

고등학교  
융합과학 탐구 및 과학과제 연구  
- [과학과제 연구 지도 사례 Ⅱ] -

LESSON 1. 화학 중심의 과학과제 연구 지도 방법

LESSON 2. 화학 중심의 과학과제 연구 지도 사례



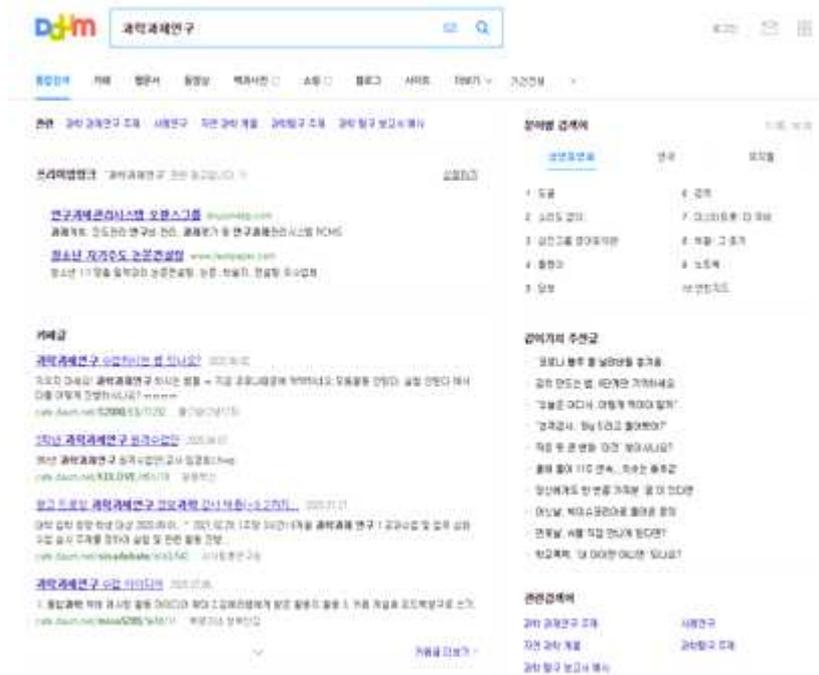
# 1 화학 중심의 과학과제 연구 지도 방법

먼저 연구의 진행 과정을 간단하게 정리해보면 다음과 같습니다. 계획단계, 수행단계, 발표단계로 정리해 볼 수 있습니다.

먼저 계획 단계부터 살펴보면, 주제 탐색, 연구 문제 발견, 연구 계획 수립의 세부 단계로 나누어지며, 연구 주제 탐색을 통하여 연구 문제를 발견하고, 연구 계획을 수립합니다. 다음은 수행 단계로 지식 및 기능 습득, 실험 설계, 실행 및 결과 정리의 세부 단계로 나누어지며, 연구 계획에 따라 연구에 필요한 자료를 수집하고 실험을 설계하며, 설계에 따라 실험을 진행하고 결과를 얻습니다. 마지막으로 발표 단계로 연구 결과 보고서 작성, 연구 발표, 평가의 세부 단계로 나누어지며, 얻어진 자료를 기반으로 보고서를 작성하고 발표합니다. 이러한 단계 중에서 연구 주제의 선정은 연구의 출발점이면서 학생들이 어려워하는 단계 중 하나입니다.

실제 국내에서 많이 사용되고 있는 포털 사이트에 '과학과제 연구'를 검색하면 연관 검색어로 어김없이 '과제연구 주제'가 등장하며, 주제를 추천해달라거나 아이디어를 구하는 글들이 많이 올라와 있는 것을 확인할 수 있습니다.

다음은 국내에서 많이 사용되고 있는 포털 사이트 중 다음에서 과학과제 연구에 대한 연관 검색어 검색 결과입니다.



다음으로 구글에서 과학과제 연구에 대한 연관 검색어를 찾아보면 다음과 같이 검색 결과가 나옵니다.

edu.donga.com > >  
**과제연구에서 우수한 소논문 쓰려면? > | 에듀동아**  
 2016. 4. 7. — 서울과학기술대 인문 R&E 발표대회 수상자에게 주는 과제연구 노학우 각 대학을  
 이 발표한 2017, 2018학년도 입시안을 살펴보면 앞으로는 영시 ...

chik202.uf.daum.net : attach > > >  
**과제연구 주제(과학고) - Daum**  
 자연미공 계통으로 관심 있는 학생은 '과제연구' 주제 선정 시 참고해 보세요. 분야, 제목, 수학, 사  
 념문체에 대한 고찰, 지구과학도의 일반적 해법, 파그나도문제 ...

ynswiki.com : wiki > 클러스터 > 과학과제연구 >  
**클러스터/과학과제연구 - 통진고위키**  
 2020. 8. 24. — 과학영, 과학과제연구, 탐당교사, 류지현, 이수다양, 2. 교사는 통진고등학교의  
 통합과학 교사인 류지현 선생님이다. 이문답게 과학과 관련된 수업 ...

