

ELMANIN KARARMASININ ENGELLENMESİ: BİR FeTeMM ETKİNLİĞİ

Sevgi Aydın-Günbatar¹

ÖZ

Bu çalışmanın amacı günümüzde yaygın bir şekilde kullanılan bütünleşik Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik [FeTeMM] yaklaşımına uygun olarak tasarlanan bir etkinliği, etkinliğin uygulama basamaklarını ve gerekli dökümanları sunmaktır. Tasarlanan etkinlik FeTeMM alan yazınında belirtilen günlük hayat problemine dayandırılarak başlatılmıştır. Daha sonra öğrencilere çalışma yaprağı verilmiş ve çeşitli basamaklardan geçerek elmanın kararmasını önlemeleri/yavaşlatmaları istenmiştir. İlk tasarımdan sonra grupların tasarladıkları kararma önleme süreçleri etkinliğin başında belirlenen kriterlere dayanarak tüm gruplar önünde incelenmiştir. Daha sonra gruplara tekrardan tasarlama basamağında tasarımlarını modifiye etme ya da isterlerse yeniden tasarlama şansı verilmiştir. Finalde, elmanın kararmasını en çok yavaşlatan grubun tasarımı yine kriterler yardımıyla ve tüm grupların katılımı ile birinci seçilmiştir. Etkinliğin hem lise kimya hem de lise biyoloji dersinde uygulanabileceği düşünülmektedir. Etkinliği uygulayan öğretmenler öğrencilerin etkinliği zevkle gerçekleştirdiğini ve farklı fikirler ortaya attığını belirtmiştir. Ayrıca, etkinliğin çok masraflı olmaması ve bütün okullarda rahatlıkla uygulanabilir olması da yine avantajları arasında belirtilmiştir.

Anahtar kelimeler: FeTeMM, STEM, mühendislik tasarım süreci, reaksiyon hızı, enzimatik reaksiyon.

DESIGNING A PROCESS TO PREVENT APPLE’S BROWNING: A STEM ACTIVITY

ABSTRACT

The purpose of this study is to present an activity based on integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics [STEM] approach, its implication, steps, and necessary documents. The activity started with a daily-life problem stated in the STEM literature. Later, activity worksheets were provided. Learners were asked to design a process to prevent or slow down apple’s browning reaction. After the first designing step, groups’ preventing processes were compared by the use of a rubric prepared previously. Then, groups were given a chance to re-design preventing apple’s browning process. Finally, in light of the rubric, the most successful preventing process was determined. The activity can be used both in high school chemistry and biology courses. Teachers who implemented the activity stated that the participating learners enjoyed the lesson and came up with interesting ideas. Furthermore, they stated that the activity does not necessitate expensive materials, and can easily be applied.

Keywords: STEM, engineering design process, reaction rate, enzymatic reaction.

Makale Hakkında:

Gönderim Tarihi: 21.07.2018

Kabul Tarihi: 17.08.2018

Elektronik Yayın Tarihi: 29.10.2018

¹ Doç. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, sevgi.aydin45@hotmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4707-1677>

GİRİŞ

Bütünleşik Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik [FeTeMM] eğitim yaklaşımı Amerika Birleşik Devletleri'nde [ABD] doğup daha sonra da birçok ülkede yankı yapmıştır. Özellikle ABD'nin Çin ve Rusya ile küresel ekonomik rekabette olması, dünya lideri olma hedefi ve yayımlanan raporlarda FeTeMM alanlarında meslek tercihinin düşmesi gibi birçok etken ABD'de bu yaklaşımın benimsenmesine yol açmıştır. Kaynağı ABD olan bu yaklaşım hem ülkemizde hem Avrupa'da hem de Avustralya ve Uzak Doğu'da ilgi ile karşılanmış olup uygulamaya konulmuştur (Akgündüz vd., 2015; Aydeniz, 2017; Sanders, 2009).

