 mL와 TX-100 10 g을 넣고 용해시킨 다음 단량체 혼합물을 넣고 3000 rpm 속도로 유화시켜 pre-emulsion을 제조하였다. 반응기 안에 pre-emulsion을 천천히 적하하면서 75 ~ 78 °C를 유지하며 3시간 동안 반응시켰다. 미반응 모노머가 남아 있을 경우를 대비하여 2시간 동안 추가로 반응시켰다. 제조한 점착제의 명명은 주 단량체의 종류에 따라 ethyl acrylate를 주 단량체로 사용한 수성 아크릴 점착제는 2HA, 2-ethylhexyl acrylate는 6HA, lauryl methacrylate는 12HA로 명명하였다.

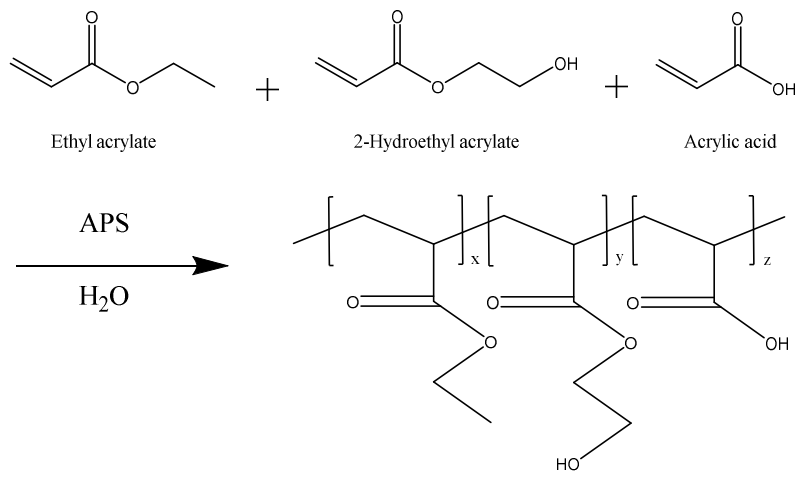
### 2.3 수성 아크릴 점착제의 물성평가

#### 2.3.1. 고형분 및 점도

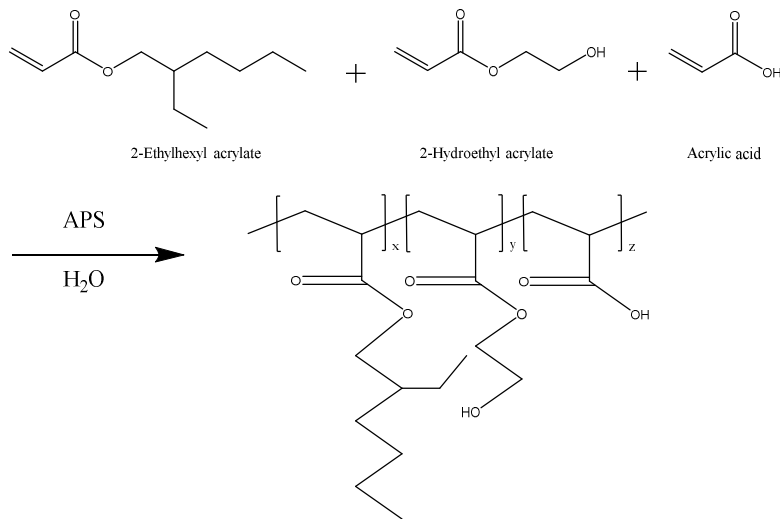
제조한 수성 아크릴 점착제의 고형분 측정은 한국산업규격 KS M 3705 점착제의 일반 시험 방법에 의하여 시험하였다. 습기를 제거한 알루미늄 접시에 시료 1 g을 취하여 105 °C의 열풍 순환식 건조기에서 180분 동안 건조시켰다. 건조기

