

츄잉 캔디 탐구를 통한 과학지식 생성 학습 프로그램의 고안**

박상희 · 김윤영 · 박현숙 · 한한결 · 권용주*

한국교원대학교

Design of the Learning Program for Generating Science Knowledge through Chewing Candy Inquiry**

Sang-Hee Park · Youn-Young Kim · Hyun-Suk Park · Han-Kyul Han · Yong-Ju Kwon*

Korea National University of Education

<ABSTRACT>

The purpose of this study is to design a teaching and learning program for generating science knowledge through chewing candy inquiry. The inquiry was performed by crispy coated chewing candies easily obtained in daily life as materials for this experiment. Students observed the phenomenon that water-soluble dye was dissolved and spread when chewing candies were put into the water. Effective process of generating scientific knowledge gets through to students about observation, generating questions, hypothesis generation, experimental design, hypothesis evaluation in sequence. In this process, teachers must allow students to perform experiment with enough time in comfortable atmosphere with a positive attitude. Scientific knowledge is actively generated through active discussion and self-devised extra experiments by students at each step. This program improve student's Inquiry ability and scientific thinking in general science class in primary and secondary education. Also, It can be used for gifted or underachiever class in various ways.

Key words: Science knowledge generation, Chewing candy inquiry, Observation, question generation, Hypothesis generation, Experimental design, Hypothesis evaluation

* 교신저자 : 권용주, kwonyju@gmail.com

** Received 15 May 2013; Accepted 05 June 2013; Published 30 June 2013

2013. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

I. 서 론

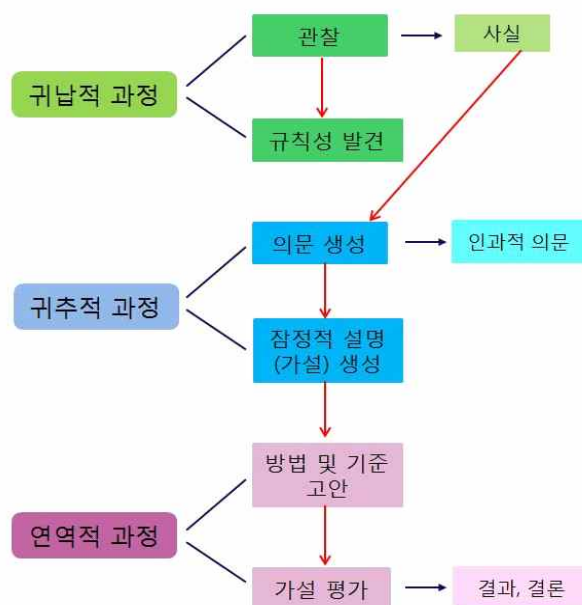
21세기 지식·정보사회에서는 지식의 ‘전달’과 ‘수용’보다는 새로운 지식의 ‘생성’과 ‘응용’에 최고의 가치를 부여하고 있다(Huh et al., 2001; Lee, 2006). 이에 학생들에게 기존 정보를 바탕으로 새로운 지식을 생성할 수 있도록 가르치는 학교 교육은 필수적이다(Huh et al., 2001; Lee, 2006)

과학이란, 자연현상에 대해 관련 지식을 생성하는 활동으로 볼 수 있으며, 우리가 경험하는 대상이나 현상에 대해 어떤 의문을 제기하고 그에 따른 답을 찾아내는 활동 모두를 포함한다(Kwon et al., 2003b; Lawson, 1995). 육색사고모 기법의 창시자이자 창의력 교육의 대가인 Edward de Bono 또한 그의 저서 「오늘날의 기술(Technology today)」에서 과학은 ‘지식을 생성하는 것’으로 정의한 바 있다. 지속적인 가치 창출과 경쟁력의 우위를 선점하기 위해 ‘과학’과 ‘과학교육’의 중요성이 나날이 강조되며, 세계 각국은 효과적인 과학교육 정책의 수립과 추진을 위해 끊임없이 노력하고 있다.

과학지식의 생성이란, 제기된 과학 문제 현상을 설명하기 위해 필요한 모든 과학지식을 고안하는 것을 의미하며(Kwon et al., 2003b; Klahr & Dunbar, 1988; Lawson, 2000), 여기에는 자연현상의 관찰, 관찰된 자연현상에서 발상된 의문, 과학적 가설의 창안, 가설 평가를 위한 실험 설계 방법, 과학적 가설의 평가, 결론의 과학적 적용 등의 과정에서 모든 형태의 지식을 고안하는 것이 포함된다. 즉, 과학적 지식을 생성한다는 것은 과학의 탐구에서 관찰을 통해 획득된 사실 지식을 절차적 지식인 과학적 추론 등과 상호 작용시켜 법칙, 가설, 이론 등과 같이 보다 설명의 범위가 넓은 새로운 선언적 지식을 산출하는 것을 의미한다(Yang et al., 2011).

권용주 등(2003)에 의하면 과학적 지식의 생성 과정은 그 추론 방식에 따라 크게 귀납적 과정, 귀추적 과정, 연역적 과정 등으로 나눌 수 있다. 귀납적 과정은 사실의 관찰에서 시작하여 규칙성을 발견하는 과정이며, 귀추적 과정은 귀납적 과정에서 생성된 기술적 지식(관찰 사실)들에서 인과적 의문이 생성되고 이에 대한 잠정적인 답인 가설을 생성하는 과정이다. 마지막으로 연역적 과정은 생성된 가설을

전제로 연역적 추론을 통해 검증 방법과 평가 기준을 예상하고 실제 실험을 통해 그 예상을 확인함으로써 가설을 평가하는 것이다. 전반적인 과학지식 생성 프로그램 모델의 과정 및 흐름은 다음과 같다(Fig. 1).



<Fig. 1> The process of scientific knowledge generation

과학 활동을 통해 진정한 의미의 지식생성이 일어나기 위해서는 구성주의적 관점에서 학습자 스스로 의미 있는 과학적 지식을 생산할 수 있도록 해야 하며, 자연 현상에 대하여 다양한 의문을 가지고 학생 스스로 탐구 문제를 발상하고 설정하여 탐구 활동을 수행하도록 하는 것과 동시에 창의적, 비판적 사고와 능동적 참여를 촉진할 수 있도록 해야 한다(Lee et al., 2005). 또한 복합적인 데이터 수집과 복잡한 추론을 통한 탐색, 의미 구성 등 심층적 접근을 할 수 있도록 유연한 사고 등이 길러질 수 있도록 교수-학습 프로그램이 구성되어야 한다(Yang et al., 2011).

하지만 기존의 교과서 상에 제시되고 있는 실험들은 너무나 요리책 식으로 단순화되어 있으며, 실험을 통해 관련 내용을 단편적이고 지시적으로 확인하는 단계에서 벗어나지 못해 학생들에게 의미 있는 과학지식의 생성과 탐구를 제공하지 못하고 있다(Yoon & Park, 2000). 지식 생성을 위해서는 학생들이 충분히 조작하고 사고할 수 있는 시간이 필요하며 이를 통해 창

의적인 아이디어의 발산이 일어날 수 있도록 안내되어야 함에도 불구하고, 실제 수업 현장에서는 시간의 제약과 실험 준비의 번거로움, 안전사고 위험 등의 현실적인 문제들로 진정한 의미의 지식 생성이 일어나지 못하고 있다. 그러므로 과학교육학자나 교사들은 학생들에게 다양한 실험 재료와 방법을 이용하여 보다 실제적인 실험이 이루어지도록 생활 주변에서 쉽게 접할 수 있는 소재, 흥미 있고 다양한 실험 소재를 탐색, 개발하기 위해 최선을 다해야 한다. 또한 간단한 구성으로 모든 학생이 쉽게 실험을 할 수 있도록 재료와 도구들을 키트화 시킬 필요도 있다.