관련 검색어

- 🔍 과학과제연구 보고서
- 🔍 과학과제연구 과제
- 🔍 과학과제연구 물리
- 🔍 지구과학 과제연구 주제
- 🔍 생명과학 연구 주제
- 🔍 과학과제연구 화학
- 🔍 과학과제연구 성취기준
- 🔍 과제연구 주제 선정

마지막으로 네이버에서 과학과제 연구에 대한 연관 검색어를 찾아보면 다음과 같이 검색 결과가 나옵니다.

또한, '고등학교에서 '실험' 과목과 '과학과제 연구' 중 어떤 과목을 선택하는 것이 좋을까요?' 라는 질문에는 과학과제 연구가 원하는 주제를 할 수 있다는 장점이 있지만 주제를 잡기 어렵고, 적극적으로 참여해야 하기 때문에 힘들다는 답변이 있습니다. 연구 주제 선정의 중요성을 인식하고 이에 대한

연구를 진행한 '일반계 고등학교에서 주제 선정 단계를 중심으로 한 과학과제 연구 수업 실천과 매뉴얼 개발'이라는 논문(김애라(2018))이 있습니다. 논문에서는 학생과 교사들이 공통적으로 주제 선정 단계를 특히 어렵하다는 점에 착안하여 주제를 정하는 활동을 진행한 영상, 신문 기사, 과학잡지, 전통지식, 속담, 일상생활, 교과서 실험 속 연구 주제 찾기의 세부 수업 활동을 통해 과학적 의문을 찾고 이를 연구 주제로 발전시키는 활동을 진행한 실험반과 그렇지 않은 대조반을 비교하였습니다. 실험결과 실험반은 과학 연구 주제의 조건을 이해하고, 연구 제목에 변인을 드러내 표현을 하였지만, 대조반은 선정한 연구 주제의 연구 범위가 구체적이지 못하거나, 학생 수준에서 연구할 수 있는 범위를 고려하지 않았고, 선행 연구를 그대로 제출하였다고 합니다.

그러면 연구 주제를 선정에 대하여 자세히 알아보시다.

과학과제 연구는 다른 실험 수업과는 달리 해결해야 하는 문제, 정해진 실험 목표 및 과정이 정해져 있지 않습니다. 그러므로 좋은 문제를 발견하는 능력은 이를 해결하는 과정만큼 중요한데요. 좋은 연구 주제를 발견하기 위해서는 주변에서 일어나는 현상을 꼼꼼하게 관찰하고, 그 이유를 비롯한 모든 것에 의문을 가지는 자세를 갖고, 관찰한 것들과 의문을 기록해두는 습관을 기르는 것이 좋습니다. 앞서 언급한 논문에서도 영상, 신문 기사, 과학잡지, 전통지식, 속담, 일상생활, 교과서 실험 등 다양한 자료에서 과학적 의문을 찾고 연구 주제로 발전시키는 활동을 진행하였습니다.

특히 연구 경험이 부족한 학생들은 전문적인 학술자료보다는 학생들이 참여하는 과학전람회나 연구대의 연구 주제 목록을 찾아보고 관심이 있는 분야의 연구 내용을 읽어본다면 연구 주제를 정할 때 도움이 될 수도 있습니다. 이렇게 찾은 연구 문제는 선행 연구를 찾아보고 연구 과정을 설계해봄으로써 구체적으로 진술이 되어야 합니다.

다음으로 학생들이 연구 주제를 선정하였다면 먼저 창의성을 확인합니다. 선정한 주제와 비슷한 연구는 없는지? 비슷한 연구가 있다면 선정한 주제와의 차이점은 무엇이며, 선행 연구와 비교하여 진행하려는 연구의 가치가 어떠한지 확인해보아야 합니다.

다음으로는 현실성을 확인해야 합니다. 연구의 진행이 가능한지? 학생들이 주도적으로 연구를 진행하기 위해서는 연구할 내용에 대해 학생들이 충분히 이해할 수 있어야 하며, #학생들이 이해할 수 있는 수준이라 하더라도 연구를 정해진 기간 안에 완료할 수 있는지도 판단해야 합니다. 또한, 연구에 필요한 장비와 환경이 제공될 수 있는지도 확인해야 합니다. 연구에 사용할 장비가 학교에 없다면 장비를 빌리거나 측정을 의뢰할 수 있는 기관이 있는지도 알아보아야 합니다. 사용 가능한 예산의 범위에서 연구가 진행될 수 있는지도 확인합니다. 또한, 화학 관련 연구에서는 위험한 약품을 사용하는 경우가 많은데, 약품을 구입하거나 취급이 가능한지, 약품을 사용할 때 필요한 환기 시설 등을 사용할 수 있는지도 알아 보아야 합니다.