Table 1. Monomer Components of Prepared Water-Based Acrylic Adhesives

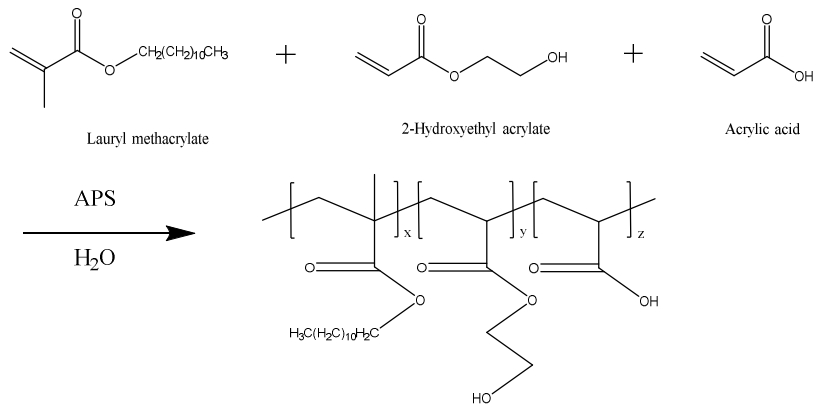
Sample code	Monomers(g)				
	EA	2-EHA	LMA	2-HEA	AA
2HA	235	-	-	7.5	7.5
6HA	-	235	-	7.5	7.5
12HA	-	-	235	7.5	7.5



Scheme 1. Polymerization of water based acrylic adhesive for 2HA.



Scheme 2. Polymerization of water based acrylic adhesive for 6HA.



Scheme 3. Polymerization of water based acrylic adhesive for 12HA.

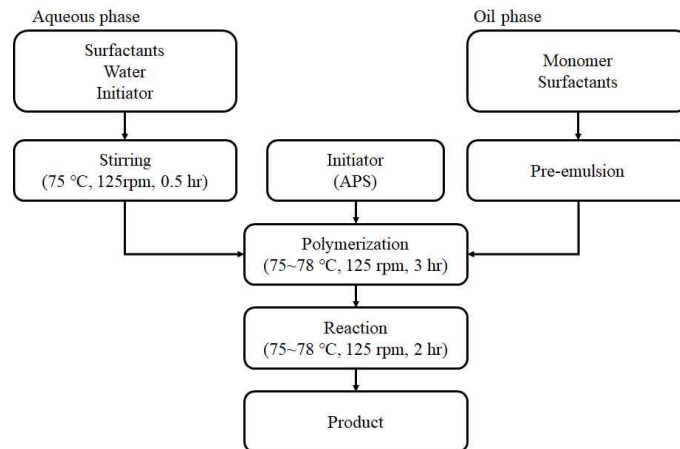


Fig. 1. Flow chart for prepared water-based acrylic adhesive.

에서 꺼낸 시료는 상온으로 냉각시킨 후 무게를 소수점 3자리 까지 측정하고 다음 식으로 측정값을 산출하여 백분율(%)로 나타내었다.

$$\text{Solid Content}(\%) = (W_a/W_b) \times 100$$

$W_a$ 은 건조 후의 시료무게,  $W_b$ 은 건조 전의 시료무게를 의미한다.

수성 아크릴 점착제의 점도는 점도계(Spindle RV No. 3, 4, 10 r/min, Brookfield)를 사용하여 측정하여 점착제의 유동성을 비교하였다.

### 2.3.2. 평균입도분포

제조한 수성 아크릴 점착제의 평균입도분포를 확인하기 위해 입도분석기((Zetasizer Nano ZS, Malvern Co.)를 사용하였다. 분석 시료는 0.1 g

의 점착제를 100 mL 증류수에 희석시킨 후 측정하였다. 정확도를 위해 5회 이상 측정하여 평균값을 취하였다.

### 2.3.3. 초기점착력

초기 점착력을 측정하기 위해 한국산업규격 KS A 1107 시험방법에 의하여 시험하였다. 그래프지를 이용하여 너비 25 mm, 길이 300 mm로 절단하여 50 μm 두께로 점착제를 도포시킨 후 건조기에서 10 분간 건조시켜 시험편을 제작하였다. 시험편을 30° 각도로 경사를 조절한 Ball-Tack 측정기(KPB-801)에 장착한 후 Steel ball을 굴려 완전히 멈추고 5초 이상 움직이지 않는 가장 큰 불을 확인하였다.

Steel ball은 고탄소 크롬 베어링 강재로서 지름이 1/32 ~ 32/32 inch의 것을 사용하였다.

#### 2.3.4. 최대점착력과 박리강도

최대점착력을 측정하기 위해 한국산업규격 KS A 1107 시험방법에 의하여 시험하였다. 폭 25 mm, 길이가 250 mm로 절단한 그래프트지에 50  $\mu\text{m}$ 의 두께로 접착제를 도포시킨 후 건조기에서  $25 \pm 1$  °C인 상태로 24시간 건조시켜 시험편을 제작하였다. 건조 후 SUS 304로 된 너비 50 mm, 길이 125 mm인 시험판에 1 kg 고무롤러를 이용하여 5회 왕복하여 압착시켰다. 1시간 후 180° 박리시험법으로 300 mm/min의 속도로 최대점착력, 박리강도를 측정하였다. 정확도를 위해 5회 반복 측정하여 평균값을 나타내었다.