이에 본 연구에서는 효과적인 과학지식생성이 일어날 수 있는 프로그램으로서 '츄잉 캔디(crispy sugar coated chewing candy)'를 이용한 실험과 과학지식 생성 프로그램'을 소개하고자 한다. 이를 통해 교사들은 간단한 실험을 통해서도 탐구가 진행되며 효과적으로 과학지식 생성이 일어나는 과정을 살펴볼 수 있다. 또한 각 단계별로 생성된 지식의 예에 대한 탐색도 가능하다. 본 연구에서는 자신의 수업에서도 '과학지식의 생성'이 일어나기를 바라는 뜻 있는 교사들을 위해 쉽게 접근하고 따라할 수 있도록 안내하고자 하였으며, 이에 각 단계별로 학생들의 창의적이고 유연한 사고를 이끌어 내기 위한 안내 사항이나 발문, 학생들이 스스로 설계할 수 있는 다양한 실험들에 대한 정보를 자세히 제시하였다.

II. 탐구 실험의 재료 및 절차

1. 실험 도구 및 재료

1) 기본실험 도구 및 재료

이 실험에는 기본적으로 츄잉 캔디, 초시계, 페트리접시, 물, 비커 등의 실험 도구와 재료가 필요하다.

츄잉 캔디(Fig. 2)는 빨강, 주황, 노랑, 연두, 보라 등 알록달록한 색깔을 가지고 있으며, 물에 넣으면 표면에 바삭하게 코팅되어 있던 설탕 성분과 색소들이 함께 녹으면서 재미있고 신기한 과학 현상을 별다른 관찰 도구를 이용하지 않고도 육안으로 관찰할 수 있다.



<Fig. 2> Variety colored chewing candy as a material for this program

2) 추가실험 도구 및 재료

본 연구자들은 껌볼 탐구를 수행하면서 위에 제시된 준비물 외에도 여과지, 가위, 자, 파이프, 파이프용 팁, 전자 저울 등을 추가적으로 사용하였다.

기본 실험 준비물 외에도 학생들이 생성한 의문과 가설, 실험 설계의 종류와 방법에 따라 추가 준비물이 필요하다.

3) 본 프로그램의 장점

본 과학지식 생성 프로그램에서 사용되는 츄잉 캔디(스키틀즈)는 교사와 학생들이 생활 속에서 쉽게 접할 수 있는 소재이며, 마트나 편의점 등에서 간편하게 구입할 수 있다. 그러므로 실험 준비와 과정이 간단하면서도 효과적으로 지식 생성을 일으킬 수 있다는 장점이 있고, 특별히 화기나 화학 약품 등을 실험에 사용할 필요가 없어 안전하다.

또한 어린 시절 츄잉 캔디를 먹어본 경험은 누구에게나 있으므로 실험 소재 자체가 친숙하고 흥미로울 뿐 아니라, 시각, 미각, 촉각, 후각적인 경험에 의한 사전 지식과 관찰 사실을 이미 가지고 있다는 점도 과학지식 생성을 위한 학습 소재로써 적합하다.

일상생활 속에서 무의식적으로 접하는 여러 물건이나 물체들을 이용하여 그 안에 내재되어 있는 과학적 현상을 탐구하는 활동은 과학적 지식의 생성과 이해, 탐구는 물론이고 과학이 우리 생활을 윤택하게 해 준다는 점을 깨닫게 하므로(Park et al., 2011), 츄잉 캔디를 이용한 과학지식 생성 프로그램은 교육 현장에서 유용하게 활용될 수 있다.

4) 지도 시 유의사항

먼저, 시중에 파는 츄잉 캔디의 종류에 따라 코팅제와 색소의 종류 및 양이 다르기 때문에 물에 넣었을 때 색소가 잘 용해되지 않거나 확산이 활발하게 일어나지 않는 경우, 색소의 양이 적어 확산을 눈으로 명확하게 확인할 수 없는 경우 등이 있었다. 그러므로 사전에 교사가 예비 실험을 직접 해 보고 실험에 적합한 츄잉 캔디를 준비하도록 해야 한다.

또한 학생들이 생성한 의문과 실험설계에 따라 필요한 준비물이 추가로 발생하기도 한다. 준비물들이 다양하게 준비되어 있는 과학실과 같은 환경에서는 학생들이 원하는 실험 재료들을 자유롭게 제공하여 줌으로써 원활한 탐구와 지식 생성을 도울 수 있다.

한편, 추가로 준비물이 필요하나 이를 제공할 수 있는 여건이 여의치 않다면 주변에서 구할 수 있는 도구나 재료로 대체하게 하거나, 대체할 수 있는 도구나 재료들을 이용하여 또 다른 과학적 아이디어를 생성하게 할 수도 있다. 또는 학생들에게 수업이나 탐구 방법의 일부를 전 시간에 제시한 다음, 각자 실험 계획을 세우고 필요한 재료들을 직접 준비해 올 수 있도록 하는 것도 가능하다.

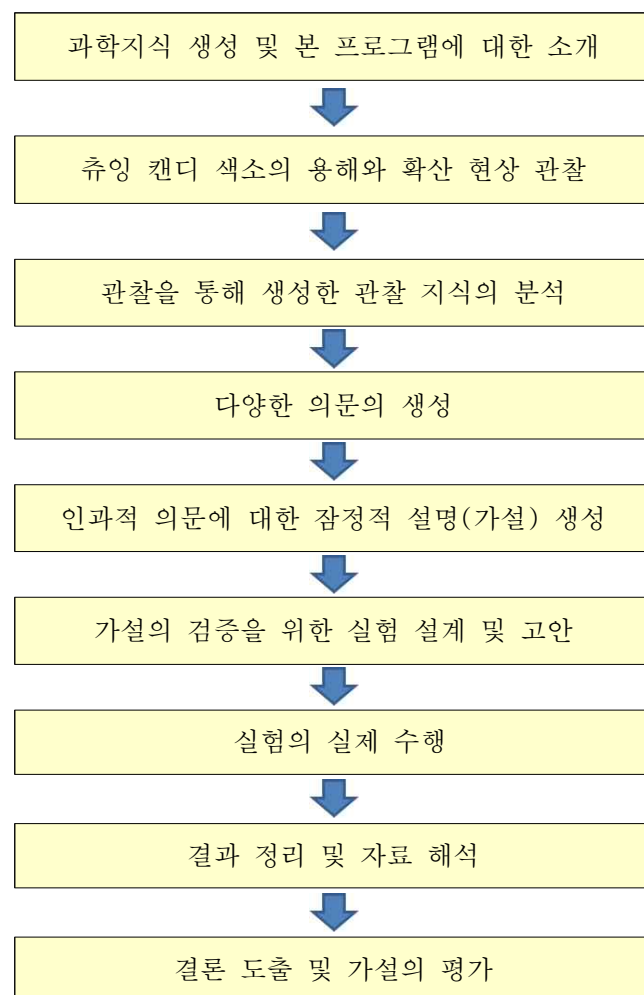
2. 츄잉 캔디 탐구 프로그램의 절차

과학지식 생성을 위한 츄잉 캔디 탐구 프로그램은 다음과 같은 과학지식 생성 절차에 따라 실행되었다 (Fig. 3).

교사는 학습자들에게 가장 먼저 과학지식 생성의 의의와 프로그램에 대하여 간단히 소개하며, 탐구의 대상인 ‘츄잉 캔디’의 특징을 함께 언급한다. 다음으로 츄잉 캔디를 물이 담긴 페트리접시에 놓고 색소의 용해와 확산, 그리고 두 가지 색 이상의 색소가 서로 막을 이루는 현상을 관찰하도록 안내한다. 개인별로 관찰을 통해 얻게 된 관찰 지식이나 사실들을 모두 열거하게 한 다음, 자신 또는 그룹원이 생성한 관찰 지식에 대하여 토의를 통해 분석하게 한다.

색소의 용해 및 확산 현상을 관찰하며 얻게 된 다양한 의문들 또한 자유로운 분위기에서 모두 열거하게 하며, 생성한 의문에 대한 분석을 통해 ‘관찰한 어떤 현상의 원인에 대한 의문’이라 정의할 수 있는 ‘인과적 의문’을 찾아내도록 한다. 이렇게 찾아

낸 인과적 의문에 대해서 학습자는 자신이 기존에 가지고 있던 지식과 경험을 동원하여 잠정적으로 내릴 수 있는 설명, 즉 ‘가설’을 생성하게 된다.