Alan yazında farklı FeTeMM tanımları bulunmaktadır (Brenier, Harkness, Johnson, & Koehler, 2012). Örneğin, Johnson' a göre (2013) “[F]en ve matematik öğretimini bilimsel sorgulama pratikleri, teknoloji ve mühendislik tasarımı, matematiksel analiz ve 21. Yüzyıl disiplinler arası tema ve becerilerin entegre edilmesi ile gerçekleştiren bir öğretim yaklaşımıdır.” (s. 367). Bir başka tanımda “fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarını bir derste bu alanlar arasındaki bağlantılar ve gerçek yaşam problemleri sayesinde birbirine bağlamaya çalışan bir gayret.” şeklinde ortaya konulmuştur (Stohlmann, Moore, & Roehrig, 2012, s. 30). ABD'de yayımlanan raporlarda bu yaklaşımın özellikle tasarım süreci içerdiği ve öğrencilerin bu sürece aktif olarak katılması gerektiği belirtilmiştir (National Research Council [NRC], 2012; Next Generation Science Standards [NGSS], 2013). Ayrıca, FeTeMM'in; öğrencilerin günlük hayat problemlerini çözebilmek için tasarım yaptıkları ve bu tasarımı yapabilmek için de mevcut durumu analiz ettikleri, bilgi topladıkları, çözüm için beyin fırtınası yaptıkları, ortaya yaratıcı fikirler koydukları ve bunlar ışığında bir prototip geliştirip geliştirilen bu prototipin istenilen kriterlere uyup uymadığını test ettikleri bir yaklaşım olduğunun altı çizilmiştir (NGSS, 2013; NRC, 2012).

Genel olarak ortak bir tanım bulunmamasına rağmen FeTeMM yaklaşımının göze çarpan en önemli özellikleri Moore, Johnson, Peters-Burton ve Guzey (2015) tarafından;

- motive eden bir bağlamın olması,

- mühendislik tasarımı görevi içermesi,
- başarısızlıktan bir şeyler öğrenmeyi sağlaması,
- öğretim programına dayalı fen/matematik kazanımlarına dayanması,
- öğrenci merkezli öğretim olması ve
- tasarım sürecinin tamamında grup çalışması ve iletişimi içermesi olarak ortaya konulmuştur.

FeTeMM yaklaşımı ülkemizde ve birçok ülkede kullanılmakta olan ve farklı disiplinlerin ayrı ayrı derslerde sunulduğu yaklaşımdan dört ayrı disiplini bünyesinde barındırdığı için farklı bir uygulama tarzı ile okul ve okul dışı ortamlarda kullanılmalıdır. Bu nokta ile ilgili olarak, uluslararası alan yazında FeTeMM entegrasyonu nasıl yapılmalıdır noktasında bağlam entegrasyonu (*context integration*) ve içerik entegrasyonu (*content integration*) olmak üzere iki farklı yaklaşımdan bahsedilmektedir (Roehrig, Moore, Wang, & Park, 2012). Bağlam entegrasyonunda FeTeMM disiplinleri bir ünite ya da bir etkinlikte harmanlanır. Bağlam entegrasyonunda esas odak bir disipline ait bir konuda olup diğer FeTeMM disiplinleri konuyu daha anlaşılır yapmak için bir bağlam oluşturmak amacıyla kullanılır. Diğer yandan “içerik entegrasyonu modelinde olan bir ünite öğretmene odaklanılan konuyu her bir disiplini kullanarak öğretebilmesine ve bu disiplinlerin ortaya konulan gerçek hayat probleminin çözümünde nasıl gerekli olduğuna vurgu yapmasına olanak sağlar.” (Roehrig vd., 2012, s. 35). Bu çalışmada odaklanılan etkinlik bağlam entegrasyonuna bir örnektir. Etkinliğin esas odağı kimya ve biyoloji yani fen disiplinine ait konular (reaksiyon hızı, enzim aktivitesi) iken mühendislik tasarım süreci ve teknoloji etkinliğe bir bağlam oluşturma amacıyla kullanılmıştır. Etkinlik sırasında elma dilimlerini farklı pH'lardaki çözeltilerde saklamak isteyen öğrenciler olur ise matematik de işin içine girecektir. Alan yazındaki birçok etkinlik özellikle fizik konuları ile ilgilidir. Kimya ve biyoloji alanlarını ilgilendiren bu etkinliğin bu yönüyle alan yazına farklılık katacağı düşünülmektedir.

