

바이오연료(에탄올의 생성 및 연소) 실험키트 (KS-K39S)

교사용 지도서

[제품 구성]

- 30mL 눈금컵 12개
- 유리 버너 6개
- 알루미늄 호일 조각 6개
- 뚜껑이 달린 180mL 플라스틱 병 6개
- 브롬티몰블루용액 15mL 점적병 6개
- 0.05M 수산화나트륨 15mL 점적병 6개
- 45cm 투명 튜브 3개
- 랩에이즈 콘덴서 2개
- 콘덴서용 고무마개 (구멍 1개짜리) 2개
- 플라스크용 고무마개 (구멍 2개짜리) 2개
- 플라스틱 깔대기 2개
- 받침대가 있는 50mL 눈금실린더 1개
- 240mL 에탄올 1병
- 240mL 등유 1병
- 학생용 실험보고서 1장
- 교사용 지도서 1장
- 투명필름 3장 (에탄올 & 등유에 대한 에너지 결과, 연소 방식식, 탄화수소 연소)

개요

이 실험키트는 3가지 실험으로 구성된다. 첫 번째 실험은 에탄올 연료를 생산하는데 가장 많이 사용되는 원료인 옥수수과 사탕수수 설탕을 이용해 발효와 에탄올 증류를 실험하는 것이고, 두 번째 실험은 조별로 에탄올과 등유의 연소로부터 발생하는 에너지를 확인하는 것이다. 마지막으로 세 번째 실험에서는 두 가지 연료의 부산물을 확인하고 결과를 서로 비교하며 바이오연료와 화석연료의 장단점에 대해 토론한다.

바이오 연료는 식물에서 얻으며 석유나 석탄과 같은 재생 불가능한 화석 연료를 대체할 수 있는 재생 가능한 연료이다. 바이오 연료를 생산하는 방법 중 하나는 곡물을 발효시키는 것이다. 발효란 효모와 같은 미생물에 의해 식물에 들어있는 당분이나 녹말로부터 에너지를 얻는 과정을 말한다. 발효를 통해 에너지뿐만 아니라 이산화탄소와 에탄올을 얻을 수 있다. 발효는 산소가 없는 상황에서 더 효과적으로 발생한다. 발효를 통해 12% 에탄올이 포함된 용액을 만들어내며, 에탄올은 분별증류라는 과정을 통해 정제되어 95%의 에탄올과 5%의 물이 섞인 혼합물이 생성된다. 이 수화 에탄올 혼합물은 자동차의 연료로도 사용할 수 있고, 가열, 요리, 발전 등에 사용된다.

주요개념

1. 우리 주변에는 연소와 같이 에너지를 만들어내기 위한 복잡한 화학반응이 많이 일어난다.
2. 화학반응은 에너지를 방출하거나 소비한다. 연료를 태우는 반응은 열을 잃고 빛을 방출함으로써 거대한 양의 에너지를 방출한다.
3. 학생들은 수학을 이용한 과학적 실험에 의해 실험을 향상시킬 수 있다.

4. 지상의 자원은 제한적이다. 자원의 과도한 사용은 자원 고갈을 앞당기며 문제를 야기시킬 수 있다.
5. 인간이 만들어낸 환경상의 변화는 우리 사회에 많은 혜택이 되기도 하지만 문제를 만들기도 한다. 따라서 다양한 의사결정과 관련된 비용과 손실, 그리고 효과를 비교할 수 있어야 한다.

실험을 위한 준비

실험을 위해 다음과 같은 준비물을 별도로 준비하다. 아래 실험준비물의 양은 1반을 기준으로 한 것이다. 발표시킬 설탕의 양에 따라 더 큰 플라스크 등을 사용할 수 있다.

실험 1 (A 실험)

- 250mL 플라스크 (구멍 2개짜리 고무마개에 맞는 것) 2개
- 250mL 비커 2개
- 온도계 2개
- 100mL 눈금실린더 1개
- 효모 한 팩
- 설탕 30mL
- 옥수수 시럽 30mL
- 글리세롤 5mL
- 종이타월
- 보호안경

실험 1 (B 실험)

- 저울 6개
- 온도계 2개
- 50mL 비커 2개
- 핫플레이트 2개
- 10 또는 25mL 눈금실린더 1개
- 열음조각이 든 용기 1개
- 성냥
- 종이타월
- 보호안경