<Fig. 3> The process of chewing candy inquiry program

가설의 생성이 이루어지고 난 뒤에는 자신의 가설에 대한 검증 절차와 방법을 생각하여 실험을 설계하도록 하며, 실험을 설계할 때에는 실험을 수행한 뒤 도출된 결과를 통해 처음에 생성한 가설의 진위 여부를 판단할 수 있도록 평가 기준 또한 함께 고안하도록 한다. 이 때, 변인에 대한 완벽한 통제가 예상보다 까다로우므로 철저히 계획할 수 있도록 교사의 지도 및 조언이 필요하다. 실험의 고안 및 설계가 완성되면 실험을 직접 수행하면서 도출되는 데이터나 결과 등을 상세히 기록시키고, 기록

을 마친 뒤에는 자료에 대한 분석 및 해석을 통해 종합적인 결론을 내릴 수 있도록 한다.

관찰에서 가설의 평가까지 위에서 제시한 과정과 절차를 따라 각 단계에서 이루어져야 하는 탐구 활동에 충실히 참여하게 되면 프로그램의 마지막에는 학습자 스스로의 탐구를 통해 생성한 과학지식을 얻게 된다.

III. 과학지식 생성 탐구의 과정

학습자들은 츄잉 캔디 탐구 프로그램을 탐구하는 과정에서 다양한 과학지식을 생성한다. 지금부터는 과학지식이 생성되는 각 과정과 단계에 대해 실제적인 예와 지도 방법을 실제 사례를 바탕으로 분석하여 제시하고자 한다.

1. 관찰의 과정과 생성된 지식

1) 관찰이란?

과학적 관찰은 오감을 통해 사물이나 현상에 대한 모든 정보를 수집하는 활동이다(Kwon et al., 2003a). 관찰은 ‘단순한 시각적 인식’이상의 의미를 내포하고 있으며, 시각 이외에도 청각, 촉각, 후각 등의 감각을 폭넓게 이용할 수 있고, 정적인 상태와 동적인 변화의 관찰, 관찰의 정량화 등의 활동까지 모두 포함한다.

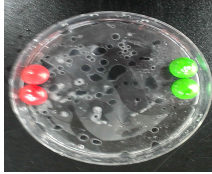
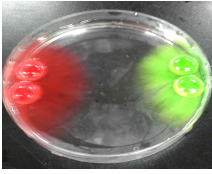
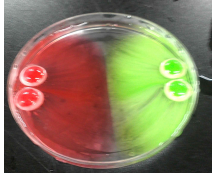
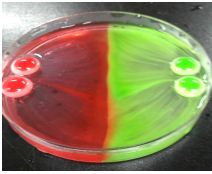
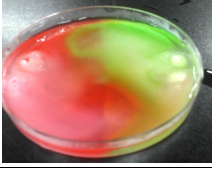
과학적 관찰은 귀납법에 의해 과학지식을 생성할 때 가장 선행되는 과정일 뿐 아니라, 자연 인식의 출발점이자 과학 학습의 시작점이라 할 수 있다(Bae et al., 2005). 관찰은 이론의존성을 가지고 있어 관찰자의 사전 지식, 경험, 기대감, 관점 등이 감각기관을 통해 얻어진 정보의 지각과 처리 과정에 영향을 주게 된다(Chalmers, 1982; Hanson, 1958; Haury, 2002).

2) 관찰 실험 방법

츄잉 캔디를 물이 담긴 페트리접시에 떨어뜨리고, 점차 변화를 지켜본다. 시간의 흐름에 따라 츄잉 캔디의 표면에 코팅되어 있던 색소가 녹아 나오면

서 <Table1>과 같은 변화가 일어나는 것을 관찰할 수 있다.

<Table. 1> Change and diffusion of chewing candy's crispy color coating over time

시간의 흐름에 따른 츄잉 캔디 색소의 변화	
	
1. 캔디를 물에 넣음	2. 색소의 용해 시작
	
3. 색소가 경계 형성	4. 경계가 뚜렷해짐
	
5. 경계 점차 무너짐	6. 색소가 서로 섞임

3) 생성된 관찰 지식

츄잉 캔디의 색소는 물에 닿으면서 용해가 시작되고, 용해된 색소는 확산된다. 확산은 방사상으로 퍼져나가기 시작하며, 서로 다른 색의 경우에는 어느 한 색소가 먼저 퍼져 나가는 현상이 관찰된다. 물에 녹아 서로 완전히 섞일 것이라 예상했던 색소들은 서로 만나면 더 퍼져나가지 못하고 경계를 이룬다. 이 경계는 쉽게 사라지지 않고 일정 시간 이상 지속되나 시간이 흐르면서 색소들의 경계는 점차 무너진다. 이 때 페트리접시의 측면을 관찰하면 한 가지 색소가 다른 색소 위로 점차 타고 올라가는 현상을 발견할 수 있다. 시간이 더 흐르면 경계가 사라지고 색소끼리 서로 완전히 섞이는 사실도 관찰할 수 있다.

4명의 학습자들이 위와 같은 실험을 추잉 캔디의 색깔이나 양, 물 위에 떨어뜨리는 위치 등을 달리하며 관찰한 결과, 25종 이상의 관찰 결과가 도출되었다. 관찰 결과들을 내용별로 정리해 보면 ‘추잉 캔디 표면과 색의 변화’ 5종, ‘추잉 캔디 자체의 변화’ 4종, ‘색소의 확산 형태’ 10종, ‘색소의 확산 속도’ 3종, ‘확산된 색소의 비중 차이’ 2종 등이었다.

주로 시각에 의존한 관찰이 대부분이었으나, 단순 관찰 뿐 아니라 페트리접시 속의 물의 온도를 다양하게 조절하고 초시계를 이용하여 속도를 재거나 여러 가지 색의 추잉 캔디를 여러 위치에 떨어뜨리고, 개수 등을 달리하며 다양한 방법을 이용한 조작 관찰이 동시에 이루어졌다.

또한 학생들은 관찰 사실에 대해 자유롭게 의견을 나누면서 개인이 찾아내지 못한 현상을 타인의 관찰 사실을 통해 이해하기도 하고, 추가 관찰을 진행하는 경우도 있었다. 뿐만 아니라, 색소가 섞이면서 나타나는 색소층의 순서와 차례에 대해 서로 관찰 사실이 엇갈리자 페트리접시의 주변부를 관찰할 것인지, 중심부를 관찰할 것인지에 대한 토의와 자발적인 합의가 도출하기도 하였다.

처음에는 추잉 캔디에서 색소가 녹아 확산되어 가는 현상만으로 1차시 분량의 수업이 과연 가능할까라고 생각하였으나, 실제로 모든 관찰 현상을 기록하고 이에 대한 의견을 나누며 추가 관찰을 진행하다보니 매우 다양한 관찰 결과를 얻을 수 있었으며, 놓치기 쉬운 세밀한 부분들까지 여러 가지 방법으로 관찰이 이루어졌다.

4) 지도 시 유의사항

학습자들은 자유롭게 관찰 재료를 탐색하고 관찰 활동을 할 여건과 시간을 부여받으면 교사의 지시나 간섭 없이도 일정한 패턴으로 관찰 방법과 수준이 변화한다(Park et al., 2005). 이는 학생들에게 충분한 시간과 관찰이 주어진다면 학생 스스로 귀납적 과학지식을 생성할 수 있음을 보여주는 것이다.

따라서 과학 수업과 탐구 프로그램을 진행할 때에는 허용된 분위기를 조성하고 반복적인 관찰할 수 있도록 충분한 시간과 기회를 주어야 한다. 또한 정해진 수업 시간이나 여건의 제약 등으로 인하여 충분한 관찰을 허용할 수 없다면 적시적소에 관찰

전략을 제공해야 하며, 다양한 관찰 재료를 주어 학습자들의 호기심과 관찰 동기 부여가 가능하도록 안내하는 것이 좋다. 그리고 관찰의 종류와 단계가 다양하므로 이에 대한 학습 훈련을 통해 점차 관찰의 수준을 심화시킬 수 있도록 할 필요성도 있다.

추잉 캔디를 이용한 탐구처럼 생활 속에서 쉽게 접할 수 있는 소재를 이용하여 어떠한 사고나 아이디어도 가로막지 않고 지속적인 관찰이 일어나도록 허용하면 매우 기본적인 부분은 물론이고, 세부적인 부분까지 놓치지 않고 관찰 지식을 생성할 수 있다.