마지막으로는 실용성을 확인합니다. 연구가 활용될 부분이 있는지? 연구 주제가 연구를 수행하는 학생에게 의미가 있어야 한다는 것은 중요하지만, 학생의 단순한 호기심 해결이나 기존 연구 내용의 확인을 연구 주제로 잡을 수는 없습니다. 연구 주제는 이론적 의의, 방법론적 의의, 실용적 가치가 있어야 합니다.

위에서 언급한 내용들을 체크리스트 형태로 확인한다면 좋을 것 같은데요. 로버트 스미스(Robert Smith)는 논문의 주제를 정할 때 다음의 11가지 질문을 스스로에게 던져볼 것을 권장했습니다. 학생들

에게 자신이 정한 연구 주제에 대하여 답해보는 과정을 갖는다면 좋을 것 같습니다. 먼저 첫째, 주제에 열정을 가지고 연구를 진행할 수 있는가? 그리고 둘째, 흥미가 지속될만한 주제인가? 셋째, 제기할 문제는 해결이 가능한가? 넷째, 연구를 진행할 만한 가치가 있는가? 다섯째, 이 연구로부터 다른 연구들이 파생될 것인가? 여섯째, 통제할 수 있을 만한 연구 규모인가? 다음 일곱째는, 연구 분야에 어떤 학문적 기여를 할 가능성이 있는가? 그리고 여덟째는 제기된 문제가 해결될 경우, 그 결과는 연구 분야의 학자들에게 긍정적으로 인식될 것인가? 아홉째는 제기한 문제를 해결할 능력이 되는가? 열번째로는 문제를 해결함으로써, 그 학문 분야에 자신이 가지고 있는 지식과 기술을 내보일 수 있는가? 마지막으로 이 연구를 통해 수요가 높은 학문 분야에 경험을 얻게 될 것인가? 또는 향후 도움이 될 만한 연구 주제인가? 를 생각해보고 답해 보는 과정이 필요합니다.

연구 주제를 정했다고 철저한 계획 없이 연구를 진행하면 좋은 연구를 진행하기 어렵습니다. 프라모델을 조립하거나 집을 지을 때, 조립에 대한 설명서나 집에 대한 설계도가 필요하듯이 연구를 진행하기 전에 이러한 설계도의 역할을 하는 연구 계획서를 작성해야 합니다. 연구 계획서 작성을 통하여 학생들은 선행 연구에 대한 조사와 이론적 배경을 확인하고, 연구의 진행 방향을 구체화 할 수 있습니다. 실제 사례를 이용하여 연구 계획서를 작성하는 방법을 알아보시다.

사례로 소개할 고등학교의 연구 계획서 양식은 3부분으로 이루어져 있는데요. 표지, 요약문, 그리고 본문입니다.

먼저 표지에는 과제명과 연구 분야, 연구 기간, 연구팀의 인적사항 등이 들어가고 다음 요약문은 다음에 나오는 본문의 요약본이며, 과제명, 연구의 필요성 및 목적, 연구 내용 및 방법, 기대효과, 키워드를 1 쪽으로 작성합니다. 마지막으로 본문에는 연구의 필요성 및 목적, 연구 내용 및 방법, 연구 결과의 활용과 기대효과, 월별 연구 추진계획, 사업활동비 소요 계획, 참고문헌 등을 작성합니다. 이러한 형식은 일부 내용의 순서가 조금 다르더라도 다른 연구 계획서와 크게 다르지 않습니다. 연구 계획서에서 가장 중요한 부분은 연구 제목입니다. 연구 제목만 보아도 연구의 목적과 내용은 물론 연구 방법과 변인이 잘 드러나도록 해야 합니다. 연구의 필요성 및 목적은 연구 주제를 선택한 이유와 그 중요성을 밝히고 선행 연구와의 차이점과 필요성을 기술하며, 연구 내용 및 방법은 구체적인 실험설계를 포함하여 연구를 진행할 범위와 연구의 변인들과 변인들 간의 관계에 대한 가설을 기술합니다. 연구 결과의 활용과 기대효과는 연구를 수행했을 때 예상되는 결과와 그 활용 방안을 기술하도록 합니다. 연구 추진계획과 사업활동비 소요 계획에서는 시간과 소요되는 예산을 어떻게 배부하여 사용할 것인지를 기술합니다.

