

니다. 영국의 유기화학자 윌리엄 퍼킨은 호프만의 연구실에서 말라리아 치료제인 키니네를 합성하는 연구자였죠. 퍼킨은 연구 과정에서 우연히 짙은 보라색 염료를 개발하게 됩니다. 1856년에는 모브 염료를 최초로 합성했으며, 훗날 빨간색의 알리자린 염료도 합성해 영국의 섬유 염색 산업에 크게 이바지했습니다.

화학 기술의 발전으로 합성염료와 안료가 대량으로 생산되기 시작하면서 옷의 색깔로 사람들의 사회적 신분을 구분하던 낡은 전통은 사라졌습니다. 대신 사람들이 염료와 안료를 함부로 사용해 부작용이 발생하기 시작했습니다. 합성염료와 합성안료를 생산하는 과정에서 심각한 환경오염이 발생한 겁니다. 화학자들은 이제 친환경적으로 염료와 안료를 생산할 수 있는 기술, 염료와 안료의 무절제한 낭비를 막을 수 있는 기술에 주목하고 있습니다.

Chapter 2. 집·학교에서

Q

20

딱풀은
무엇으로
만들어졌나요?





석원경 교수가 답하다

가위, 손톱깎이, 물컵에는 공통점이 있습니다. 어느 집이나 있는 물건이라는 것입니다. 이런 물건이 또 하나 있습니다. 바로 딱풀입니다. 없다고 말하기 전에 집안 구석을 찾아보세요. 어디선가 원기둥 모양의 오래된 딱풀이 굴러 나올 겁니다.

딱풀은 나사를 돌려서 편리하게 사용할 수 있는 고체형 접착제, 즉 고체 풀입니다. 접착력이 뛰어나게 강하지는 않지만, 학습용이나 사무용으로 쓰기에는 충분합니다. 딱풀은 약 50년 전인 1969년, 독일에서 처음 개발됐습니다. 현재는 주로 폴리비닐알코올, 폴리아크릴 수지 등의 합성 고분자를 이용해 만들고 있죠.

이 같은 고체 접착제의 품질은 단순히 접착력으로만 평가할 수 없습니다. 접착제의 성분들이 균일하게 잘 섞여야 하고, 종이 위에 바를 때 잘 미끄러지며 발려야 합니다. 또 풀에 함유된 수분이 너무 빨리 증발하지 않

아야 합니다. 이런 특성은 화학 성분을 얼마나 넣는지에 따라 크게 달라집니다. 제조사마다 최적의 성분 조합이 있는데, 각 회사는 이런 노하우를 철저하게 비밀로 숨겨 놓습니다.

쌀, 밀, 민어로 만든 전통 접착제

일반적으로 접착제는 끈적끈적한 고분자 접착 성분이 녹아 있는 액체입니다. 접착제가 공기 중에 노출된 뒤 시간이 지나 용매가 기화하면, 접착 성분이 고체로 딱딱하게 굳습니다. 그 결과 접착제로 붙인 물체들이 서로 단단하게 결합하게 되죠.

이런 합성 기술이 없던 과거에는 식물, 동물 등 자연에서 구할 수 있는 재료로 접착제를 만들어 썼습니다. 옥수수, 감자, 밀, 쌀 등에 많이 포함된 녹말을 이용해 만든 풀이 대표적입니다. 녹말은 포도당이 여러 개 결합해 형성된 고분자입니다. 밀이나 쌀을 물에 풀어 끓이면 끈적거리는 전통 풀을 만들 수 있습니다. 가정에서 벽지를 바를 때, 한지로 책 표지를 만들 때, 표구할 때 이 풀을 사용했죠. 다른 나라에서도 녹말풀을 이용했습니다. 미국에서는 1847년부터 우표를 사용했는데, 우표를 편지지에 붙일 때 녹말로 만든 풀을 사용했습니다.