FeTeMM yaklaşımı uygulamalarında mühendislik tasarım sürecini yapılandırabilmek adına alan yazında farklı basamaklar içeren modeller bulunmaktadır. Bu

çalışmada temel alınan model ise Wheeler, Whitworth ve Gonczi (2014) tarafından ortaya konulmuştur ve altı basamak içermektedir. Bu model, katılımcı öğrencilere sorular ile yön verdiği ve tasarım sürecine rehberlik ettiği için tercih edilmiştir. Modeldeki basamaklar şu şekildedir:

1. Beyin Fırtınası: Verilen tasarım görevini gerçekleştirebilmek için öğrencilerden ilk akıllarına gelen malzeme ve metotları not almaları istenen basamaktır.
2. Araştırma: Öğrencilerin tasarım ödevini gerçekleştirebilmek için neyi bilmek istediklerini belirledikleri, araştırma sorusu yazdıkları ve bunların ışığında araştırma yaptıkları basamaktır.
3. Tasarım: Araştırmalardan gerekli bilgileri edindikten sonra malzemeleri listeledikleri, tasarımlarını sözlü, çizim ya da yazılı olarak ortaya koyup öğretmenlerinden somut hale getirebilmek için onay aldıkları basamaktır.
4. Yapım ve Deneme: Öğrencilerin fikirleri ve yaptıkları araştırmalar ışığında tasarımlarını gerçekleştirdikleri, denedikleri ve denemeleri sonucunda gözlem ya da ölçümler ile tasarımlarının başarısı hakkında veriler elde ettikleri basamaktır.
5. Yeniden Tasarım: Bir önceki aşamada yapılan denemeler sonucu tasarımda çalışmayan, eksik ya da bunlar dışında performans geliştirmeye yönelik olarak değişiklikler ortaya konularak yeniden tasarımın yapıldığı basamaktır.
6. Değerlendirme: Bir önceki basamakta yapılan değişikliklerin ne kadar etkili olduğu noktasının tartışıldığı ve yeniden tasarlanan ürünün baştan belirlenmiş olan kriterler kullanılarak değerlendirildiği basamaktır.

Bu model esas alınarak hazırlanan çalışma kâğıdı ve her bir basamaktaki katılımcılara yönlendirilen sorular Ek 1’de sunulmuştur.

Elmanın ve Diğer Meyvelerin Kararması Reaksiyonu

Elma kesildiğinde ya da düştüğünde hücreler parçalanmaktadır. Elma gibi birçok meyve hücresinin kofulunda fenol türevi kimyasal bileşikler bulunmaktadır. Bu maddeler elma hücresinin sitoplazmasında bulunan enzimler ile etkileşerek polimerleşirler ve kahverengi bir renge sahip olan bileşiklere dönüşürler. Bu reaksiyonun gerçekleşmesi için ortamda

oksijen olmalıdır. İşte kesme, çarpma ya da ısıma gibi bir sebep ile hücrenin yapısında farklı noktalarda bulunan maddeler birbirleri ile temas geçerek oksijen varlığında kararma reaksiyonu gerçekleştirir. Bu reaksiyonu hızlandıran enzim ise PolifenolOksidazdır (PPO). Enzimler biyolojik olarak canlılarda görev yapan katalizörlerdir yani yavaş gerçekleşen bir reaksiyonu hızlandıran yapılardır (Ioannou & Ghoul, 2013).

Etkinliğin ilişkili olduğu lise kimya ve biyoloji öğretim programlarından kazanımlar şunlardır:

Biyoloji Dersi, 9. Sınıf:

9.1.2.1.g. Enzim aktivitesine etki eden faktörlerle ilgili deneyler yapılması sağlanır (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018a, s. 16).

Kimya Dersi, 11. Sınıf:

11.5.2. Tepkime Hızını Etkileyen Faktörler

11.5.2.1. Tepkime hızına etki eden faktörleri açıklar.

a. Madde cinsi, derişim, sıcaklık, katalizör (enzimlere girilmez) ve temas yüzeyinin tepkime hızına etkisi üzerinde durulur. Arrhenius bağıntısına girilmez (MEB, 2018b, ss. 31-32).

Kazanımlara ek olarak, etkinlik Kimya öğretim programında bahsedilen aşağıdaki amaçlar ile de uyumludur.

- “Kimya dersinde edindikleri bilgi ve becerileri günlük hayat, sağlık, sanayi ve çevre ile ilgili olayları açıklamada kullanmaları,” (MEB, 2018b, s. 11).
- “Kimyanın topluma, sosyal hayata, ekonomiye ve teknolojiye katkılarının farkına varmaları,” (MEB, 2018b, s. 11).
- “Deney yaparak veri elde etmeleri, bu verileri kullanarak çıkarım yapmaları, yorumlamaları ve genellemelere ulaşmaları,” (MEB, 2018b, s. 12).