다음은 실제 연구를 진행한 학생들의 추진 계획 내용입니다. 3월에는 연구 주제 탐색을, 4월에는 연구 주제 탐색 및 계획서 작성, 그리고 5월에서 6월에는 주제 관련 자료 조사를 하고, 7월과 8월에는 기초 실험 수행을 하고, 9월, 10월에는 연구 수행 및 결과 도출 후 11월에는 연구 보고서 작성하고, 12월에는 심화 연구 주제 탐색합니다. 이처럼 연구 제목만 보아도 연구의 목적과 내용은 물론 연구 방법과 변인이 잘 드러나도록 해야 합니다.

## 2 화학 중심의 과학과제 연구 지도 사례

### 1. 옷질을 이용한 종이 빨대 코팅과 내구성(강도)의 변화 실험

학생들은 주제 탐색 과정에서 '최근 플라스틱에 의한 환경 오염문제가 부각되면서 플라스틱 빨대 사용을 줄이기 위한 노력의 일환으로 일부 프랜차이즈 커피전문점이 플라스틱 빨대의 대체재로 종이 빨대를 사용하기 시작했지만, 종이 빨대는 물을 흡수하여 내구성이 약해지고 뜨거운 음료에서는 사용할 수 없는 등 플라스틱 빨대 대용으로 사용되기에는 부족함이 있다.'라는 것을 발견하였습니다. 또한 조사를 통하여 '우리 조상들이 방수, 방충 효과를 나타내는 옷질을 이용하여 가구와 종이의 내구성을 증가시켰다.'라는 것을 알게 되었고, 나무 수저나 장난감에도 사용되고 있는 옷질을 종이 빨대에 적용해보기로 하였습니다. 연구 문제로 옷질을 이용하여 종이 빨대를 코팅하고 다양한 온도와 액체에 충분한 시간 동안 넣어두었을 때 내구성(강도)의 변화를 측정함으로써, 플라스틱 빨대의 대체재로 옷질 코팅된 종이 빨대를 사용하는 것이 가능한지 확인하는 것으로 정했습니다.

이렇게 선정된 연구 문제에 대한 답을 얻기 위해서는 측정 가능한 변인을 설정하고 문제 상황을 구체적으로 정의하는 가설 설정이 중요합니다. 이때 가설은 기존의 이론을 바탕으로 두 개 이상의 변인들 간의 관계에 대한 가정적인 설명으로 실험 등을 통해 검증 가능해야 합니다. 변인은 독립 변인과 종속 변인으로 나눌 수 있는데, 그러면 변인과 변인들 간의 관계란 무엇일까요? 독립 변인은 변인들 중에서 다른 변인들의 원인이 되거나 실험 결과에 영향을 줄 수 있다고 판단되는 것이며, 종속 변인은 독립 변인의 영향을 받아서 나타나는 결과라고 할 수 있습니다.

독립 변인은 다시 조작 변인과 통제 변인으로 나누는데, 조작 변인은 가설이 맞는지, 틀리는지를 확인하기 위하여 의도적으로 변화시키는 것이며, 통제 변인은 조작 변인에 의한 효과만을 확인해야 할 때 조작 변인 이외의 변인이 결과에 영향을 줄 것이라고 예상되어 일정하게 유지하는 것입니다.

이 빨대 코팅 연구에서는 코팅 여부, 빨대를 담그는 액체의 온도, 빨대를 담그는 액체의 종류, 빨대를 액체에 담그는 시간, 빨대의 내구성(강도) 등의 변인을 생각할 수 있는데, 코팅, 액체의 온도, 액체의 종류, 담그는 시간은 빨대의 내구성(강도)에 영향을 줄 수 있는 것들로 실험을 하면서 학생들이 변경할 수 있는 요소들이므로 독립 변인이며, 빨대의 내구성(강도)은 독립 변인에 따라 달라지는 측정값이 될 것이므로 종속 변인입니다.

그런데, 20°C의 물에 10분간 담가둔 빨대와 80°C의 커피에 30분간 담가둔 빨대를 비교했더니 20°C의 물에 10분간 담가둔 빨대의 내구성(강도)이 크다면 그 원인은 온도, 액체의 종류, 시간 중 무엇일까요? 이 경우 결과에 영향을 주는 변인들이 서로 혼합되어 있기 때문에 그 원인을 알 수 없으므로 변인들 간의 관계를 알기 위해서는 영향을 알고 싶은 변인을 제외한 나머지 독립 변인들을 일정하게 유지해야 합니다. 이 점을 고려하여 다음과 같은 가설을 설정하고, 실험을 설계하였습니다. 가설1: 코팅한 빨대가 코팅을 하지 않은 빨대보다 내구성(강도)이 클 것이다. 그리고 가설2는 빨대를 담그는 온도가 높아질수록 내구성(강도)이 감소할 것이다. 가설3은 빨대를 담그는 시간이 길어질수록 내구성(강도)이 감소할 것이다. 로 설정하였습니다. 단 실제 연구 진행 과정에서는 가설 설정을 하기 전에 빨대의 종류와 코팅의 횟수를 달리하여, 사전 실험을 진행하였으며, 빨대의 종류는 흰색 종이 빨대로, 코팅 횟수는 3회로 정하였습니다.