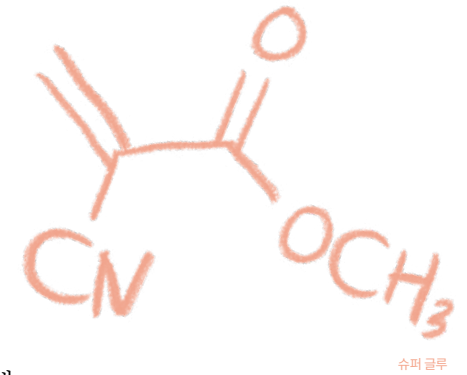
녹말을 가수분해한 덱스트린을 접착제로 이용하기도 했습니다. 이외에도 우유 단백질의 80% 이상을 차지하는 카제인, 달걀흰자에서 추출한 난백 단백질, 일벌이 분비하는 노란색 천연 왁스인 밀랍 등을 이용해 접착제를 만들었습니다.

접착제의 역사는 무려 20만 년 전으로 거슬러 올라갑니다. 당시에는 주로 돌맹이끼리 붙이거나 돌도끼에 자루를 고정하는 용도로 접착제를 이



용했습니다. 나무껍질에서 채취한 송진 등의 수액이나 진흙을 이용해 접착제를 만들기도 했습니다. 원유의 끈적한 성분인 역청을 채취해 접착제로 쓰기도 했죠.

전통적인 목공예에서는 동물이나 어류에서 녹여낸 젤라틴 성분을 접착제로 사용했습니다. 동물의 가죽, 힘줄, 창자, 뼈를 고아 만든 접착제를 ‘아교’라고 합니다. 대구나 민어 등 어류의 공기주머니인 부레를 말린 뒤, 물에 넣고 끓여 만든 접착제는 ‘부레풀’이라고 부릅니다. 접착력이 더 좋은 부레풀은 조개껍질을 붙여서 만드는 나전칠기 제작에도 쓰였습니다. 전통 활의 몸체를 만들 때도 부레풀을 사용했습니다.



본드, 글루건, 포스트잇... 접착제의 화려한 변신

합성 기술이 발달한 현대에는 훨씬 더 다양한 종류의 접착제를 만들어 사용하고 있습니다. 식물이나 동물로 만든 접착제와 비교할 수 없을 정도로 접착력이 강해졌죠. 금속, 고무, 유리, 세라믹, 석재, 플라스틱 등을 붙일 때 쓰는 본드가 대표적입니다. 본드는 비스페놀 A처럼 산성 수산화기를 가진 성분을 에피클로로하이드린(ECH)과 반응시켜서 얻은 에폭시에 경화제를 추가로 섞어 만든 열경화성 에폭시 수지입니다. 접착력이 매우 뛰어나고, 기계적 강도나 전기 절연성이 우수해 자동차, 자전거, 보트 등의 부품 접착에 쓰입니다. 그러나 시간이 지나면 누렇게 변하는 황변 현상이 일어난다는 단점이 있습니다. 접착제가 단단하게 굳어지기까지 걸리는

경화 시간도 깎습니다. 휘발성이 강한 톨루엔과 같은 용매가 필요한 문제도 있습니다.

한편 건축물 바닥의 마루판을 붙일 때 쓰는 접착제는 유기용매에 강한 접착력을 가진 합성 고분자를 녹여 만듭니다. 가구나 내장용 목재로 사용하는 합판에는 페놀 수지를 이용해 만든 접착제를 사용하죠. 이런 접착제는 마루판 틈, 가구 틈에서 유기용매가 느린 속도로 새어 나오며 ‘새집 증후군’을 일으키는 단점이 있습니다. 그래서 요즘에는 유기용매 대신 물을 용매로 사용한 수성 접착제를 이용하기도 합니다.

경화 시간을 대폭 줄인 ‘순간접착제’도 있습니다. ‘슈퍼 글루’라고도 부르죠. 이 물질은 액체 상태인 메틸-2-시아노아크릴레이트가 공기 중의 수분과 빠르게 반응해서 만들어지는 폴리아크릴레이트 고분자의 강한 접착력을 이용합니다. 순간접착제는 뚜껑을 확실하게 닫아두지 않으면 공기 중 수분 때문에 용기의 입구가 막혀버릴 수 있습니다. 증기의 독성이 매우 강하고, 피부에도 강하게 접착되기 때문에 사용 과정에서 세심한 주의가 필요합니다. 반면 피부에 달라붙기 때문에 출혈을 막아줄 수 있어 응급치료에 쓰이기도 합니다.