#### 2.3.5. 내열점착력

내열성은 접착제를 그래프트지에 50  $\mu\text{m}$  두께로 도포시킨 후 폭 1 inch, 길이 1 inch의 크기로 SUS 304로 된 시험판에 부착시킨 후 1 kg 고무롤러로 5회 왕복하여 압착시켰다. 30 분간 실온에서 건조시킨 후 70 °C 오븐 내에 수직으로 장착하고 시트 하부에 500 g의 하중을 걸어 접착시트가 시험판에서 떨어지는 시간을 측정하였다. 정확도를 위해 5회 반복 측정하여 평균값을 확인하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 고형분

제조한 수성 아크릴 접착제의 고형분 함량과 점도를 구하고 Table 2에 나타내었다. 수성 아크릴 접착제의 고형분의 함량에 따라 점착 물성에 영향을 줄 수 있는데 실험 결과 제조한 접착제의 고형분은 53 ~ 54%대의 고형분 함량을 가지는 것을 확인하였다. 제조한 수성 아크릴 접착제의 주 단량체에 따른 측쇄사슬의 길이가 길어질수록 엉킴(Entanglement)라 알려진 분자간의 회합

(Association)이 일어나 점도는 증가하여 점착제의 유동성이 감소하는 것을 확인하였다.

#### 3.2. 평균입도분포

제조한 수성 아크릴 접착제의 평균입도분포 측정 결과를 Figure 2에 나타내었다. 평균 입자크기는 2HA는 190 nm, 6HA는 142 nm, 12HA는 122 nm로 확인하였다. 주 단량체 측쇄사슬의 길이가 증가할수록 제조한 수성 아크릴 접착제의 평균 입자크기는 감소하는 경향성을 나타내는 것을 확인하였다.

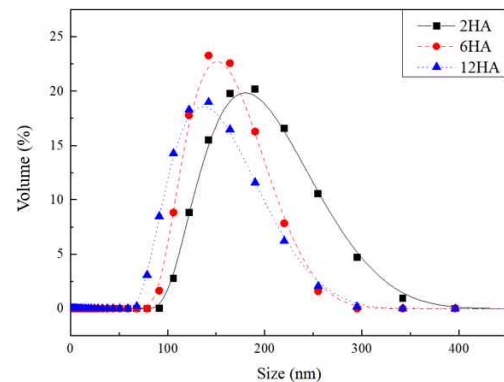


Fig. 2. Particle size distribution of prepared water-based acrylic adhesives.

#### 3.3. 초기점착력

사용한 주 단량체의 종류에 따라 제조한 수성 아크릴 접착제의 초기점착력을 Table 3에 나타내었다. 주 단량체의 탄소 사슬 길이가 가장 긴 12HA의 경우 가장 큰 #20이며 주 단량체의 탄소 사슬 길이가 증가할수록 초기점착력이 증가하는 경향을 확인하였다. 그 이유로는 중합된 고분자의 이론상의 유리전이온도(Tg)가 2HA는 -22 °C, 6HA는 -66 °C, 12HA는 -52 °C이며 접착제의 Tg가 낮을수록 유연성이 증가하여 초기점착력이 증가하기 때문에 2HA가 가장 낮은 초기점착력을 가진 것을 확인하였다. 또한 주 단량체의

Table 2. Solid Contents and Viscosity of Prepared Water-Based Acrylic Adhesives

	2HA	6HA	12HA
Solid content(%)	54.5	54.6	53.6
Viscosity(cPs)	200	1,340	11,220

Table 3. Initial Tackiness of Prepared Water-Based Acrylic Adhesives

	2HA	6HA	12HA
Initial Tackiness(No.)	4	16	20

Table 4. Heat-resistant adhesion of Prepared Water-Based Acrylic Adhesives

	2HA	6HA	12HA
Heat-resistant adhesion(sec)	50	32	60

측쇄 탄소 사슬 길이가 증가할수록 평균 입자크기가 감소하는데 종이의 표면은 균일하지 않기 때문에 점착제의 입자크기가 작을수록 점착면에 조밀하게 도포될 수 있어 점착력이 증가하는데 영향을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