3회 옷질(텅 옷 오일) 코팅한 흰색 종이 빨대와 코팅하지 않은 흰색 종이 빨대를 0°C, 20°C(상온), 30°C, 50°C, 70°C, 90°C의 물에 각각 8개씩 동시에 넣습니다. 20분이 지난 후 각각의 물에서 4개씩의 빨대

를 꺼내어 강도를 측정하며, 40분이 지난 후 각각의 물에 남아 있는 빨대 4개씩을 꺼내어 강도를 측정합니다. 이때코팅하지 않은 종이 빨대는 실험군과 비교하기 위해 처치 외에 다른 조건들을 동일하게 구성한 집단인 대조군이므로, 코팅한 종이 빨대는 연구의 가설을 증명하기 위해 어떤 처치나 변인을 조절한 집단인 실험군입니다. 0°C는 아이스베스에 담긴 비커의 물을 이용하고, 상온 이상의 온도는 각각 해당 온도로 설정된 항온 수조를 이용하여 일정하게 유지하도록 합니다.

이 실험 설계에서 변인들을 조작 변인, 통제 변인, 종속 변인으로 분류해봅시다.

먼저 가설 1을 확인하는 실험으로 조작변인, 통제변인, 종속변인을 분류해 봅시다. 다음 가설 2를 확인하는 실험으로 조작변인, 통제변인, 종속변인을 분류해 봅시다. 마지막으로 가설 3를 확인하는 실험으로 조작변인, 통제변인, 종속변인을 분류해 봅시다.

그리고 다음가설4의 경우는, 산성 음료는 내구성(강도)을 감소시킬 것이다.입니다.빨대를 담그는 액체의 종류에 따른 빨대의 내구성(강도)을 확인하는 실험은3회 옷칠(텅 옷 오일) 코팅한 흰색 종이 빨대를 각각 0°C의 사이다, 오렌지 주스, 아이스 아메리카노에 4개씩 넣고40분이 지난 후 꺼내어 강도를 측정합니다. 이 실험 설계에서는음료의 종류(사이다, 오렌지 주스, 아이스 아메리카노)가 조작 변인이며,빨대의 종류(흰색 종이 빨대), 온도(0°C), 시간(40분)은 통제 변인이고,빨대의 강도는 측정하여 알게 되는 종속 변인입니다.

위 실험 설계들에서 공통으로 4개씩의 빨대를 사용했는데요.샘플의 수를 늘려 오차를 줄이기 위한 것입니다. 물론 샘플의 수가 더 많다면 좋겠지만, 위의 설계에서 사용되는 코팅한 빨대의 수는 60개이며, 유해성 검증 등 다른 추가 실험이 진행되어야 하므로 총 100여 개의 빨대가 사용되는 상황이므로,무작정 샘플의 개수를 늘릴 수는 없으며 코팅에 필요한 시간과 공간, 실험을 진행하는 용기에 넣을 수 있는 빨대의 개수, 측정에 필요한 시간 등을 고려해서 정해야 합니다.

## 2. 아스코르브산을 이용한 감의 수용성 탄닌 농도 감소 효과가 상품성에 미치는 영향 실험

이번에는모형을 이용하여 실험을 설계하고 진행하는 과정을 사례로 알아보도록 하겠습니다. 이번 시간에 소개할 사례는 감에 대한 연구로'아스코르브산을 이용한 감의 수용성 탄닌 농도 감소 효과가 상품성에 미치는 영향'입니다.

이 연구의 요약 내용은 다음과 같습니다. 감은 2종류 나누어집니다.딱딱하지만 단맛이 나는 단감과익어서 흥시가 되는 뽕은 감인데요. 흥시가 되기 전 감에서뽕은 맛을 내는 성분인 탄닌을 제거하는 것을 탈삽이라고 하는데, 탈삽 과정에서 감은 흥시처럼 변하기 때문에보관과 운반이 어렵고 상품성이 떨어지는 문제가 발생하기도 합니다. 이 연구에서는여러 탈삽법에 따른 감의 탈삽 속도와 이로 인한 품질 변화를 비교하여과육의 상품성을 높일 수 있는 탈삽법을 확인하고,환원제로 쓰이는 아스코르브산을 이용한 탈삽 방법의 효과를 검증하여 상품성을 높일 수 있는 탈삽 방법을 찾는 것입니다.