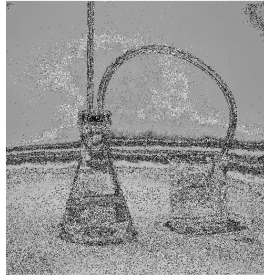
실험 2

- 100mL 눈금실린더 6개
- 자 6개
- 알루미늄 캔(음료수 캔) 6개
- 종이클립 6개
- 링스탠드 6개
- 클램프 6개
- 온도계 6개
- 저울
- 성냥

- 보호안경

실험 3

- 성냥
- 종이타월
- 보호안경



실험 1 : A 실험

이 실험활동에서 학생들은 에탄올을 만들고 증류시킨다. 다음과 같이 실험을 준비한다. (우측 그림 참조)

1. 온도계가 고무마개 구멍을 잘 통과하도록 글리세롤 몇 방울을 고무마개 구멍과 온도계 끝에 떨어뜨린다.
2. 보호안경을 착용하고 비커가 깨질 것을 대비하여 헝겊으로 손을 감싼다.
3. 온도계 끝에서 2~3cm 되는 지점을 잡고 살짝 비틀면서 고무마개에 끼운다. 온도계가 고무마개 하단으로부터 약 1~2cm 정도 나오게 한다.
4. 고무마개나 온도계에 묻은 글리세롤을 닦아낸다.
5. 고무마개의 다른 구멍에 45cm 길이의 투명 튜브를 연결한다.

40~50℃의 약간 뜨거운 물 100mL에 효모를 넣고 섞은 후 다시 100mL 물을 넣는다. 250mL 플라스크 2개를 준비하고 각각 30mL 옥수수시럽과 30mL 설탕을 넣은 후 150mL의 약간 뜨거운 물을 넣고 플라스크에 라벨을 붙인다.

※ 참고 : 실험 1의 A실험은 적어도 B실험을 하기 5일 전에 실시하여 실험물질들이 발효되도록 해야 한다. 온도가 높은 곳에 플라스크를 두면 발효가 빨리 일어난다.

실험 1 : B 실험

발효에 필요한 장비와 콘덴서, 그리고 구멍 1개짜리 고무마개를 준비한다. 투명 튜브의 반을 잘라 길이를 약 22cm로 만들고 플라스크와 콘덴서를 연결한다. 증류장비의 빨간색 덮개를 제거하고 사용 직전에 얼음조각과 함께 묶는다. 한 개의 50mL 비커는 '옥수수시럽', 다른 하나에는 '설탕'이라고 이름을 적어둔다.

실험 2

깔때기를 이용해 버너에 등유와 알코올을 각각 30mL씩 채운다. 학생용 실험보고서의 그림을 참조하여 나머지 실험준비물을 설정한다.

버너 안에 있는 등유를 연소시키면 연기가 배출된다. 버너 외부로 노출된 심지의 길이를 최대한 줄이면 연기 또한 줄일 수 있다. 실험에 앞서 모든 버너에 불을 붙이고 약 5분 정도 연소시켜 환기가 이루어지는지 확인하고 모든 버너의 불꽃 높이가 동일하도록 심지의 길이를 조정한다.

실험 3

버너에 등유와 에탄올이 각각 반 정도 채워져 있는지 확인한다. 실험 장소에는 환기시설이 갖추어져 있어야 한다. 버너의 심지 길이를 동일하게 조정하여 같은 높이의 불꽃을 만들도록 한다.

도움말

실험 1 : A 실험

1. 에너지원으로서의 화석연료와 음식 비교

칠판에 "사람의 몸" 그리고 "차"라고 적고 이 두 가지에 필요한 에너지는 어디에서 오는지, 어디에서 얻을 수 있는지 학생들에게 묻는다. 음식, 휘발유 등의 답변을 예상할 수 있다.

이들 에너지원은 태양으로부터 나온 것이라고 볼 수 있다. 식물은 광합성을 통해 태양의 빛 에너지를 당이나 녹말에 저장된 에너지로 바꾼다. 이들 물질은 다른 생물에 의해 섭취되면 에너지원으로 사용될 수 있는 화학적 에너지를 담고 있다.

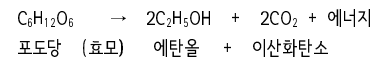
석탄, 기름, 천연가스 등 화석연료 안에 들어있는 에너지 또한 식물 내의 광합성에 의해서 태양에너지를 저장한 형태의 에너지이다.