열을 가해주면 부드럽게 변하는 열가소성 플라스틱을 접착제로 쓸 수도 있습니다. 글루 건의 글루가 대표적입니다. 플라스틱이 식으면 곧바로 굳어버려 ‘신속건성 접착제(핫멜트)’라고 부릅니다. 에틸렌 비닐아세테이트(EVA), 폴리에틸렌, 폴리아마이드(PA), 폴리에스터, 폴리우레탄(PU) 등의 소재가 사용됩니다. 물론 이를 접착제로 사용하려면 늘 열가소성 플라스틱을 뜨겁게 달궈줄 전열 기구가 필요합니다. 용매가 건강에 유해하지 않다는 장점이 있으며, 목재, 금속, 천 등의 소재로 만들어진 물체의 접착에 주로 이용합니다.

모든 접착제가 반드시 강한 접착력이 필요한 것은 아닙니다. 1979년 미국의 3M사가 개발한 ‘포스트-잇(Post-it)’에 적용된 접착제는 강력 접착제를 개발하려다 실수로 합성한 엉터리 접착제였습니다. 에스터 고무, 페놀 수지 등에 폴리아이소부틸렌을 섞은 이 접착제는 접착력이 매우 약했지만, 재사용이 가능하다는 장점이 있었습니다. 이후 포스트-잇은 가장 독창적인 발명품으로 평가받게 됐죠.

석회 덩어리 시멘트는 건축용 접착제

놀랍게도 일상에서 흔히 보는 시멘트도 건축용 석재에 사용하는 접착제입니다. 시멘트는 석회(CaO)에 규산(SiO₂), 알루미늄(Al₂O₃), 산화 철 등을 혼합한 물질입니다. 주로 모래나 자갈과 같은 건축용 골재들을 서로 접착시키는 용도로 사용합니다. 시멘트는 고대 이집트에서 피라미드를 만들 때도 쓰였습니다. 당시 이집트인들은 석회, 석고(CaSO₄) 등의 혼합물을 높은 온도로 가열한 후에 분쇄해서 만든 시멘트를 썼습니다. 로마 시대에도 소석회(Ca(OH)₂)와 석회를 실리카가 주성분인 화산재, 모래와 섞은 포졸라나 시멘트가 있었습니다.

오늘날 우리가 가장 많이 사용하는 시멘트는 1824년 영국의 벽돌공 조셉 애스프딘이 개발한 것입니다. 석회석과 점토를 섞어서 고운 가루로 분쇄하고 대형 회전 가마에서 1500°C의 높은 온도에서 구웠죠. 여기에 약간의 석고를 넣고 다시 가루 형태로 분쇄해 시멘트 가루를 만들었습니다. 이는 영국 포틀랜드섬에서 생산되는 천연 석회와 비슷하다고 해서 ‘포틀랜드 시멘트’라는 별명이 붙었습니다. 이 시멘트를 물로 반죽한 후에 한동안 가만히 놓아두면, 석회 성분이 물과 반응해서 굳으면서 상당한 강도를

갖게 되죠. 물론 시멘트에 혼합된 석회와 규산 등의 혼합 비율에 따라 굳는 속도와 강도가 달라지고, 발생하는 열의 양도 달라집니다.

시멘트로 최적의 접착력을 내기 위해서는 시멘트를 양생하는 과정에서 온도와 습도를 적절하게 유지하는 것이 굉장히 중요합니다. 최근에는 다양한 화학 성분을 첨가해 특수 목적용 시멘트를 생산하기도 합니다. 이외에 물이 스며들지 않는 방수 시멘트, 양생 속도가 매우 빠른 특수 시멘트 등도 있습니다. 이런 시멘트를 모래나 자갈과 같은 골재나 철근과 함께 사용하면 다양한 구조물을 만들 수도 있습니다.

이처럼 접착제는 일상생활이나 산업에서 매우 중요하게 활용되고 있습니다. 접착제를 사용하지 않는 제품을 찾아보기 어려울 정도죠. 실제로 오늘날 접착제 시장은 500억 달러(약 56조 원)에 이르는 엄청난 규모이고, 계속해서 빠른 속도로 커지고 있습니다.