연구의 동기와 목적은빠르게 탈삽된 감은 당도 및 맛 등을 유지하면서 단단하여 상품성이 높을 것이며,기존의 탈삽 방법들(알코올(소주)을 뿌려둔다. 따뜻한 물에 담근다. 소금물에 담근다. 등)에 대한 효과의 비교가 이루어지지 않았고, 아스코르브산과 같은 환원제에 의한 탈삽 방법도 연구되지 않았다는 것이었습니다. 그러나 연구를 시작하기도 전에 학생들은다음과 같은 문제들에 부딪혔습니다. . 탈삽된 정도를 어떻게 확인할 것인가? 그리고당도와 맛(상품성)을 정량화하는 것은 가능한가? 감의 품질을 객관적으

로 비교하는 것은 가능한가?였습니다.

문제를 해결하기 위하여 선행 연구들을 찾아보았고, 기존에 사용되는 다양한 탈삼 방법들에 대한 연구를 다수 발견하였습니다. 선행 연구로부터 꺾은 맛의 정도는 UV/Vis 분광법으로 탄닌산의 농도를 측정하여 정량화할 수 있다는 것을 알게 되었고, Folin-Denis법을 사용하여 탄닌산의 농도를 측정하는 과정에 대한 구체적인 정보를 얻을 수 있었습니다. 맛은 개인적인 차이가 있으므로 굴절당도계로 당도를 측정하여 상품성을 정량화하기로 하였습니다.

이제 앞의 예시처럼 실험을 설계해보겠습니다. 크기와 모양, 색깔이 비슷한 꺾은 감을 30%의 에탄올 용액, 따뜻한(40°C) 물, 1%의 소금물, 1% 아스코르브산 용액에 8개씩 동시에 넣습니다. 24시간이 지난 후 각각의 액체에서 감을 4개씩 꺼내어 탄닌산의 농도를 측정하며, 48시간이 지난 후 각각의 액체에 남아 있는 감을 4개씩 꺼내어 탄닌산의 농도를 측정합니다. 앞의 예시와는 달리 실제 감을 탈삼시키는 환경을 감안하여 따뜻한 물만 항온 수조를 이용하여 40°C로 유지하고, 다른 용액은 상온으로 유지합니다. 농도 또한 실제로 사용되는 조건을 감안하여 에탄올 수용액은 담금주의 농도로 하고, 소금물과 아스코르브산은 사전 조사를 통하여 같은 농도로 정합니다.

그렇다면 나머지 변인들은 통제가 잘 되었을까요? 24시간 또는 48시간 후 탄닌산의 농도가 작은 것이 탈삼이 잘 되었다고 할 수 있을까요?

감의 크기와 모양, 색깔이 비슷한 것을 골라서 실험에 사용한다 하더라도 감에 들어 있는 초기 탄닌산의 농도는 모두 다를 것이며, 초기값을 모르고 탈삼의 효과를 이야기할 수는 없을 것입니다. 그렇다면 초기에 감에 들어 있는 탄닌산의 농도를 알아야 하는데요. 감에 들어있는 탄닌산의 농도를 측정하기 위해서는 감을 믹서에 갈고 면 보자기에 싸서 즙을 짠 후, 필터링하여 Folin-Denis법에 따라 후처리를 해야 합니다. 이렇게 감에 들어있던 초기 탄닌산의 농도를 알아낸다면 탈삼을 진행할 감이 사라지게 됩니다. 다른 감을 사용하더라도 초기 탄닌산의 농도를 모른다는 문제는 여전히 남아있습니다. 만약 감을 쪄서 일부만 초기 탄닌산의 농도를 구하는데 사용하고, 나머지 부분으로 탈삼을 진행한다고 하더라도 감의 부분에 따라 탄닌산의 농도가 다를 것이며, 감을 쪄는 자체가 실험의 결과에 영향을 줄 수 있습니다.

비슷한 예로 식물의 종류에 따른 미세먼지 제거 효과를 확인하는 연구를 학생들과 진행한 적이 있는데요. 이때도 종류가 다른 식물의 크기를 어떻게 정할 것인가에 대한 고민이 있었습니다. 식물의 무게로 해야 하는지, 식물 잎의 개수로 해야 하는지, 식물 잎의 표면적으로 해야 하는지, 그리고 이것들을 어떻게 같게 할 수 있을지 등 과일이나 식물과 관련된 연구에서 이런 고민을 많이 했던 것 같습니다.

이 상황에서 선생님들은 학생들에게 어떤 조언을 주실까요?