2. 옥수수 시럽 및 설탕의 발효를 통해 바이오연료 만들기

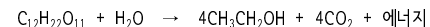
이 실험에서는 에탄올을 만드는 과정과 에탄올의 증류 과정을 설명한다. 고글을 착용하고 안전을 위한 주의사항을 전달한다. 발효실험을 설정하고 증류를 실시하는데 최소 5일이 필요하다.

이 실험에서 이스트는 발효 과정을 통해 사탕수수를 에탄올로 변형시킨다. 발효란 산소가 없는 상황에서 이스트가 설탕을 소화, 흡수하면서 부산물로 이산화탄소와 알코올을 만들어내는 과정을 말한다. 다음 화학식 1 및 2는 두 설탕의 발효 반응을 나타낸다.

화학식 1. 포도당의 발효



화학식 2. 자당의 발효



자당 + 물 (효소) 에탄올 + 이산화탄소

에탄올의 열량은 자당의 열량 보다 거의 두 배가 많다는 것을 학생들에게 설명한다.

자당/포도당: 4kcal/gram 에탄올: 7kcal/gram

각각 다른 설탕을 포함한 두 가지 물질의 발효를 관찰하게 한다. 학생용 실험보고서를 나누어주고 어떤 설탕의 실험결과가 좋을지 예상하게 한다.

1. 이스트 현탁액을 옥수수 시럽, 다른 설탕이 들어있는 플라스크에 각각 15mL씩 넣고 잘 섞는다.
2. 우측의 그림과 같이 설치한다. 비커에는 물을 반 정도 채우고 튜브를 물에 담가 공기가 플라스크에 들어가지 못하게 한다.
3. 각 비커에 브롬티몰 블루 용액 20 방울을 넣는다.
4. 실험 세트를 20°C 이상의 안전한 장소에 설치한다.



만일 산소가 존재하면 매우 적은 양의 에탄올이 만들어지며 대신 아세트산이 주로 만들어진다는 것을 학생들에게 주지시킨다.

관찰 내용을 표에 기록하게 한다. 실험 1의 파트 B 종류 실험을 시작하기에 앞서 최소 5번의 수업을 통해 관찰 내용을 기록하게 된다는 것을 알린다.

다음날

한낮의 관찰은 몇 분 정도면 충분하다. 따라서 일주일 정도 소요되는 발효 과정에서 실험 2와 3을 실시하는 것이 좋다. 비커에 거품과 공기방울이 생기며 양쪽 플라스크에서 기체가 만들어진다는 것을 알 수 있다. 비커로 들어가는 공기는 브롬티몰 블루의 색깔을 청록색에서 노란색으로 바꿀 것이다. 5일이 지나면 거품이 가라앉고 공기방울도 더 이상 생성되지 않을 것이다. 이는 설탕이 모두 발효되었음을 의미한다. 플라스크의 냄새를 확인하게 한다. 냄새를 맡을 때에는 손으로 바람을 일으켜 말도록 하고, 만일 학생 중 에탄올 냄새에 노출되면 안 되는 학생이 있다면 이 과정을 넘어가도록 한다.

음식과 연료는 비슷하며 음식은 생명체에 연료를 제공한다는 개념을 정리하면서 이 실험을 마무리한다. 음식과 연료 모두 화학 반응을 통해 화학 에너지를 방출한다. 과거에는 난방, 조리, 운송 등 인간이 필요로 하는 대부분의 연료는 화석연료에서 얻었지만 이 화석연료를 대신해 에탄올과 같은 바이오연료를 사용할 수 있다. 이 실험키트를 통해 학생들은 식물에서 나오는 에탄올의 특성과 화석연료인 석유에서 나오는 등유의 특성을 비교할 수도 있다.

실험 2

3. 연소와 선택 가능한 연료 소개

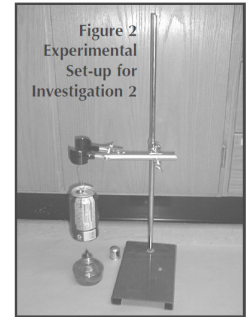
각각 에탄올과 등유가 들어있는 병 두 개, 또는 버너 두 개를 학생들에게 보여준다. 이 두 액체의 차이점에 대해 학생들에게 묻는다. 다음의 내용을 언급한다. 둘 다 모두 액체이며 연소된다. 모두 연료로 사용되며 수소와 탄소원자를 포함하고 있다. 에탄올은 식물에서 얻을 수 있고 등유는 크루드 오일로부터 생산된다.