2. 의문의 생성

1) 의문이란?

의문은 과학적 흥미와 호기심으로부터 오며 과학 지식을 생성하고자 하는 동기로 작용하고 새로운 탐구로의 시작을 열어주는 중요한 역할을 수행한다. 과학적 의문에 대한 일반적인 정의는 자연현상을 관찰하고 현재의 지식으로는 설명할 수 없는 불안정한 문제, 의심, 불확실성 등을 인식했을 때 그 부분에 대해 갖게 되는 궁금증이나 알고자 하는 것이다(Christenbury & Kelly, 1983; Lawson, 1995).

과학적 의문은 추측적, 인과적, 예측적, 방법적, 적용적 의문의 5가지 유형으로 분류된다. 특히, 과학 탐구와 지식 생성에서 중심적인 역할을 하는 추측적, 인과적, 예측적 의문에 대해 다음과 같이 정의할 수 있다. 인과적 의문은 관찰 사실을 근거로 어떠한 현상이 일어나게 된 원인에 대해 궁금증이 나타난 의문을 의미하고, 추측적 의문은 현재의 관찰 결과나 대상 자체의 명칭, 성분, 구조, 기능 등에 대한 의문을 가리킨다. 예측적 의문은 현재의 관찰 사실에 어떠한 변인이 달리 주어졌을 때 나타나게 될 현상이나 일련의 사건에 대한 궁금증이 나타난 의문이다.

2) 생성된 의문의 종류와 수

추잉 캔디의 색소에 대한 탐구를 하면서 중복되는 항목을 제외하고, 4명의 학습자에 의해 총 29개의 의문이 생성되었다. 유형별로 나눠보면 인과적 의문이 13개로 가장 많았으며 예측적 의문 6개, 추측적 의문 6개, 방법적 의문 3개, 적용적 의문이 1

개 생성되었고, 과학적 탐구에서는 주로 인과적 의문과 예측적, 추측적 의문 위주로 도출된다는 것을 확인할 수 있었다.

실제 생성된 의문으로는 ‘츄잉 캔디를 물에 넣는 순간 어떤 변화가 일어날까?’, ‘색소의 경계면에서 색깔별로 층을 이루는 현상은 색깔별로 어떻게 서로 다를까?’라는 예측적 질문과 ‘츄잉 캔디의 표면은 색을 내는 가루 형태의 색소와 단 맛을 내는 물질의 혼합물이 아닐까?’, ‘여러 가지 색소들의 극성이나 성질이 제마다 다른가?’ 등의 추측적 의문, ‘왜 다른 색의 츄잉 캔디를 녹이면 색소들이 경계를 형성하는 것일까?’, ‘색소가 녹으면서 햇살처럼 방사상으로 뻗어 나가는 이유는 무엇일까?’, ‘동시에 녹이기 시작했는데 퍼져 나가는 속도가 다른 이유는 무엇일까?’ 등의 인과적 의문이 있었다.

학습자들의 사고 과정을 분석해 보면 실험이나 관찰을 하기 전에 준비된 재료와 도구, 탐구 방법에 대해 알아보면서 단순한 궁금증이나 예상 등을 하게 된다. 실제 관찰을 통해 현상을 지켜본 다음에는 관찰을 통해 발견한 사실들에 대한 의문을 생성하기 시작하는데, 이는 학습자가 기존에 가지고 있던 자신의 경험이나 배경 지식과 매우 큰 관련이 있다.

학습자는 해당 현상이 진행되기 전에 자신의 경험과 유사점, 차이점 등을 고려하여 예상을 하게 되며, 자신의 예상과 눈앞의 현상이 일치하지 않는 경우, 인지 불균형을 느끼며 많은 의문을 생성하게 된다. 새롭게 인지한 부분에 대해 자신의 경험과 지식 내에서 나름대로 설명할 수 있는 비슷한 상황을 떠올려보고 설명 요소를 찾지만, 적절한 설명 요소를 찾지 못하면 새로운 상황이나 조작에 대한 의문이 계속하여 생성되며, 인과적, 추측적, 예측적, 방법적 의문 등이 혼합되어 나타난다. 탐구를 통해 생성된 인과적 의문은 자연스럽게 다음 과정에서 가설을 형성하므로 과학 학습에서 더욱 중요하게 여겨진다.

3) 지도 시 유의사항

학습자 스스로 의미 있는 과학적 지식을 생산하는 구성주의적 관점에서 학습자가 자연현상에 대해 의문을 품는 것은 과학적 탐구의 출발점으로서 그 의미가 크며, 과학 발전의 원동력이자 본질에 가깝다 할 수 있다. 학생들이 스스로 의문을 제기하고

자율적인 탐구 동기를 부여 받으며, 그에 대한 정보를 스스로 처리할 수 있어야 새로운 지식을 생성할 수 있는 능력이 길러지며, 과학적 사고력 또한 신장시킬 수 있다.

학생의 의문 현상은 선행 지식이나 본인 예상과의 차이나 모순, 또는 놀랍거나 호기심을 끄는 사건, 실제적인 필요에 의한 것, 우연한 관찰, 자신의 지식을 확장하기 위한 욕구 등에서 일어난다. 그러므로 이러한 현상을 교수 학습 과정에서 전략으로서 자주 제공하도록 하며, 학생들이 호기심을 가질 만한 다양한 소재들을 개발, 파악해야 한다.

실제 탐구 과정에서 색소가 서로 자연스럽게 섞일 것이라는 초기 예상과는 달리 다른 색의 츄잉 캔디 색소끼리 서로 완전히 섞이지 않고 경계를 이루는 현상을 보자 “왜 그럴까?”라는 첫 번째 의문이 유발되었으며 그로부터 시작된 의문들이 꼬리에 꼬리를 무는 형식으로 연속하여 도출되었다. 이처럼 확산적이고 생산적인 의문들은 호기심을 자극하고, 탐구의 동기를 부여하는 과학적 현상의 제시로부터 생성되므로 이를 과학 교수·학습 과정에서 의도적으로 활용해야 한다.

또한 교사들은 학습자들이 처음에 대상이나 현상에 대해 갖게 되는 탐색적 의문에서 더욱 수준을 높여 상황 분석과 파악을 통한 확인적 의문이 생성될 수 있도록 유도해야 할 것이다. 학습자들이 탐구 과정에서 갖게 되는 의문들을 자연스럽게 표현할 수 있도록 허용된 분위기를 조성하고, 이 표현을 교사가 유심히 듣고 확장된 부가 의문이 효과적으로 생성되도록 관련 변인이나 요소를 찾아 발문을 적시에 제공해야 한다.

마지막으로 자유로운 분위기 속에서 학습자 간의 상호작용과 의견 교환이 활발히 일어난다면 그들이 갖게 되는 의문의 다양성과 수준 또한 서로의 의문과 사고를 통해 증가, 발전하게 된다.

3. 가설의 생성

1) 가설이란?

가설이란, 관찰된 자연 현상들이 발생한 원인에 대한 잠정적인 설명으로 고안된 명제 또는 명제들의 집합을 의미한다(Barnhart, 1953). 가설은 과학지

식의 생성과 탐구에 있어 인과적 의문으로부터 과학적 설명으로의 진입 관문 역할을 한다는 점에서 매우 중요하다고 인식되어 왔다(Klahr & Dunbar, 1988; Lawson, 1995).

가설은 귀추적 사고를 통해 생성되며 직관이나 귀납, 연역적 사고에 의한 것이 아니므로 생소한 현재의 상황에 대하여 이미 알고 있는 상황과의 유사성 속에서 설명 요소를 차용하여 잠정적인 설명을 생성한다.

2) 생성된 가설의 예

앞 단계에서 생성된 추잉 캔디의 색소에 관한 인과적 의문에 대하여 학습자들은 기존에 형성된 자신의 경험과 과학지식 등을 동원하여 현상의 원인을 설명할 수 있는 잠정적인 설명을 생성하였으며, 우리는 이를 ‘가설’이라고 부른다.