ETKİNLİĞİN UYGULANMASI

Etkinlik gerekli izinler alındıktan sonra iki öğretmen ve 10 öğrenci ile Bilim ve Sanat Merkezi’nde gerçekleştirilmiştir. Öğrenciler ikili ve üçlü gruplar halinde toplamda dört grup oluşturarak çalışmışlardır. Uygulama yaklaşık 3 saat sürmüştür.

Kullanılan Araç-gereç ve Malzemeler

Aşağıda sunulan liste yapılan uygulama ışığında oluşturulmuş olup farklı öğrenciler farklı malzeme ve tasarımlar ile gelebileceği için biraz değişiklik gösterebilir. Bu noktada öğretmen ve diğer uygulayıcılara yardımcı olması adına uygulama öncesi akademik bir araştırma yapmak, farklı fikirler ile gelen öğrencileri yönlendirmek adına önemli olacaktır. Birçok akademik makale alan yazında mevcuttur. Örneğin, Ioannou ve Ghoul (2013) kapsamlı olarak bir özet niteliğinde olup bu makale ışığında yazar tarafından oluşturulan ve kararmayı önleyen çeşitli süreçler özet olarak Ek 2’de sunulmuştur.

- Grup sayısı kadar elma,
- Meyve bıçağı,
- Bal,
- Limon,
- Ananas,
- Streç film,
- Portakal,
- Sirke,
- Tuz,
- Isıtma için elektrikli ısıtıcı,
- Ortamın pH’sına bakmak için pH kâğıtları,
- Kalem,
- Havlu kâğıt,
- Saat,
- Fotoğraf makinası (cep telefonu).

Etkinlik basamaklar halinde anlatılacaktır. Etkinliğe başlamadan önce öğrencilere aşağıdaki problem durumu sunulur:

- Gıda sektöründe saklama ve işlemler sırasında meyvelerin kararması bu sektörde çok önemli bir problem olup her geçen gün daha çok dikkat çekmektedir.
- Bu (enzimatik) kararma gıda sektöründe meyvenin hem görüntü hem tat hem de besin anlamında kalitesini düşürmektedir.
- Staj yaptığınız meyve suyu fabrikasında, kimya ve biyoloji bilgisine sahip bir kişi olarak sizden bu soruna bir çözüm bulmanızı istiyorlar. Elmanın kararmasını önlemek ya da en azından yavaşlatmak için ne gibi bir tasarım planlar ve uygularsınız?

Problem durumu tanıtıldıktan sonra Wheeler vd. (2014) tarafından önerilen mühendislik tasarım modeline göre hazırlanan çalışma kâğıdı öğrencilere dağıtılmıştır (Ek 1).

1. Beyin Fırtınası

Wheeler vd.’nin modelinde (2014) ilk basamak olan beyin fırtınası kısmında öğrencilere; elmanın kararmasını önlemek için hangi malzemeleri kullanabilirsiniz sorusu sorulmuştur. Grup içerisinde yapacakları beyin fırtınasına dayanarak akıllarına gelen uygun malzemeleri çalışma kâğıdına not almaları istenmiştir. Bu basamak öğrencilerin seviyelerine bağlı olarak 10-15 dakika arasında sürebilmektedir. Gruplar akıllarına gelen uygun fikirleri çalışma kâğıdının ilk bölümüne not alırlar ve ikinci kısma geçilir. Yazarın uygulamasında öğrenciler havasız ortamda tutma, su içerisinde saklama, soğuk ortamda tutma gibi akıllarına gelen ilk fikirleri beyan etmişlerdir.

2. Araştırma

Bu basamakta, grupların bir önceki basamak olan beyin fırtınası basamağında ortaya koydukları fikirler doğrultusunda araştırma yapması gerekmektedir. Araştırma basamağında öğrencilere verilecek süre öğrenci seviyesi ile değişmekle beraber yaklaşık olarak 20-30 dakikadır. Araştırma teknoloji yardımı ile yapabileceği gibi teknolojik cihaz ve internet bağlantısı olmayan okullarda kitap ve çeşitli dökümanların öğretmen tarafından okula getirilmesi ile de yapılabilir. Zaman sıkıntısı var ise bir ders/gün öncesinden elmanın kararması reaksiyonu ile ilgili araştırma yapıp gelmeleri öğrencilere ödev olarak da verilebilir. Öğrencilerin araştırma süreçlerine rehberlik yapmak adına aşağıdaki sorular sorulabilir.