어떤 물체가 불에 타면 어떤 현상이 발생하는지 묻는다. 불에 타는 것은 연소라는 화학반응이다. 일반적으로 연소는 연료와 같은 물질이 산소와의 화학반응을 통해 이산화탄소, 물, 그리고 열과 빛의 형태를 띤 에너지를 만들어낸다.

다음 질문에 대해 조별로 브레인스토밍을 하도록 유도한다. **자동차에 필요한 대체 연료를 고려하고 있다면 그 연료에 대해 무엇을 알아야 한다고 생각하는가?** 약 5분 후 각 조별로 토론 내용을 발표한다. 내용을 리스트로 정리한다. 그 내용에는 연료의 가격, 사용의 편리성, 현재 또는 미래의 사용가능성, 안전성, 오염, 운반의 편리성, 에너지 효율성 등이 포함되어 있을 것이다. 이 실험은 각 연료에 의해서 방출되는 에너지에 초점을 맞춘 것이다. 반면에 다음 실험에서는 연소 시 발생하는 각 연료의 부산물에 대해서 다룬다.

4. 등유와 에탄올 연소 시 발생하는 에너지의 양 측정

안전을 위한 주의사항 : 일반적으로 화학 물질을 다룰 때와 마찬가지로 조심스럽게 실험에 임한다. 보안경을 착용하고 실험실 및 실험 장소에서는 음식을 섭취할 수 없다. 버너를 끄는 방법을 숙지하고 있어야 하며 화재 발생 시 불을 끌 수 있도록 소화기의 위치 등도 미리 확인하게 한다. 실험실에서는 가급적 두꺼운 옷을 착용하지 말아야 하며 긴 머리는 짧게 묶고 실험 후 실험실을 떠날 때에는 손을 깨끗하게 닦는다.



학생용 실험보고서의 두 번째 실험을 시작하기에 앞서 안전을 위한 주의사항을 전달하고 주지시킨다. 필요 시 버너를 끄는 방법, 소화기를 사용하는 방법에 대해 시범을 보인다. 버너의 심지 길이를 조절하며 너무 길지 않도록 한다. 심지 뚜껑을 덮었을 때 심지가 닿지 않을 정도의 길이면 적당하다. 우측의 그림과 같이 강통을 버너 위에 대도록 한다.

전체 조의 절반은 등유가 든 버너로 실험하며, 나머지 절반은 에탄올이 든 버너로 실험한다. 조별로 실험이 끝나면 실험결과를 서로 공유하든가 다른 종류의 버너를 가진 다른 조와 버너를 교환하여 두 번째 실험을 할 수 있다.

조별로 가지고 있는 연료에 대해서 세 번 실험한다. 각 실험은 약 5분간 진행된다. 매번 실험이 끝나면 캔 안에 든 따뜻한 물을 비우고 캔을 식힌 후 다음 실험에 사용할 실온의 물을 강통에 부었을 때 보다 정확한 결과를 얻을 수 있다는 것을 강조한다. 등유가 든 버너에서는 연소과정에서 탄소 침전물이 발생하며 강통 바닥에 그을음이 생긴다. 강통이 충분히 많다면 매 실험마다 다른 강통을 사용하는 것이 좋다. 왜 그렇게 하는 것이 좋은지 학생들과 토론한다. 그 이유는 그을음은 환경적으로 나쁜 영향을 미칠 뿐만 아니라 다른 실험결과에 영향을 미칠 수 있는 변수를 만들어내기 때문이다. 이 점을 이용해 실험에서 변수 통제의 중요성에 대해 다시 강조한다.

조별로 실험을 계속하게 하고 학생들의 실험과정을 감독한다. 실험이 끝난 조는 Part B 실험의 결과를

분석하게 한다.

5. 연소 실험의 결과 토론

필요하다면 Part B 실험의 첫 번째 및 두 번째 단계로 돌아가 데이터를 분석한다. 이 단계에서 학생들은 세 번의 실험에서 발생한 질량과 온도의 변화를 계산하게 된다. 그리고 평균을 계산하게 한다. 다음은 샘플 실험 결과이다.