4인의 학습자가 도출한 가설들은 중복되는 내용들을 제외하고 총 16종으로 정리할 수 있었으며, 이외에도 생성할 수 있는 실제 가설의 수는 더 많다. 구체적인 예로는 ‘동시에 같은 양의 추잉 캔디를 물위에 떨어뜨렸음에도 불구하고 빨간색과 연두색의 색소가 확산되는 속도가 다른 것은 각 색소가 갖는 밀도의 차이 때문일 것이다.’, ‘추잉 캔디를 페트리접시의 가운데에 떨어뜨리면 중앙에서부터 경계면을 따라 색소가 가장자리를 향해 방사상으로 이동하는데 이런 움직임은 추잉 캔디로부터 설탕으로 추정되는 하얀 물질과 색소가 확산에 의해 계속 공급되기 때문일 것이다.’, ‘가장자리로 모인 두 색소들이 섞이지 않고 층을 이루는 이유는 각 물질의 밀도가 다르기 때문이며, 그래서 쉽게 섞이지 않는 것이다. 하지만 두 색소가 퍼진 상태에서 더 흔들어주면 두 경계가 서로 섞이는 것으로 보아 극성에 따라 완전히 분리된 물질들은 아닐 것이다.’, ‘2개의 추잉 캔디보다 4개의 추잉 캔디를 떨어뜨렸을 때 각 색소들이 더욱 천천히 퍼지는 것으로 보아 이미 확산된 색소들이 다른 색소의 확산을 방해하는 역할을 한다.’등으로 정리할 수 있다.

학생들은 실제로 인과적 의문이 발생하면 이에 대해 자신이 가진 경험이나 상황, 지식 중에서 비슷한 것을 떠올려 보고, 설명이나 대입이 가능한 상황들을 수집, 분석한다. 그리고 분석을 통해 의문 상황을 설

명할 수 있는 가설을 제시하며, 이 때 가설에는 인과관계에 대한 설명 요소가 분명히 존재해야 한다.

3) 지도 시 유의사항

학습자의 가설 생성 기능의 발달은 과학적 성취도 향상, 논리적 사고, 창의적 사고의 발달에 매우 밀접한 관련이 있다(Lawson, 1995). 그러므로 가설 생성은 과학 교수-학습 상황에서 중심적인 활동으로 다뤄져야 하고, 그에 대한 구체적인 교수·학습 방법과 전략이 마련되어야 한다(Kwon et al., 2003a).

실제적인 교수·학습의 측면에서 가설 생성 능력의 향상을 위해서는 학습자에게 적절한 비계(scaffolding)를 놓아줄 수 있어야 한다. ‘가설을 세워보아라.’ 수준에서 그치는 것이 아니라 ‘지금의 의문 상황을 자세히 관찰하라.’ 또는 ‘유사한 과거 경험 상황을 생각해보자.’등의 발문을 비계로 제시할 수 있다(Kwon et al., 2003a).

실제로 추잉 캔디 탐구과정에서 학습자들끼리 자신의 의문과 가설, 변인 등에 대한 논의가 시작되자, 한 사람이 제시한 의견에 대해 다른 구성원이 부가적인 요소들을 설명하거나 보충하여 가설들이 점차 구체적이고 정교한 형태로 발전하였다. 이처럼 교사나 동료 학습자가 개인이 생성한 가설과 변인 요소, 변인들 사이의 인과 관계에 대하여 추가적인 의견을 제시해주는 것은 충분히 비계로서의 역할을 담당하며, 이러한 훈련을 통해 점차 정교화된 가설을 스스로 생성하고 검증으로 이어질 수 있도록 지도해야 한다.

4. 실험 설계

1) 실험 설계란?

검증 방법의 고안은 아이디어 수준으로 생성된 가설에 대해 정당성을 부여하는 과정으로서 설명적 과학지식 생성의 핵심적인 과정이다(Klahr & Dunbar, 1988).

실험은 현대의 대부분의 자연과학지식을 구성하는 바탕이 되어 왔으며, 과학 개념과 기능의 효과적인 획득은 물론 지식 생성 및 과학에 대한 긍정적 사고와 태도를 기를 수 있으므로 학교 현장에서 필

수적인 과학 학습수단으로 사용되고 있다.

하지만 기존의 실험학습은 실험 수행이나 자료 해석과 같은 탐구의 일부분에 편중되어 있다는 문제점이 있다. 실험 설계는 과학자들의 연구 활동과 닮아 있으며 학생들의 창의성을 신장시킬 수 있다. 현재 이루어지고 있는 실험 수행과 자료 해석은 실험 설계의 극히 일부라 할 수 있으므로 그보다는 실험 설계 전체 및 과정이 더욱 강조되어야 한다. 뿐만 아니라, 절차를 따라가는 실험 설계 활동보다는 실험 설계와 관련된 문제를 해결하는 탐구 활동으로 프로그램을 구성하고, 교육에 활용할 수 있는 형태로 학습 프로그램을 개발해야 할 필요성 또한 크다(Yang et al., 2009).

2) 실험 설계의 예

(1) 실험 1. 츄잉 캔디의 위치와 확산의 관계

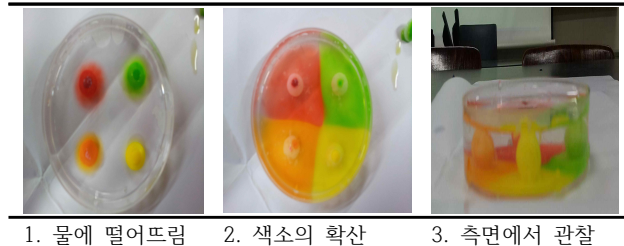
- 준비물 : 츄잉 캔디(4~5가지 색), 페트리접시, 물
- 관련 가설 : 색소의 확산은 ‘물’이라는 동일한 용매에서 일어나기 때문에 츄잉 캔디를 놓는 위치나 방법에 따라 속도나 형태가 달라지지 않을 것이다.
- 실험 방법 : 페트리접시의 여러 위치에 캔디를 동시에 내려놓으며, 퍼지는 속도와 형태를 관찰 또는 측정한다.
- 변인 통제 : 페트리접시에 같은 양과 온도의 물을 준비한다. 같은 색깔의 츄잉 캔디를 페트리접시 위의 여러 위치에 내려놓으며, 페트리접시에 퍼지는 속도를 동시에 살펴본다.

(2) 실험 2. 색소 밀도의 정성적 관찰

- 준비물 : 츄잉 캔디(4~5가지 색), 페트리접시, 물
- 관련 가설 : 2가지 이상의 색소가 확산될 때 각 색소가 가지는 고유한 밀도가 다르기 때문에 경계면에서 서로 쉽게 섞이지 않으며, 섞이는 과정에서 층을 이룰 것이다. 색소가 가지는 밀도는 고유한 물질의 특성이며 단위 부피당 질량으로 계산할 수 있으므로 상대적으로 더 무거운 색소는 아래로 내려오고, 더 가벼운 색소는 무거운 색소 위로 올라갈 것이다.
- 실험 방법 : 페트리접시에 서로 다른 색깔의 츄잉 캔디를 떨어뜨리고 색소들이 확산되면서 경계를

이루는 현상과 층이 생기는 현상을 자세히 살펴본다. 이 때, 관찰자에 따라 같은 현상을 보고 주관적인 관찰이 이루어질 수 있으므로 색소를 페트리접시를 정면에서 볼 것인지 측면에서 볼 것인지, 페트리접시의 가장자리를 관찰할 것인지 중심부를 관찰할 것인지 사전에 협의를 통해 결정하도록 한다.

<Table. 2> Observation process of coloring dissolution



1. 물에 떨어뜨림 2. 색소의 확산 3. 측면에서 관찰

- 변인 통제 : 페트리접시에 같은 양과 온도의 물을 준비한다. 다양한 색깔의 츄잉 캔디를 페트리접시 위에 동시에 내려놓으며 색소가 섞이는 형태와 각 색소가 차지하는 면적, 위치 등을 확인한다. 이 때 여러 가지 색깔의 츄잉 캔디를 동시에 떨어뜨려야 하며, 개수나 크기 등을 동일하게 통제한다.