#### 3.4. 최대점착력 및 박리강도

사용한 주 단량체의 종류에 따라 제조한 수성 아크릴 점착제의 최대점착력 및 박리강도를 Figure 3, Figure 4에 나타내었다. 2HA의 최대점착력은 1.4 kgf/mm, 박리강도는 0.9 kgf/mm인 것을 확인하였다. 6HA의 최대점착력은 1.5 kgf/mm, 박리강도는 1.16 kgf/mm인 것을 확인하였고 12HA의 최대점착력은 1.9 kgf/mm, 박리강도는 1.55 kgf/mm인 것을 확인하였다. 주 단량체의 탄소 사슬의 길이가 증가할수록 최대점착력과 박리강도가 증가하는 경향을 보였는데 이는 초기점착력과 마찬가지로 점착제의 Tg가 감소할수록 유연성이 증가하고 제조된 수성 아크릴 점착제의 평균 입자크기가 감소하여 점착면에 점착제가 균일하게 도포되어 최대점착력 및 박리강도가 증가한 것이라 생각된다.

#### 3.5. 내열점착력

제조한 수성 아크릴 점착제의 내열성을 평가하기 위해 70 °C의 오븐에서 점착시트가 시험판에서 떨어진 시간을 측정하였다. 측정결과를 Table 4에 나타내었다. 중합된 고분자의 이론상의 Tg가 2HA는 -22 °C, 6HA는 -66 °C, 12HA는 -52 °C이며 Acrylic ester monomer를 사용하여 제조한 수성 아크릴 점착제인 2HA와 6HA의 경우 합성된 고분자의 이론상 Tg가 감소할수록 내열점착력이 감소하는 결과를 얻었고 Methacrylic ester monomer를 사용하여 제조한 LHA의 경우 가장 우수한 내열점착력 결과를 얻었는데 이는

2HA보다 고분자의 이론상 Tg가 낮지만 Methacrylic ester monomer는 Acrylic ester monomer보다 강도가 뛰어나고 12HA의 측쇄의 길이가 가장 길어 합성된 고분자의 유연성과 점착성이 증가하였기 때문에 내열점착력이 우수한 것으로 판단된다.

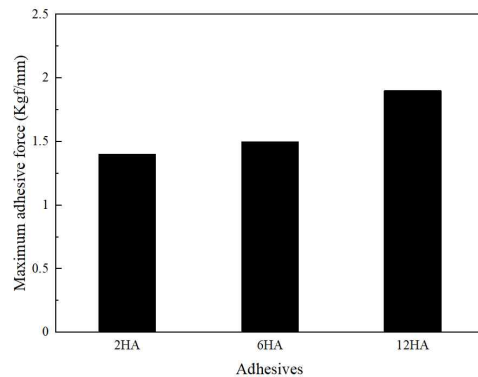


Fig. 3. Maximum adhesive force of prepared water-based acrylic adhesives.

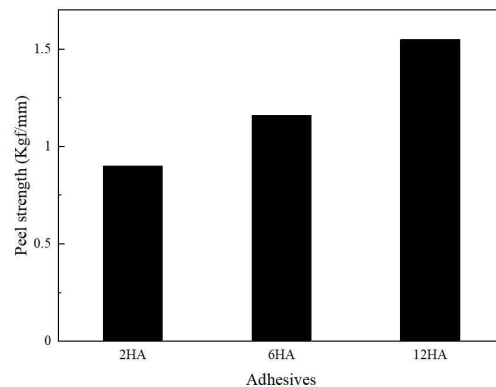


Fig. 4. Peel strength of prepared water-based acrylic adhesives.

#### 4. 결론

본 연구에서는 수성 아크릴계 접착제의 물성에 대한 주 단량체의 영향을 비교하기 위해 주 단량체로 각각 Ethyl Acrylate, 2-Ethylhexyl Acrylate, Lauryl Methacrylate를 사용하여 Acrylic Acid, 2-Hydroxyethyl Acrylate와 공중합체를 합성하여 수성 아크릴 접착제를 제조하였고 제조한 수성 아크릴 접착제의 고형분 및 점도, 평균입도분포, 초기점착력, 최대점착력, 박리강도, 내열점착력 등의 물리적 특성을 비교하였다. 접착제의 고형분은 53% 이상의 결과를 나타내었으며 주 단량체의 탄소 사슬의 길이가 증가할수록 점도가 증가해 접착제의 유동성이 감소하였고, 또한 주 단량체의 탄소 사슬의 길이가 증가함에 따라 작은 입자크기의 접착제가 제조되었으며, 이로 인해 초기점착력과 최대점착력 및 박리강도가 증가하였다. Acrylic ester monomer를 사용하여 제조한 수성 아크릴 접착제의 경우 사슬의 길이가 증가할수록 유리전이온도가 감소하여 응집력이 감소해 내열점착력이 감소하는 것을 확인하였지만 Methacrylic ester monomer를 사용하여 제조한 수성 아크릴 접착제의 경우 Acrylic ester monomer보다 강도가 뛰어나 내열점착력이 우수한 것을 확인하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 충북대학교 사회맞춤형 산학협력 선도대학(LINC+) 육성사업의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### References