샘플 실험 결과 : 에탄올의 연소

		실험1	실험2	실험3	평균
mi	버너 및 연료의 연소 전 질량(g)	165.22	164.22	163.11	
mf	버너 및 연료의 연소 후 질량(g)	164.22	163.11	162.22	
mfuel	연소된 연료의 질량(g) (mfuel = mi -mf)	1.00	1.11	0.89	1.00
Ti	물의 처음 온도(°C)	23.9	23.7	23.0	
Tf	물의 나중 온도(°C)	56.3	56.5	56.2	
ΔT	물의 온도 변화(°C) ΔT = Tf -- Ti	32.4	32.8	33.2	32.8

샘플 실험 결과 : 등유의 연소

		실험1	실험2	실험3	평균
mi	버너 및 연료의 연소 전 질량(g)	166.90	166.01	165.23	
mf	버너 및 연료의 연소 후 질량(g)	166.01	165.23	164.35	
mfuel	연소된 연료의 질량(g) (mfuel = mi -mf)	0.89	0.78	0.88	0.85
Ti	물의 처음 온도(°C)	24.0	23.5	23.7	
Tf	물의 나중 온도(°C)	74.0	70.6	72.1	
ΔT	물의 온도 변화(°C) ΔT = Tf -- Ti	50.0	47.1	48.4	48.5

다음으로 학생들은 데이터 분석의 세 번째 단계를 계속한다. 이 단계에서 학생들은 표 3에 필요한 에너지를 계산하는데 도움이 필요할 수도 있다.

에너지 계산

연료를 태워 방출되는 에너지는 캔 속에 담겨진 물이 데워지면서 물에 흡수되는 에너지의 양과 동일하다는 것을 설명한다.

$$E = m \times \Delta T \times C_p$$

위 식에서 m은 물의 질량(g), ΔT는 온도의 변화(°C), Cp는 물의 특정 열량이다.

샘플 표 3 : 두 연료의 비교

	등유	에탄올
물이 흡수한 평균 에너지 (cal) E = 물의 질량×물의 온도 변화×물의 특정 열량	4,850	3,280
연소된 연료의 평균 질량 (g)	0.85	1.00
연료의 평균 에너지 함유량 (cal/g)	5,706	3,280

학생들이 준비되면 투명 필름 1 "Class Data: Energy Results for Ethanol and Kerosene"을 이용해 실험결과를 취합한다. 필요하다면 학생들에게 에탄올(0.78g/mL) 및 등유(0.82g/mL)의 평균 밀도를 알려주고 cal/mL를 계산하게 한다.

학생들이 실험 2의 분석을 위한 질문에 답하고 실험 3을 시작하기 전 실험 내용을 다시 복습하게 한다.

실험 3

6. 연소 반응 및 화석연료 연소에 의해 발생하는 오염에 대한 소개

연소는 연료와 같은 물질이 산소와의 반응을 통해 이산화탄소, 물, 그리고 열과 빛의 형태를 띤 에너지를 만들어내는 화학반응으로 정의할 수 있다. 투명 필름 2 "Combustion Equations"를 화면에 띄운다. 투명 필름 2에 있는 방정식 1 및 2는 순수한 에탄올과 순수한 등유의 완전 연소를 나타낸다. 이상적으로는 이 실험의 부산물은 이산화탄소와 물 뿐이다.

7. 등유와 에탄올 연소에 의한 대기 오염 물질 확인

안전을 위한 주의사항 : 일반적으로 화학 물질을 다룰 때와 마찬가지로 조심스럽게 실험에 임한다. 보안경을 착용하고 실험실 및 실험 장소에서는 음식을 섭취할 수 없다. 버너를 끄는 방법을 숙지하고 있어야 하며 화재 발생 시 불을 끌 수 있도록 소화기의 위치 등도 미리 확인하게 한다. 실험실에서는 가급적 두꺼운 옷을 착용하지 말아야 하며 긴 머리는 짧게 묶고 실험 후 실험실을 떠날 때에는 손을 깨끗하게 닦는다.

학생용 실험보고서의 세 번째 실험을 시작하기에 앞서 안전을 위한 주의사항을 전달하고 주시시킨다. 필요 시 버너를 끄는 방법, 소화기를 사용하는 방법에 대해 시범을 보인다. 버너의 심지 길이를 조절하며 너무 길지 않도록 한다.

전체 조의 절반은 등유가 든 버너로 실험하며, 나머지 절반은 에탄올이 든 버너로 실험한다. 조별로 실험이 끝나면 다른 종류의 버너를 가진 다른 조와 버너를 교환하여 두 번째 실험을 하도록 한다. 조별로 브롬티몰 블루 용액을 만들 때 처음에는 파란색이다. 때때로 수돗물은 약간 산성이기 때문에 브롬티몰 블루 용액을 녹색이나 노란색으로 만든다. 이 경우 용액이 파란색이 될 때까지 수산화나트륨을 넣는다.