- Elmanın kararmasını önlemek için yapacağınız tasarımda neyi bilmek istersiniz?
- Hangi malzemeler elmanın kararmasını önlemek için en idealdir?
- Hangi kaynaklar sizin için yararlı olabilir?
- Bu problemi çözmek için neleri bilmeniz gereklidir? Hakkında araştırma yapmak istediğiniz soruları yazınız.

- Araştırma yaptıktan sonra, eğer yeni bir şey öğrenmiş iseniz, çalışma kâğıdınıza farklı renk bir kalemle not alınız.

Uygulamaya katılan öğrencilerden bu basamak için yazılan notlara örnekler şu şekildedir:

- *Limonun pH'sı kaçtır?*
- *Streç film elmanın hava almasını ne kadar önleyebilir?*
- *Avakado meyvesinin antioksidan içeriği kararmayı önlemek için yeterli midir?*
- *Sıcak ya da soğuk uygulamalar kararmayı önler mi?*

3. Tasarım

Bu basamakta gruplar karar verdikleri süreci tasarlamak için gerekli malzemeleri yazar ve tasarımlarını ortaya koyarak öğretmenlerine gösterip süreç, malzeme ve tasarım ile ilgili dönüt alırlar. Bu basamak için de grup sayısına bağlı olmakla birlikte yaklaşık olarak 15 dakika yeterlidir.

4. Yapım ve Deneme

Bu aşamada gruplar öğretmenin onayını aldıktan sonra tasarımlarını gerçekleştirirler. Tasarımı denemeye geçmeden önce öğretmen sınıfa şu soruyu sorar: “Peki, tasarımınızın işe yarayıp yaramadığını nasıl belirlersiniz? Yani, tasarımın kararmayı önlediğini/yavaşlattığını nasıl anlayacağız?” Bu soru üzerine öğrencilerin düşünmesi sağlanıp bir referans noktaya yani karşılaştırma yapmaya ihtiyaçları olduğunun farkına varmaları sağlanır. Bunun için bir elma dörde bölünerek ne kadar sürede karardığı gözlenir ve kaydedilir. Elma genelde 10 dakika gibi bir sürede kararmaya başlamaktadır ancak burada elmanın türü, tazeliği ve birçok farklı değişken de bu süreci değiştirmektedir. Dolayısıyla, her grup kendi elmaları ile referans alacakları noktayı belirlemelidirler. Ya da bir diğer çözüm önerisi olarak öğretmen sınıfa grup sayısı kadar aynı elmadan getirmelidir. Kararma süresi için referans noktası belirlendikten sonra gruplar aynı elma ile devam ederek tasarımlarını denirler.

Genelde karşılaşılan kararmayı engelleme süreçleri şunlardır:

- Hava ile ilişkiyi kesecek önlemler (Suya koyma ya da streç filmle kaplama).
- Reaksiyonu yavaşlatacak önlemler (Sıcaklığın azaltılması).
- Enzim aktivitesini azaltma (Isıtma 80°C ile enzim aktivitesini bozulur ama tat kaybı da yaşanır).
- pH ile enzim aktivitesi bozulabilir.
- Oksijen miktarını azaltıcı önlemler (Vakumlu ortamda çalışma, havasız paketler).

Gruplar tasarımlarının kararmayı yavaşlatıp yavaşlatmadığını anlamak için her 10 dakikada bir fotoğraf çekerler ve bu takibi 4 ya da 5 kez (zamanın uygunluğuna göre) tekrar ederler. Dolayısıyla bu basamak için 40-50 dakika yeterlidir. Uygulamadaki örnekler aşağıda sunulmuştur (Fotoğraflar 1-4).