1. Ryong You, Seo Ho Lee, Won Ho Park, "Mechanical Properties of Acrylic Pressure-Sensitive Adhesives Containing Functional Monomers", *Textile Science and Engineering*, Vol.53, No.5 pp. 347-353, (2016).
2. Sang-Chul Lee, Noh-Hee Jeong, "Synthesis of Water-based Acryl Pressure Sensitive Adhesive for Skin Using Reactive Emulsifier", *Applied Chemistry for Engineering*, Vol.30, No.3 pp. 352-357, (2019).
3. Hye-jo Min, Jeong-hee Kim, "Preparation and Evaluation of a Cosmetic Adhesive containing Chitosan and Hypoallergenic Materials", *Journal of Korean Beauty Society*, Vol.22, No.2 pp. 412-418, (2016).
4. Pan Soo Kim and Won-Ki Lee, "Effect of Monomer on Crosslinking Properties of Acrylic Pressure-Sensitive Adhesives", *Journal of Adhesion and Interface*, Vol.17, No.2 pp. 56-61, (2016).
5. Soo-Duk Seul, Jong-Min Lim, "Emulsion Polymerization of Vinyl acetate-Butyl acrylate Copolymer", *The Polymer Society of Korea*, Vol.28, No.2 pp. 135-142 (2004).
6. Jun Ho Kim, Ur Ryong Cho, "A Study on Property Change of Acrylic Rubber by Selected Monomers and Crosslinking Agent", *Elastomers and Composites*, Vol.47, No.1 pp. 75-81, (2012).
7. Jong-Kwon Park, Noh-Hee Jeong, "Properties of Water-based Acrylic Adhesives Depending on Surfactants", *The Korean Society of Industrial and Engineering Chemistry*, Vol.28, No.4 pp. 454-459, (2017).
8. Dong-Bok Kim, "Effect of Acrylic Acid Contents and Inorganic Fillers on Physical Properties of Acrylic Pressure Sensitive Adhesive Tape by UV Curing", *The Polymer Society of Korea*, Vol.37, No.2 pp. 184-195, (2013).
9. Seung Hwan Lee, Jung Mi Cheon, Boo Young Jeong, Han-Do Kim, Jae Hwan Chun, "Synthesis and Properties of Waterborne Polyurethane Acrylate Adhesive", *Journal of Adhesion and Interface*, Vol.16, No.4 pp. 156-161, (2015).
10. Woon-Jin Choi, Ho-Gyum Kim, Kwang-Soo Cho, Dong-Ho Lee, Kyung-Eun Mi, "The Effect of Chemical

- Properties of Comonomer on Adhesion Properties of Acrylic Pressure Sensitive Adhesives”, *The Polymer Society of Korea*, Vol.31, No.5 pp. 369-373, (2007).
11. In-Mok Cho, Ho-Gyum Kim, Dong-Hee Han, Jeong-Cheol Lim, Kyung-Eun Min, The Effect of Chemical Structure on the Adhesion Properties of Acrylic Pressure “Sensitive Adhesives Prepared by Multifunctional Monomers”, *The Polymer Society of Korea*, Vol.34, No.3 pp. 226-236, (2010).
  12. A. Falsafi, M. Tirrell, “Compositional effects on the adhesion of acrylic pressure sensitive adhesives”, *Langmuir*, Vol.16, No.4 pp.1816-1824, (2000).
  13. J. Kajtna, M. Krajnc, “Solventless UV crosslinkable acrylic pressure sensitive adhesives”, *International Journal of Adhesion and Adhesives*, Vol.31, No.8 pp. 822-831, (2011).
  14. S. D. Tobing, A. Klein, “Mechanistic studies in tackified acrylic emulsion pressure sensitive adhesives”, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol.76, No.13 pp. 1965-1976, (2000).