이제 학생들은 세 번째 실험의 '분석을 위한 질문'에 답한다.

8. 연소로 발생하는 대기 오염 물질 비교

세 번째 실험의 '분석을 위한 질문'에 대한 답을 발표하게 한다.

대기오염 물질에는 두 가지 종류가 있다. 미립자(고체 분자)와 기체가 그것이다. 학생들은 두 가지 연료 모두 비슷한 양의 이산화탄소를 배출하지만 발생하는 그을음의 양은 다르다는 것을 알고 있을 것이다. 투명 필름 3 "Hydrocarbon Combustion"을 이용해 탄화수소의 연소에 의해서 발생하는 다른 물질들을 설명한다. 완전 연소와 관련된 화학식에도 나타나있듯이 이산화탄소와 함께 모든 탄소가 배출된다. 그러나 일반적인 실제 상황에서는 연료 혼합물 및 산소는 순수하지 않다. 그리고 대부분의 경우에는 완전 연소에 필요한 산소의 양이 충분하지 않으며 탄화수소 및 탄화물 혼합물의 불완전연소는 두 번째 방식에서 보는 바와 같이 탄소(그을음)와 같은 다른 부산물을 배출한다. 대기 중의 대부분의 오염물은 바로 이 탄소 그을음이며, 이 실험에서는 에탄올 보다는 등유에서 더 많이 발생한다.

매우 높은 농도가 아닌 이상 이산화탄소는 인간에게 유독성은 아니지만 지구온난화에는 영향을 미친다. 투명 필름 3의 세 번째 화학식에서 보는 것처럼 이산화탄소는 물에 용해되어 탄산을 만든다. 이것이 에탄올과 등유의 연소 과정에서 생성되는 이산화탄소와 옥수수 시럽 및 설탕의 발효과정에서 발생하는 공기의 색깔 변화 때문에 탄산의 존재 유무를 확인하는 브롬티몰 블루 용액의 기초 원리로 사용된다. 0.05M 수산화나트륨을 이용한 적정실험의 결과를 공유하게 한다. 각 조의 실험결과를 취합하고 에탄올 불꽃 및 등유 불꽃의 학급 평균을 계산한다. 두 가지 연료에 대해 평균 수산화나트륨 13방울을 떨어뜨렸을 것으로 예상된다.

실험 1 : 파트 B

9. 발효로부터 생성된 에탄올의 종류 및 성분 분석

주의 : 이 실험은 실험 1 : 파트 A가 끝나고 최소한 5일 후에 이루어져야 한다. 안전수칙에 대하여 다시 한 번 강조한다.

종류 실험

1. 라벨이 달린 빈 50mL 비커의 질량을 측정하고 기록한다.
2. 핫플레이트에 중간 정도의 열을 가한다.
3. 78°C에 이를 때까지 온도를 관찰하다가, 그 온도에 이르면 액체가 비커로 떨어질 것이다. 열의 양을 유지해 플라스크의 내용물이 천천히 끓게 한다.
4. 온도가 95°C에 이를 때까지 비커에서 만들어지는 액체를 수집하고 핫플레이트를 끈다.
5. 플라스크에 남아 있는 증류찌꺼기와 증류액을 묘사하게 실험결과를 데이터 테이블에 기록하게 한다. 표준 실험에서는 설탕과 설탕 시럽의 발효 및 증류에 의해서 30mL의 설탕을 발효시켜 7mL의 증류액이 만들어졌다.
6. 비커와 증류액의 무게를 측정하고 그 결과를 기록하게 한다.
7. 각 증류액의 부피를 측정하고 그 결과를 기록하게 한다.

8. 시계침시에 10~15 방울 정도를 떨어뜨리고 불이 붙은 성상을 갖다대어 증류액의 가연성을 실험한다. 최소한 50% 에탄올이기 때문에 용액에는 불이 붙어야 한다.
9. 각 액체의 질량을 계산하게 한다. 학생들이 밀도를 측정할 줄 안다면 증류액의 밀도를 측정할 후 에탄올의 밀도와 비교하게 한다.
10. 에탄올을 버릴 때에는 배수구에 에탄올을 버린 후 물로 청소를 해야 한다.