Fotoğraf 1. Antioksidan (Avakado Meyvesi) Kullanımı ile Kararmayı Engelleme



Fotoğraf 2. Antioksidan (Bal) Kullanımı ile Kararmayı Engelleme



Fotoğraf 3. Isıtma ile Kararmayı Önleme



Fotoğraf 4. Grupların Tasarımları

5. Yeniden Tasarım

Gruplar tasarımlarını diğer gruplara göstererek neleri tercih ettiklerini kısaca anlatırlar. Hangi grubun daha iyi sonuç aldığına kriterlere bakılarak karar verilir. Daha sonra gruplara yeniden tasarlama şansı verilir. Bu basamakta öğrencileri daha iyi yönlendirebilmek adına şu sorular sorulabilir:

- Tasarımınızı geliştirmek için neler yapabilirsiniz? En azından bir öneri üzerinde deneme yapınız, tasarım adımına dönüp değişikliği farklı renkte bir kalem ile not alınız.
- İlk tasarımınızı ve yaptığınız düzeltmeyi göz önünde bulundurarak elmanın kararmasını önlemek için tekrar tasarım yapınız.
- Tasarımınızın son halinin ana hatlarını belirtiniz.

Bu uygulamada gruplar arasında göreceli olarak daha çok kararına gözlenenler daha az kararına gözlenen grupların tasarımlarını deneyeceklerini belirtmişlerdir. Örneğin, bal kullanan grup beklediklerinden daha çok kararına gerçekleştiği için limonlu suda bekletme seçeneğini deneyeceklerini belirtmişlerdir. Ya da avakado yerine farklı antioksidan özellikteki diğer meyveleri (örneğin, ananas) deneyeceklerini belirtmişlerdir. Bu basamak için grup sayısına bağlı olmakla birlikte yaklaşık 15 dakika yeterlidir.

6. Değerlendirme

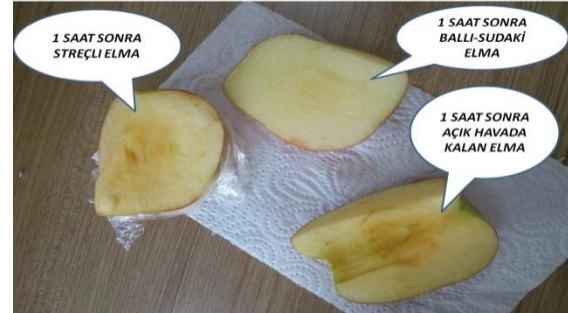
Son olarak, yeniden tasarım basamağında ortaya konan tasarımlar, en başta gruplara duyurulmuş olan kriterler kullanılarak değerlendirilir ve en iyi tasarım sınıf katılımı ile birlikte belirlenir. Kriter tablosu Ek 3'te sunulmuştur. Bu kısımda özellikle teknoloji

kullanımı teşvik edilir. Grupların tasarımının etkililiğini karşılaştırabilmek adına her bir grup kendi tasarımı ile ilgili verileri ve fotoğrafları bir programı kullanarak (genelde sunum programları tercih edilmektedir) sunuma hazır hale getirir (Fotoğraf 5). Bu basamak, sınıftaki öğrenci sayısına bağlı olarak yaklaşık 30 dakika sürmektedir.



Fotoğraf 5. Grupların Hazırlamış Oldukları Sunum Slaytı

Bu imkân yok ise gözlem yoluyla karşılaştırma yapmak suretiyle de en iyi tasarıma karar verilebilir (Fotoğraf 6).



Fotoğraf 6. Gözlem Yolu ile En İyi Tasarımın Belirlenmesi İçin Tasarımların Bir Araya Konulması

SONUÇ ve ÖNERİLER

Uygulamaya katılan öğretmenler etkinliğin zevkli olduğunu ve uygulamasının kullanılan malzemeleri satın alma ya da ulaşılabilirliği açısından kolay olduğunu belirtmişlerdir. Bu noktalara ek olarak özellikle tehlikesiz ve günlük hayat kimyasallarının kullanımını içerdiği için de güvenlik açısından sorunsuz bulduklarını söylemişlerdir. Ayrıca, öğrencilerin araştırma yaparak öğrenmelerine fırsat verilmesinin ve araştırma temelinde tasarımda odaklanacakları soruları belirlemelerinin bilimsel araştırma becerilerinin de gelişmesine katkıda bulunduğunu eklemiştir.