(3) 실험 3. 색소의 확산 속도 측정

- 준비물 : 츄잉 캔디(여러 가지 색), 페트리접시, 물, 스톱워치
- 관련 가설 : 츄잉 캔디 표면 색소의 종류에 따라 확산되는 속도가 다를 것이다. 츄잉 캔디 표면의 색소의 밀도가 확산 속도에 영향을 미치기 때문이다. 밀도가 높을수록 단위 부피당 질량이 더 무거우므로 확산 속도가 느려질 것이며, 밀도가 작은 색소는 질량이 작고 확산 속도도 빠를 것이다.

<Table. 3> Measurement process of coloring diffusion time



1. 확산 시작 2. 확산의 진행 3. 최종시간 측정

- 실험 방법 : 페트리접시의 가운데 5가지 색의 츄잉 캔디를 각각 떨어뜨리고 확산 속도를 스톱워치

치로 측정한다. 육안으로 보았을 때, 색소가 더 이상 퍼져나가지 않고, 페트리접시의 전체에 균일하게 골고루 퍼졌을 때의 시간을 색깔별로 기록한다.

- 변인 통제 : 물의 온도와 양이 동일해야 하며, 물을 담는 페트리접시의 크기와 재질도 같은 것으로 준비한다. 비교적 크기와 모양이 비슷하며 서로 다른 색상을 가진 추잉 캔디를 각각 1개씩 중앙 부위에 동시에 떨어뜨린다. 초시계의 시작 버튼을 누른 후, 색소가 페트리접시 전체에 완전하게 퍼지면 색소의 확산에 걸린 시간을 기록한다.

(4) 실험 4. 색소 밀도의 정량적 측정

- 준비물 : 추잉 캔디, 페트리접시, 물, 여과지, 파이펫, 1000 μ L 팁, 전자 저울

- 관련 가설 : 밀도는 단위 부피당 질량을 의미하므로 같은 물에 녹인 색소를 1mL씩 동일한 양으로 정확하게 채취하여 그 질량을 측정하면 밀도를 알 수 있다. 가장 질량이 큰 색소의 밀도가 가장 크고, 그 색소는 경계면을 형성하면서 가장 아래로 가라앉게 될 것이다.

- 실험 방법 : 여러 가지 색깔의 추잉 캔디를 준비하여 물에 1개씩 충분히 녹인다. 물에 색소가 완전히 용해될 때까지 일정 시간 기다렸다가 잘 저어서 각 색소가 균일하게 섞이도록 한다.

마이크로 파이펫을 이용하여 색소 용액을 정확한 양만큼 채취한다. 마이크로 파이펫은 파이펫, 마이크로피펫 등으로 불리며 마이크로리터 단위로 정밀하게 시료를 채취할 수 있는 실험 도구이다. 마이크로 파이펫의 위쪽에 있는 디지털 눈금을 원하는 양(부피)만큼 맞춘 다음, 파이펫의 끝 부분에 1000 μ L (1mL)를 덜 수 있는 블루 팁을 끼운다. 마이크로 파이펫은 부피에 따라 여러 가지 용량이 있으며 통상적으로 파이펫의 색깔과 같은 팁을 끼워 사용하도록 되어 있다. 팁을 끼운 파이펫의 위쪽에 있는 손잡이 단추를 누른 후 시료에 팁의 끝을 가까이 갖다 대고, 단추를 누른 손을 떼면 처음 지정한 시료의 양만큼 팁 속으로 액체가 들어온다.

깨끗한 새 페트리접시에 동일한 사이즈와 재질의 거름종이를 같은 위치에 깔고 그 위에 색소를 녹인 용액을 시료로 채취하여 흡수시킨 뒤, 전자저울로 그 질량을 측정한다. 전자저울에 페트리접시와 여과

지만 넣어서 질량을 측정한 다음 영점 조절을 하여 시료를 여과지에 흡수시키는 방법이 있고, 처음에 페트리접시와 여과지만 넣었을 때 질량을 최종적인 시료와 페트리접시, 여과지의 무게에서 빼서 계산할 수도 있다.

<Table. 4> Measurement process of coloring mass



- 변인 통제 : 페트리접시와 여과지, 추잉 캔디 등은 모두 같은 크기와 무게, 종류로 준비한다. 마이크로 파이펫을 사용하는 방법을 사전에 반드시 숙지하여야 하며 이 때 사용하는 팁이나 방법을 동일하게 한다. 충분히 색소가 용해될 때까지 기다렸다가 균일하게 혼합된 시료를 실험에 사용해야 한다. 뿐만 아니라, 팁을 이용하여 채취하는 양을 동일하게 하고 전자저울로 측정하는 방법과 과정 또한 동일하게 조정한다.

(5) 실험 5. 색소의 성분 분석

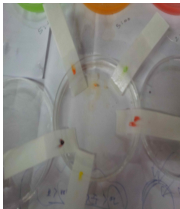
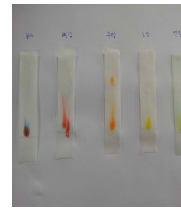
- 준비물 : 추잉 캔디, 여과지, 칼, 자, 물, 페트리 접시, 스카치테이프

- 관련 가설 : 색소들의 밀도가 차이가 나는 이유는 원료나 구성 물질이 다르기 때문일 것이다. 이때, 색소는 혼합 방법이 감산 혼합을 따르므로 단일 색소인 경우도 있지만 서로 다른 색을 섞은 혼합 색소가 있으며, 어떤 종류를 섞었느냐에 따라 밀도나 질량이 달라지게 된다.

- 실험 방법 : 추잉 캔디의 코팅된 표면을 같은 크기만큼 잘라낸다. 여과지를 가로 2cm, 세로 10cm 정도로 잘라서 추잉 캔디의 색깔 수만큼 준비한다.

여과지의 1.5cm부분에 연필 등으로 선을 그은 후 추잉 캔디의 코팅 부분을 같은 위치에 올리고 가까운 쪽 끝을 전개액인 물에 넣는다. 여과지가 물을 흡수하면서 색소가 분리된다.

<Table. 5> Process of paper chromatography for coloring separation

		
1. 용액을 직접 크래마토그래피 했으나 실패	2. 캔디 코팅을 이용해 천천히 물을 흡수하도록 재설계	3. 보라와 연두에서 2가지 색소가 분리, 주황 미분리

• 변인 통제 : 색소의 혼합과 분리에 대해 알아보기 위한 실험이며, 시료로 캔디 코팅을 잘라서 여과지에 올려놓을 때 같은 양을 같은 위치에 올려놓아야 한다. 여과지의 같은 부위를 같은 페트리접시에 동시에 넣어 동일한 물에 의해 크래마토그래피가 진행되도록 해야 한다.

3) 지도 시 유의사항

실험 설계와 수행이 따르는 실험 수업은 학생들의 사고를 자극하는 활동(mind-on activity)이 강조되어야 한다. 하지만 실험 시설의 미비, 기자재 부족, 실험 조교 미확보, 과다한 교과 내용 등에 의해 가설 검증을 위한 실제적인 실험 설계가 수업에서 일어나기 어렵다. 또한 개방형 실험 과제를 수행하면서 학생들이 가설 속에 포함된 변인을 조작하고 실험 방법을 고안하는 것에는 큰 어려움을 느끼는 것 또한 사실이다.

이에 교사들은 학생들이 과학자들처럼 스스로 변인을 찾아내고 이에 대한 통제 및 실험 방법을 고안하여 스스로 탐구와 지식 생성에 빠져들 수 있도록 도와야 한다. 학습자 개개인이 생성한 의문이나 가설에 대해 어떠한 해답을 주거나 직접적인 개입을 통해 학습자들의 사고를 제한해서는 안 되며, 자신이 떠올린 바를 자유로운 분위기 속에서 마음껏 탐색하고 관련 실험을 실제로 해 볼 수 있도록 여건을 조성해야 한다. 처음에는 완벽한 변인 통제를 할 수

없더라도 이러한 형태의 검증 방법 고안을 계속하여 경험하고 연습한다면 학습자들의 실험 설계 능력의 신장 뿐 아니라 변인통제 수준의 향상도 동시에 일어날 것이다.