10. 옥수수와 설탕의 발효 및 증류 실험 결과 토론

이 실험은 실험 1 : 파트 A가 끝나고 최소한 5일 후에 이루어져야 한다. 안전수칙에 대하여 다시 한 번 강조한다.

11. 발효로부터 생성된 에탄올의 종류 및 성분 분석 (윤생)

학생들에게 에탄올에 대해 개인적으로 조사하게 한다. 특별히 에탄올의 사용과 생산 및 환경적 영향에 대한 긍정적인 면과 부정적인 면에 초점을 맞추게 한다. 학생들은 다음과 같은 사항을 확인하게 될 것이다.

에탄올의 장점

- 탄화수소 및 일산화탄소의 배출량을 줄인다.
- 에탄올이 생산되는 방식에 따라 다르지만, 일반적인 이산화탄소의 배출량을 줄인다. 식물에서 에탄올을 추출하는데 화석연료가 사용된다.
- 에탄올로부터는 이산화황(SO₂) 및 다른 산화황이 생성되지 않는다. 산화질소는 만들어지지만 배출량은 줄어든다.
- 에탄올은 재생 가능한 식물로부터 만들어지지만, 가솔린은 재생이 가능하지 않은 화석연료로부터 만들어진다.

에탄올의 단점

- 에탄올은 가솔린에 비해 연비가 낮다.
- 천식을 유발할 수 있는 오존발생량이 상대적으로 많이 나온다.
- 에탄올을 연료로 사용하는 차는 겨울철에 시동을 걸기가 더 어렵다.
- 옥수수나 사탕수수와 같은 작물을 대량으로 경작함에 따라 비료나 살충제를 더 많이 사용하게 되고, 따라서 토양이 더 황폐해지게 된다. 뿐만 아니라 이 작물을 식용으로 재배했을 경우의 효용성과의 비교가 논란이 될 수 있다.

'실험을 위한 질문'에 대한 답안

실험 1

1. 옥수수와 사탕수수 중 어느 것이 에탄올을 더 많이 만들어낼까? 자신의 답변을 입증할 수 있는 증거를 제시하라.
학생들은 옥수수와 사탕수수가 만들어내는 에탄올의 양이 비슷하다는 것을 알게 될 것이다. 그 증거로는 플라스크에서 생겨나는 공기방울과 비커 내 용액의 색깔 변화의 양으로부터 추론할 수 있는 이산화탄소의 양이 비슷하다는 것이다. 용액 내에 이산화탄소가 계속해서 공기방울을 만들어내면서 브롬티몰 블루 용액은 파란색에서 연녹색을 띠었다. 따라서 색깔의 변화가 빨리 일어날수록 더 많은 양의 이산화탄소가

생겨난 것이며 에탄올의 생성 속도도 더 빨랐다.

- 옥수수과 설탕에서 나온 증류수의 양은 어떻게 다른가?
그 양은 비슷할 것이다. 어느 연료가 더 많은 양의 에탄올을 만들어낼 것인지에 대한 자신들의 예측결과를 확인하게 한다. 이론적으로 포도당을 이용할 때보다 자당을 이용하면 두 배 더 많은 에탄올을 만들어내지만 두 가지 음식물 모두는 자당과 포도당이 섞여 있기 때문에 실질적으로 학생들의 실험에서는 실험결과가 일치하지 않았다는 것을 설명한다.
- 옥수수과 설탕에서 나온 증류수의 양이 같거나 다른 이유는 무엇인가?
두 종류의 당은 비슷한 양의 당을 포함하고 있기 때문에 비슷한 양의 증류수를 만들어낸다.
- 실험결과를 바탕으로 옥수수과 설탕 중 에탄올 생산에 더 적합한 재료는 무엇인가?
학생들의 답은 다양할 것이다. 그러나 발효 전 어떤 과정을 거쳐야 하는지, 발효의 속도와 과정은 어떤지, 원재료의 가격은 어떻게 다른지 등의 요소를 감안해야 할 것이다. 자신의 답을 설명하기 위해 실험결과 자료나 다른 자료를 이용할 것을 권장한다.
- 에탄올 증류 공장을 만들기 전에 발표시킬 재료 이외에 어떤 내용을 확인해야 하는가?
해당 작물을 재배하고 가공하는데 드는 비용, 재배장소에 대한 정보 등이 필요하다. 또한 작물로부터 에탄올을 생산하는데 드는 비용이나 생산된 에탄올의 순도 등을 고려해야 한다. 옥수수와 설탕을 에탄올로 만드는데 필요한 모든 에너지를 고려하도록 한다.