Öğrencilerin etkinlik süresince doldurmaları istenen çalışma kâğıtları incelendiğinde yaptıkları tasarımların ve elde ettikleri sonuçların bilimsel temelleri/nedenleri ile ilgili akıl yürütme yaptıkları gözlenmiştir. Örneğin, araştırma basamağında ortaya koymuş oldukları sorular yapmış oldukları araştırma ile kararmanın enzimatik bir reaksiyon olduğunu, bu reaksiyonun gerçekleşebilmesi için oksijenin gerekli olduğunu ve antioksidan kavramını öğrenmiş olduğunu göstermektedir. Ortaya koymuş oldukları araştırma sorularına örnekler aşağıda verilmiştir:

- *Elma neden kararır?*
- *Kararmayı azaltan etkenler nelerdir?*
- *Elmanın cinsi kararmayı etkiler mi?*
- *Hangi besinler antioksidan açısından zengindir?*
- *Limonun pH'sı enzimin çalışmasını engellemek için yeterli midir?*

Yine çalışma kâğıtları incelendiğinde öğrencilerin enzim aktivitesine etki eden faktörler üzerinden yola çıktıkları anlaşılmıştır. Yaptıkları araştırmalar sonucunda antioksidan kavramını, lise Biyoloji öğretim programında yer almamasına rağmen, öğrendikleri, pH ve sıcaklık (elma dilimlerini kaynatma) ile enzim aktivitesini değiştirebileceklerini öğrendikleri belirlenmiştir. İlgili alan yazında FeTeMM yaklaşımının katılımcıların kavramsal anlamalarına olumlu etkisi olduğunu Apedoe, Reynolds, Ellefson ve Schunn (2008) ortaya koymuşlardır. Yine bu incelemelerden çıkarılabilecek bir diğer sonuç ise kaplama ile oksijensiz bırakma (reaksiyon hızına etki eden faktörlerden derişim olarak düşünülmüştür) haricinde grupların ortaya koyduğu diğer tasarım fikirleri ile probleme daha çok biyolojik açıdan (enzim yapısı, enzim aktivitesi) odaklanmış oldukları tespit edilmiştir. Son olarak, bir grubun kırmızı ve yeşil elma dilimleri (elma türünün kararmaya etkisine odaklanma) ile tasarımlarını ayrı ayrı denemeleri de yine tasarımlarını bilimsel akıl yürütme ile yaptıklarını ortaya koymaktadır. Alan yazında FeTeMM yaklaşımının bilimsel süreç becerisinin gelişiminde etkili olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Gokbayrak & Karisan, 2017).

Uygulama sırasında öğrencilerin grup arkadaşları ile araştırma yapmalarına fırsat verilmeli, tasarımlarını kendileri belirlemeli,

öğretmen bu süreçte rehber olarak kalıp sadece gerekli noktalarda ve sorular sorarak rehberlik yapmalıdır. Bu nokta ile ilgili olarak alan yazında öğrencilerin araştırma basamağını hızlıca geçerek tasarım ve deneme yapma konusunda istekli oldukları tespit edilmiştir (Whitworth & Wheeler, 2017). Bu durum ile ilgili olarak uygulama yapacak olan kişilerin farkında olmaları ve gerekli önlemleri almaları iyi olacaktır.

Uygulamada karşılaşılan bir durum şu şekilde gerçekleşmiştir. Uygulamaya hazır olarak gidebilmek adına marketten alınan bir elma yazar tarafından evde kaç dakikada kararacağını belirlemek için kesilmiştir. 10 dakikalık aralıklar ile fotoğraf çekilmesi planlanmıştır. Ancak kesilen elma, üzerinden bir gün geçmesine rağmen kararmamış sadece su kaybederek büzülmüştür. Bu noktada bilimsel bir analiz yapmamakla birlikte, yapılan araştırmalardan hareketle yazar genetik olarak kararmayı önleme yoluyla üretilen yani genetiği değiştirilen bir elma almış olabileceği ya da başka bir olasılık olarak doğal ıslah yöntemleri sonucu elde edilen bir elma almış olabileceği çıkarımına varmıştır. Dolayısıyla uygulama yapacak kişilerin kullanacakları elmalardan bir tanesi ile önceden deneme yapması uygulama açısından sağlıklı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M. S., Öner, T., & Özdemir, S. (2015). *STEM eğitimi Türkiye raporu: Günün modası mı yoksa gereksinim mi? [A report on STEM Education in Turkey: A provisional agenda or a necessity?]* İstanbul: İstanbul Aydın Üniversitesi STEM Merkezi ve Eğitim Fakültesi.
- Apedoe, X. S., Reynolds, B., Ellefson, M. R., & Schunn, C. D. (2008). Bringing engineering design into high school science classrooms: The heating/cooling unit. *Journal of Science Education and Technology*, 17(5), 454–465. doi: 10.1007/s10956-008-9114-6
- Aydeniz, M. (2017). *Eğitim sistemimiz ve 21. Yüzyıl hayalimiz: 2045 hedeflerine ilerlerken, Türkiye için STEM odaklı ekonomik bir yol haritası*. http://trace.tennessee.edu/utk_theopubs/17 adresinden erişildi.