저의 경우에는 학생들에게 모형 감을 제안하였습니다. 외부 물질에 의하여 감 내부에 들어 있는 탄닌산이 제거된다면, 이는 감과 외부의 경계(세포)를 통해서 물질의 교환이 일어난다고 생각할 수 있을 것입니다. 그러므로 반투막을 이용해서 물질 교환이 일어날 수 있는 감을 제조하는 것에 대한 제안을 하였습니다.

학생들 은감에 들어 있는 참고문헌에서 탄닌산의 함유량을 조사하고, 조사한 농도(4.5g/L)의 탄닌산 용액을 제조하여 셀로판 튜브에 일정량의 용액을 넣고 소시지 모양으로 위아래를 묶어 초기 탄닌산의 농도가 모두 같은 모형 감을 만들었습니다.

초기값을 알고 있기 때문에 실험을 진행하면서 시간에 따라 변화된 탄닌산의 농도를 측정하면외부 물질에 의해서 변화된 정도를 알 수 있습니다. 이후모형 감을 담그는 액체의 양은 50mL로, 모형을 이용하여 실험하는 조건(밀폐 용기에 100mL의 약품을 넣어서 보관) 등을 구체적으로 결정하고 연구가 진행되었습니다.

지금까지 살펴본 것처럼모형을 이용하여 실험을 하는 경우변인의 통제가 쉽다는 장점이 있지만,실물로 실험하는 것과는 차이가 존재하므로 추후 이에 대한 검증 실험을 추가로 실시하거나 모형을 사용했을 때의 한계점 등을 밝혀야 합니다.

이러한 모형을 사용한 또 다른 실험 예로는용기에 바르는 유약의 성분에 따른 도자기의 수축률을 확인한 실험이 있었는데요.실제 도자기를 이용하면 만드는데 시간이 오래 걸리는 문제와 측정이 어렵다는 문제가 있어서타일 형태로 제작한 도자기 편을 이용하여 실험을 했고,모형 사용의 한계는원의 형태로 끝이 닫힌 것과 직선의 형태로 끝이 열린 것의 경향성이 다를 수 있다는 것이었습니다. 이는 고리와 직선 형태를 비교하는 실험을 통하여 경향성을 파악할 수 있을 것이라고 판단됩니다.

### 3. 약품과 실험기기를 사용한 화학실험

이번에는약품과 실험기기를 사용한 화학실험에 대해 살펴보겠습니다. 화학과 관련된 연구 활동에서 실험과측정 장비는 빠질 수 없는 요소입니다. 앞서 언급한 예시에서도굽힘 강도 측정기, UV/Vis 분광기,전기로 등을 사용했는데요. 굽힘 강도 측정기 같은 경우시료가 깨지며 파편이 주위로 튈 수 있으므로 보안경을 착용해야 하며, 전기로는1,200°C가 넘는 고온으로 도자기를 굽기 때문에 화상의 위험성이 있으므로 충분한 시간이 흘러내부가 식은 후 내열장갑을 착용하고 시료를 꺼내야 합니다.

안전사고가 발생하지 않도록 주의하는 것은 모든 활동에서 적용되는 이야기겠지만, 특히 약품이나 기기를 사용할 때는 더욱 강조되어야 합니다.약품을 다룰 때는물질의 특성을 파악하는 것이 중요한데물질 안전 보건 자료(MSDS, Materials Safety Data Sheet)를 사용하면화학물질의 명칭(구성성분의 명칭 및 함유량),응급조치요령,안전.보건상의 취급주의 사항,건강 유해성 및 물리적 위험성 등을 알 수 있습니다. 화학 물질의 유해성 정보는산업재해예방 안전보건공단 홈페이지(<http://msds.kosha.or.kr/>)에서 검색할 수 있습니다.

다음은 안전보건공단 홈페이지에서메탄올(메틸 알코올)을 조회하여 얻은 MSDS 요약정보인데,일반정보,물질정보,그림문자,유해위험 문구, 응급조치요령, 저장방법, 피해야 할 조건 및 물질, 누출 및 폭발.화재 사고 시 대처방법, 법적규제현황, 취급시 주의사항이 포함되어 있습니다.

				
1. 폭발성, 자기반응성, 유기과산화물	2. 인화성, 불연성, 자기반응성, 자연발화성, 자기발열성, 유기과산화물	3. 급성독성	4. 호흡기과민성, 발암성, 생식세포변이원성, 생식독성, 특정표적장기독성	5. 수생환경유해성
				
6. 산화성	7. 고압가스	8. 급속부작성, 중부작성, 심한부작성	9. 경고	

지금 보시는 것이 안전보건공단 홈페이지에서 메탄올(메틸 알코올)을 조회하여 얻은 MSDS 요약정보입니다. 특히그림문자(GHS 경고표시)는유해성.위험성 분류 및 경고표시를 국제적으로 통일시키는 기준으로 알아두면 매우 유용합니다.