실험 2

- 실험 결과는 다양한 오류에 의해 영향을 받을 수 있다. 이 실험에서 실험 결과에 영향을 미칠 수 있는 잠재적인 요소에는 어떤 것들이 있는지 나열하라.
실험결과에 영향을 미칠 수 있는 요인으로는 실험장소의 바람의 흐름, 심지와 깡통 바닥간의 거리, 열의 손실, 온도계를 잘 읽지 못하는 것 등이다. 이런 오류를 최소화할 수 있는 방안을 토론하는 것도 의미 있다. 다음은 몇 가지 방안이다.
 - 온도계를 읽는 방법을 숙지하고 및 연습한다. 온도계를 깡통 바닥에 두지 않는다.
 - 깡통에 붙는 물의 온도는 실온 보다는 낮아야 하며 온도 또한 일정해야 한다. 실험의 절반 동안에는 실온 보다 낮다가 나중 절반 동안에는 실온 보다 높게 한다.
 - 불꽃과 깡통 주위가 주변으로부터 온도의 영향을 덜 받도록 한다.
 - 매 실험마다 심지와 깡통의 거리가 일정해야 한다.
 - 깡통 속의 물 평균 온도가 정확한 값이 나올 수 있도록 실험 내내 잘 저어준다.
 - 불꽃이 꺼질 때가 아니라, 온도계의 온도가 더 이상 상승하지 않을 때 온도를 측정하고 기록한다.
- 가솔린은 화학적으로 등유와 매우 흡사하다. 이 실험결과를 감안할 때 순수한 가솔린 보다 에탄올이 함유된 연료를 차량용으로 구매하는 것을 어떻게 생각하는가?
등유는 에탄올 보다 질량 (또는 부피) 당 훨씬 더 많은 에너지를 생산한다. 따라서 등유와 비슷한 순수 가솔린을 사용한 차량은 순수한 에탄올을 사용한 차량 보다 연비가 더 나올 것이다. 따라서 가솔린에

많은 양의 에탄올이 들어가면 연비가 떨어질 것이다. 어떤 학생은 에탄올은 대기 오염을 덜 시키며, 환경적인 면도 중요하다고 말할 것이다. 이 문제는 실험 3에서 보다 깊이 다루어질 것이다.

- 이 실험에 사용된 연료 중 하나를 차량용 연료로 선택한다면 어떤 다른 정보가 필요할까?
학생들은 에너지 효율성(연비), 연료의 재생 능력, 연료의 가용성, 생산 비용, 연소 시 발생하는 오염물질, 환경적 영향, 안전성에 대해서 언급할 것이다.

실험 3

- 두 연료의 연소로 발생하는 부산물이 존재한다는 것은 무엇으로 입증할 수 있는가?
일반적으로는 등유의 연소와 관련된 냄새, 검은 연기와 그을음 브롬티몰 블루 용액의 색깔 변화 (파란색 → 연녹색)
- 어떤 연료가 연소될 때 공해를 더 적게 만들어낼까? 왜 그렇게 생각하는가?
불꽃과 알루미늄 호일을 관찰하면 에탄올이 더 적은 분진을 만들어내는 것처럼 보인다. 그러나 브롬티몰 블루 용액을 이용한 실험에서는 용액 내에 산을 만들어내는 기체를 생성한다. 에탄올 연소로부터 발생하는 이 기체의 양은 등유의 연소 때 발생하는 기체의 양과 거의 비슷한 것으로 보인다.
- 어떤 연료가 연소될 때 공해를 더 적게 만든다고 확실하게 말할 수 있으려면 어떤 정보가 더 필요할까?
최소한 학생들은 두 연소에 의해서 생성되는 화학적 부산물과 기체의 농도에 대해서 더 알고 싶어해야 한다. 또한 대기로 들어간 그 기체들이 어떻게 되는지도 알고 싶어해야 한다. (즉, 어디로 가며, 어떤 반응을 일으키며, 그 결과는 어떻게 되는지 등)

이 실험서는 (주)한국과학에 의해 작성되었으며 저작권법에 의해 보호를 받습니다. 무단복제를 금하며, 무단 복제 및 배포 시 저작권법에 의해 처벌 받을 수 있습니다.