또한 자신이 세운 가설에 대한 검증이 이루어지는 ‘실험 과정’에서는 처음 본인이 설계 및 예상했던 내용과 실제로 나타나는 현상이 서로 다를 수 있다. 이 때, 검증 방법의 고안에 있어 미처 생각하지 못한 변인이 있는지 살피고, 처음 예상과는 다른 실험 결과가 나왔다면 그 원인에 대해서도 적극적으로 탐색할 수 있어야 한다. 이 때 교사는 단순히 실험 과정상의 오차나 실수로 여기고 실험을 중단하거나 대충 마무리 짓기보다는 실험 설계 단계로 돌아가 변인 통제와 사고 과정을 다시 되돌아보고 수정할 수 있도록 학습자를 격려할 필요가 있다. 뿐만 아니라, 한 번의 실험만으로 나온 데이터를 신뢰하기 보다는 여러 번의 반복 실험을 통해 신뢰할 수 있는 결과를 얻을 수 있도록 안내해야 한다.

5. 자료 해석 및 결론 도출

실험을 통해 얻은 결과를 다음과 같이 해석하고 결론을 도출하였다.

1) 실험1. 추잉 캔디의 위치와 확산의 관계

• 실험 결과 : 추잉 캔디를 페트리접시 위에 어떤 위치에 떨어뜨려도 같은 색소의 추잉 캔디끼리는 전체 확산 시간이나 형태가 비슷하였다.

• 자료 해석 : 동일한 색소라면 추잉 캔디를 떨어뜨리는 위치는 확산의 속도나 형태에 영향을 미치지 않는다.

• 결론 : 같은 색소끼리는 캔디를 떨어뜨리는 위치에 관계없이 동일한 속도로 확산이 일어난다. 단, 떨어뜨리는 위치에 따라서 가운데 떨어진 캔디의 색소는 사방을 향해 방사형으로 뻗어 나가는 반면, 한쪽으로 치우쳐 떨어진 추잉 캔디의 색소는 페트리접시의 벽이 막혀 있는 쪽으로는 확산이 일어나지 않고 반대 방향의 넓은 공간으로 더 많이 확산이 일어난다.

2) 실험2. 색소 밀도의 정성적 관찰

· 실험 결과

<Table. 6> Qualitative observation result of dissolved chewing candy's colorings

color location	Purple + Red	Red + Yellow	Yellow + Orange	Orange + Yellow- green
top	Purple	Red	Yellow	Orange
bottom	Red	Yellow	Orange	Yellow- green

· 자료 해석 : 연두색은 어떤 색과 섞여도 가장 아래로 가라앉는다. 반대로 보라는 어떤 색과 섞여도 가장 위로 떠오른다. 이러한 현상은 색소가 가지는 고유의 특성인 밀도에 의하여 혼합의 과정에서 확산되는 위치가 정해진 것이다. 보라보다는 빨강, 노랑, 주황, 연두의 밀도가 컸으며, 빨강보다는 노랑과 주황, 연두의 밀도가 컸다. 노랑은 밀도가 중간이었고 주황과 연두보다는 작은 편이었으며, 주황은 연두를 제외한 다른 색소들보다는 밀도가 크다.

동시에 여러 가지 색깔의 츄잉 캔디를 네 곳에 떨어뜨리고 확산된 색소의 형태를 살펴보면 가벼운 보라, 빨강 색소는 페트리접시에서 비교적 넓은 면적을 차지하고 주황, 연두 색소는 비교적 좁은 면적을 차지한다.

· 결론 : 연두색 색소의 밀도가 가장 컸으며, 다음은 주황, 노랑, 빨강, 보라의 순으로 점점 밀도가 작아지며 질량도 가벼워진다. 가장 밀도가 작은 색소는 보라색인 것으로 관찰된다.

또한 동시에 츄잉 캔디를 내려놓지 않고, 한 가지 색소를 먼저 퍼트린 다음 다른 색 캔디를 떨어뜨리면 이미 확산된 색소가 다른 색소의 확산을 방해하는 현상도 눈으로 관찰할 수 있다.

동시에 여러 가지 색깔의 츄잉 캔디를 네 군데 떨어뜨린 실험의 경우에는 밀도가 작아 확산 속도가 빠른 보라, 빨강은 더 넓게 퍼지고 연두와 주황은 비교적 적은 면적에 퍼지는 것을 발견할 수 있다. 하지만 그대로 놓아두면 층을 이루었던 모든 색소가 한꺼번에 섞여 어두운 색을 나타내게 된다.

3) 실험3. 색소의 확산 속도 측정

· 실험 결과

<Table. 7> Measurement result of colorings' diffusion time

	Red	Orange	Yellow	Yellow- Green
Diffusion Time	2min 40s	5min 0s	3min 50s	5min 20s

· 자료 해석 : 빨강 색소가 가장 빠른 속도로 짧은 시간 안에 페트리접시 전체에 확산되었으며 그 다음으로는 노랑, 주황, 연두 순으로 빠르게 확산되었다. 색소 분자가 용매인 물에 확산되어 가는 과정에서 가장 밀도가 커서 바닥에 가라앉았던 연두의 경우에는 확산 속도 또한 가장 오랜 시간이 소요되었으며, 색소의 밀도가 작은 것으로 조사된 빨강은 확산 속도가 4개의 시료 중에서 가장 빨랐다.

· 결론 : 색소의 밀도는 색소의 용해 및 확산에 영향을 미치며, 밀도가 클수록 색소가 무거워 느리게 확산이 일어나고 밀도가 작을수록 색소가 가벼워 빠른 확산이 일어난다. 이는 실험2의 결과 및 결론도 함께 뒷받침할 수 있는 결과이다.

4) 실험4. 색소 밀도의 정량적 측정

· 실험 결과

<Table. 8> Density of chewing candy's colorings

	Red	Orange	Yellow	Yellow- green
Density (g/ml)	1.0166	1.0201	1.0171	1.0254

· 자료 해석 : 정량 측정의 결과 빨강 색소의 밀도가 1.0166으로 가장 작았고, 연두가 1.0254로 가장 컸다.

· 결론 : 같은 양의 물에 충분히 확산된 색소들을 같은 부피만큼 시료로 채취하여 얻은 결과이며 정밀한 측정 도구들을 활용하였기 때문에 위의 실험 결과는 신뢰할 수 있다. 또한 반복 측정에서도 아주 작은 오차는 발생하였지만 유사한 결과를 보였다.

이에 평균을 측정하여 위와 같이 표로 정리하였으며, 연두 색소가 가장 밀도가 크고 빨강 색소가 4

개의 색소 중에서 가장 밀도가 낮다는 가설을 참인 것으로 평가할 수 있다. 뿐만 아니라, 이러한 결론은 실험 2, 3, 4의 결과를 모두 설명할 수 있다.

5) 실험5. 색소의 성분 분석

· 실험 결과

<Table. 9> Result of paper chromatography for separating chewing candies' coloring

	Red	Orange	Yellow	Yellow-green	Purple
Separated Color	Red	Orange	Yellow	Yellow + Blue	Red + Blue

· 자료 해석 : 빨강, 주황, 노랑은 단일한 색소로 다른 색이 검출되지 않았으나, 연두의 경우에는 노랑과 파랑, 보라의 경우에는 빨강과 파랑 색소가 혼합되어 있다.

· 결론 : 빨강과 노랑이 섞였을 것으로 추정되는 주황의 경우에는 단일 색소였으며 연두와 보라는 2개 이상의 색소가 혼합되어 색을 나타낸다. 하지만 같은 색이더라도 색소의 호수와 종류가 다르며 질량도 상이할 것으로 생각되어 크래마토그래피만을 이용해서는 각 단일 색소가 혼합된 최종 색소의 밀도에 미치는 영향을 판단할 수는 없다.

인터넷과 츄잉 캔디의 구성 성분 등의 자료를 수집하여 각 색소의 성분비를 분명히 알 수 있다면 수학적인 밀도 계산도 가능할 것이나, 기존의 츄잉 캔디 업체들은 정확한 성분비까지는 공개하지 않고 있다.