기기 또한 사용법을 잘 익혀서 안전사고가 발생하지 않도록 주의하도록 지도해야 합니다.분석에 사용되는 대부분의 기기들은 학생들이 처음 접하는 경우가 많으므로 별도의 시간을 할애하여 기기의 사용법과기기에서 얻어진 자료의 의미와 분석 방법을 학생들에게 교육하는 것이 필요합니다.

연구에 자주 사용되는 몇 가지 분석 기기들은 다음과 같습니다. 원자흡광광도계,시차주사 열량계,자외선-가시광선 분광광도계,크로마토그래피,회전 증발기, MBL 등이 있습니다. 각각 살펴보도록 하겠습니다.

원자흡광광도계(AAS)는 시험 용액 중에 들어 있는 금속 원소를 불꽃이나 전기 가열 등의 방법으로 원자를 증기화하여 생긴 바닥 상태의 원자가 그 원자 증기층을 통과하는 빛으로부터 특정 파장의 빛을 흡수하는 현상을 이용하여흡광도를 측정하고시험 용액 중의 목적 원소의 농도를 구하는 분석 기기입니다. 예를 들면음식에 포함된 나트륨 함량을 측정하고자 할 때, AAS를 사용할 수 있습니다.

그리고 다음은 시차주사 열량계(DSC)가 있습니다. 이는시료와 표준물질(reference material)을 각각 가열로에 넣고 일정한 속도로 온도를 높이거나 온도를 유지할 때, 시료, 와 표준물질의 열량차만큼의 전기 에너지를 공급함으로써 열의 흐름을 기록하는 기기입니다.고분자의 유리전이온도,녹는점,결정화 온도 등 과용융열,반응열 등을 측정할 수 있습니다.

다음은자외선-가시광선 분광광도계(UV/Vis)으로, 액체 상태의 시료에 자외선과 가시광선을 투과하여 유기물질의 최대 흡수 파장을 측정하고, 이를 이용하여유기물의 정성분석은 물론표준물질을 이용한 정량분석이 가능한 기기입니다.

그리고크로마토그래피는액체 시료를 기화시켜 컬럼을 통과시키거나(GC) 액체 상태로 컬럼을 통과시켜(LC) 컬럼 안의 고정상과 이동상의 친화도에 따라 물질을 분리하여 정성 및 정량 분석하는 기기입니다. 대표적인 예로운동경기에서 선수의 금지약물 복용 여부를 검사하는 도핑테스트가 있습니다.

다음은 회전 증발기로, 분석기기는 아니지만, 시료로부터 용매를 제거하는 장비로 진공을 이용하여 끓는점을 낮추어 시료로부터 안전하게 용매를 제거하는 장비입니다.

마지막으로 MBL은, 컴퓨터 기반 실험은 온도, 습도, 힘, 조도, 압력 센서 등을 통해 측정값을 수집하는 것으로 짧은 시간 간격의 측정이나 긴 시간 동안 진행되는 연속적인 측정, 더욱 정확하고 정밀한 측정 등이 가능합니다. MBL 장치들은 측정값의 수집과 분석이 쉽고, 실시간으로 결과를 확인할 수 있다는 장점이 있지만 센서의 특성을 잘 이해하지 못하는 경우 잘못된 측정값을 얻을 수도 있으며, MBL 장치만으로 정성분석이나 정량분석을 하기에는 무리가 있습니다.

AAS, UV/Vis, GC, LC 등의 기기로 정량 분석을 하기 위해서는 분석하고자 하는 물질의 농도를 알고 있는 표준용액을 제조하여 검량선을 작성해야 합니다. 검량선을 작성할 때 표준용액은 적어도 3개 이상의 농도를 만들어야 하고 시료는 이러한 농도범위에 반드시 포함되어야 합니다. 검량선 범위를 넘는 시료는 자료의 신뢰성을 확신할 수 없기 때문에 외삽하여 추정하지 않고, 희석하여 범위 내에 들어오게 해야 합니다. 또한 표준용액과 시료는 동일한 시기와 동일한 조건하에서 동일한 분석기기를 이용하여 동시에 분석해야 합니다. 정성 및 정량분석에서 검량선의 정확도는 필수적인데요 그 샘플로 모형감의 탈삼 실험에서 UV/Vis 검량선을 참고하여 확인해보시기 바랍니다. 이처럼 검량선의 신뢰도는 일반적으로 표준농도에 대한 분석기기의 반응의 관계에서 상관 계수(R)를 제공한 결정(R<sup>2</sup>)로 판단하며, 결정 계수가 1에 가까울수록 그 관계를 신뢰할 수 있습니다.