6) 종합 결론

본 츄잉 캔디 표면의 색소 실험을 통하여 종합적으로 얻을 수 있는 결론은 첫째, 색소들이 모두 골고루 섞일 것이라는 학습자들의 처음 예상과는 달리 실제로는 서로 경계를 이루며 잘 섞이지 않는다는 것이다. 하지만 시간이 흐름에 따라 결국 색소들은 서로 섞이며 이 과정에서 생기는 층들은 밀도와 질량의 영향을 받는다. 또 물에 모두 잘 녹는다는 특성을 공통으로 가지고 있는 '극성 물질'이다.

둘째, 각 색소의 밀도 및 질량이 색소가 물에 확산 속도 및 면적에 영향을 미친다. 같은 종류의 색

소끼리는 확산 속도나 면적이 확산 위치에 영향을 받지 않는데 반해, 다른 종류의 색소는 밀도나 질량에 따라 확산 속도와 면적이 다르며 서로 관계가 있다. 색소의 밀도와 질량이 클수록 확산 속도가 느려지며, 반대로 색소의 밀도와 질량이 작으면 확산 속도는 빠르다. 물에 색소가 녹으며 확산되는 과정에서 색소 고유의 밀도가 영향을 미치며 이와 같은 현상 때문에 동시에 확산이 시작된 다른 색소들끼리 퍼진 면적 또한 달라지는 것이다.

마지막으로 서로 밀도가 다른 색소들끼리는 다른 색소가 퍼져나가는 것을 방해하는 경향이 있으며 이 때문에 층을 이루고 일정한 시간이 지난 후에 서로 완전히 섞인다. 또한 색소들은 단일 색소 자체를 사용한 것도 있고 두 가지 이상의 색을 일정한 비율에 따라 혼합한 것도 있으며, 각 호수별로 고유한 질량과 색이 있다.

IV. 교육적 적용

츄잉 캔디를 이용한 본 탐구 프로그램을 통해 실제 학교 과학수업 현장에서 효과적인 지식 생성과 탐구 기능의 향상을 동시에 이룰 수 있다.

츄잉 캔디 탐구를 수행하는 과정에서 학습자들은 보다 친숙한 실생활 소재를 활용하여 과학지식 생성의 전 과정을 순서대로 경험할 수 있다. 학습자들은 츄잉 캔디에 대한 자신의 사전 지식과 경험을 바탕으로 폭 넓고 다양한 예상과 가설 생성을 자유롭게 할 수 있으며, 이는 탐구 학습과 실험에 대한 동기 부여는 물론이고 수업 동안의 동기 지속에도 긍정적인 영향을 미칠 것이다. 또한 츄잉 캔디는 수업에 흥미를 갖게 하는 것 이외에도 탐구를 통해 도출한 결과와 결론을 현재 실생활에 적용할 수 있다는 장점도 가지고 있다.

이와 같은 탐구 실험 프로그램은 실제 현장에서 간단한 도구와 재료만으로도 한 차시 또는 여러 차시의 탐구 수업을 훌륭하게 진행할 수 있기 때문에 더욱 유용하다. 과학실 뿐 아니라 일반 교실과 같이 과학 교육을 위해 특성화되지 않은 교육 환경에서도 탐구를 중심으로 한 과학 수업이 가능하게 하며, 학

습자들의 다양한 조작 활동과 참신한 실험 설계를 통하여 풍부한 과학지식을 생성할 수 있다. 실제 탐구 훈련을 통해 방법과 기능을 숙달시키는 것 외에도 가설 설정 및 실험 설계의 학습 훈련까지 동시에 가능하므로 연간 원활한 과학 수업을 위하여 학기 초나 학년 초 등에 이 프로그램을 적절히 활용하면 효과적이다.

또한 본 프로그램은 실험 설계의 수준과 난이도, 사용하는 실험 도구 등을 달리하여 학교 급에 구애받지 않고 초등학생부터 중, 고등학생, 그 이상의 학력을 가진 학습자들에게도 적용이 가능하다. 뿐만 아니라 일반 학생을 대상으로 하는 과학 수업 이외에도 확장된 탐구로서 과학 영재아동이나 특별히 과학에 관심과 흥미를 느끼는 학생들에게 자유로운 분위기 속에서 응용 실험이 가능하도록 탐구의 소재로 제시할 수 있고, 교과서 속 실험에 비해 다가가기 쉬우면서 재미있다는 장점을 이용하여 과학 학습에 어려움을 겪는 부진아 등에게도 적용이 가능하다.

이처럼 여러 방법으로 다양한 대상에게 적용이 가능한 본 프로그램을 수업에서 실제 활용할 때는 과학지식의 생성이 활발히 일어날 수 있도록 자유롭고 허용적인 분위기와 충분한 탐구 및 실험 시간을 제공해야하며, 외적으로 산출되는 실험 결과들 외에도 학습자의 내부에서 일어나는 인지 구조의 변화나 지식의 생성에 더욱 초점을 맞추어 수업을 진행해야 한다.

참고 문헌

- Bae, J. H., Kim, J. S., Yun, B. H. (2005). The effects of that inquiry activity through plants influences scientific process skills, science attitude and observation skills for elementary students. *Journal of science education*, 30, 37-68.
- Barnhart, C. I. (1953). *The American college dictionary*. New York: Harper & Brothers, 1432.
- Chalmers, A. F. (1982). What is this thing called science? : an assessment of the nature and status of science and its methods(2nd edition). London : University of Queensland Press.
- Christenbury, L., & Kelly, P. (1983). *Questioning : A path to critical thinking*. Urbana, II: ERIC Clearing house on reading and communication skills and the National council of teachers of English.
- Hanson, N. R. (1958). *Patterns of discovery : An inquiry into the conceptual foundations of science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Haury, D. L. (2002). *Fundamental skills in science: Observation*.(Eric Digest EDO-SE-02-05). Columbus, OH. Educational Resources Information Center.
- Huh, K. C., Jo, D. J., So, K. H. (2001). Analysis of the nature of knowledge for the knowledge producing education. *The journal of curriculum studies*, 19(1), 231-250.
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive science*, 12, 1-48.
- Kwon, Y. J., Shim, H. S., Jeong, J. S., Park, K. T. (2003a). Role and process of abduction in elementary school students' generation of hypotheses concerning vapor condensation. *Journal of Korean earth science society*, 24(4), 250-257.
- Kwon, Y. J., Jeong, J. S., Park, Y. B., Kang, M. J.(2003b). Focused on inductive, abductive, and deductive processes = A Philosophical study on the generating process of declarative scientific knowledge. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 23(3), 215-228.
- Kwon, Y. J., Jeong, J. S., Kang, M. J., Kim, Y. S.(2003c). A ground theory on the process of generating hypothesis-knowledge about scientific episodes. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 23(5), 458-469.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Wadsworth Publishing Company.
- Lawson, A. E. (2000). How do humans acquire knowledge? and What does that imply about the nature of knowledge?. *Science & Education*, 9,

577-598.

- Lee, H. D. (2006). Knowledge-Information society and the shift of paradigm of education. The academic journal of Daegu university, 1(2), 79-105.
- Lee, H. J., Park, K. T., Kwon, Y. J. (2005). Type of thinking and generating processes of causal questions appeared in preservice elementary teachers'observation activity. Journal of Korean elementary science education, 24(3), 249-258.
- Park, J. W., Won, D. Y., Lim, J. C. (2011). Microscopic study of both lead in pencils and papers carried out through high school sasa program in science education institute for the gifted. Journal of science education Chonbuk national university, 36, 89-94.
- Park, M. H., Park, Y. B., Kwon, Y. J. (2005). Types and their changes of elementary students'methods and targets of scientific observation on aquariums. Journal of Korean elementary science education, 24(4), 345-350.
- Yang, I. H., Ryu, S. J., Lim, S. M. (2009). The analysis of the process elements and the characteristics of biologists' and gifted students'designing experiment activities. Journal of science education, 33(2), 271-289.
- Yang, I. H., Lim, S. M., Paik, M. J., Choi, H. D.(2011). Analyzing elementary science-gifted students' knowledge generation processes in scientific inquiry performance. Journal of the Korean Association for Research in Science Education, 31(5), 770-787.
- Yoon, H. G., & Park, S. J. (2000). The change of middle school students'motivation for investigation through the extended science invetigations. Journal of the Korean Association for Research in Science Education, 20(1), 137-154.