- Brenier, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M., (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3–11.
- Gokbayrak, S., & Karisan, D. (2017). An Investigation of the effects of STEM based activities on preservice science teacher's science process skills. *Western Anatolia Journal of Educational Sciences*, 8(2), 63-84. <https://doi.org/10.14687/jhs.v14i4.5017> adresinden erişildi.
- Ioannou, I., & Ghoul, M. (2013). Prevention of enzymatic browning in fruit and vegetables. *European Scientific Journal*, 9(30), 310-341.
- Johnson, C. C. (2013). Conceptualizing integrated STEM education. *School Science and Mathematics*, 113(8), 367–368. <https://doi.org/10.1111/ssm.12043> adresinden erişildi.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2018a). *Biyoloji dersi öğretim programı (9-12. Sınıflar)*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2018b). *Kimya dersi öğretim programı (9-12. Sınıflar)*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Moore, T. J., Johnson, C. C., Peters-Burton, E. E., & Guzey, S. S. (2015). The need for a STEM roadmap. In Johnson, C. C., Peters-Burton, E. E., & Moore, T. J. (Eds.), *STEM roadmap: A framework for integrated STEM education* (pp. 3-12). London: Routledge.
- National Research Council. (2012). *A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Next Generation Science Standards Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H. H., & Park, M. S. (2012). Is adding the E enough? Investigating the impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM integration. *School Science and Mathematics*, 112, 31-44.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research* 2(1), 28–34. doi: 10.5703/1288284314653.
- Wheeler L., Whitworth B., & Gonczi A., (2014). Engineering design challenge. *The Science Teacher*, 81(9), 30–36.
- Whitworth, B., & Wheeler, L. B. (2017). Is it engineering or not? To bring engineering tasks into the classroom, know what qualifies-and what doesn't. *The Science Teacher*, 84(5), 25-29.

Kaynak Gösterme

- Aydın-Günbatar, S. (2018). Elmanın kararmasının engellenmesi: Bir FeTeMM etkinliği. *Araştırma Temelli Etkinlik Dergisi*, 8(2), 99-110. <http://www.ated.info.tr/index.php/ated/issue/view/16> adresinden erişildi.

Ek 1

Çalışma Kağıdı

1. Beyin fırtınası:

Elmanın kararmasını önlemek için hangi malzemeleri kullanabilirsiniz? Aklınıza gelen uygun malzemeleri not alınız.

2. Araştırma:

Elmanın kararmasını önlemek için yaptığınız tasarımda neyi bilmek istersiniz?

Hangi malzemeler elmanın kararmasını önlemek için en idealdir?

Hangi kaynaklar sizin için yararlı olabilir?

Bu problemi çözmek için neleri bilmeniz gerekli? Hakkında araştırma yapmak istediğiniz soruları yazınız.

Araştırma yaptıktan sonra, eğer yeni bir şey öğrenmiş iseniz, farklı renk bir kalemle not alınız.

3. Tasarım:

Elmanın kararmasını önlemek için tasarımınızı yapınız ve kullandığınız malzemeleri not alınız. Hocanızla konuşup tasarımınız için dönüt alınız.

4. Yapım ve Deneme:

Tasarımınızı yapıp 40-50 dakika bekletiniz. **Test etmeden önce**, tasarımınızla ilgili verileri kaydedip size verilen ölçütler listesine göre etkililiğini değerlendiriniz. (Kriterleri yazıp ne kadar sağladığınıza bakınız).

5. Yeniden Tasarım:

Tasarımınızı geliştirmek için neler yapabilirsiniz? En azından bir öneri üzerinde deneme yapınız, tasarım adımına dönüp değişikliği farklı renkte bir kalem ile not alınız.

İlk tasarımınızı ve yaptığınız düzeltmeyi göz önünde bulundurarak elmanın kararmasını önlemek için tekrar tasarım yapınız.

Tasarımınızın son halinin ana hatlarını belirtiniz.

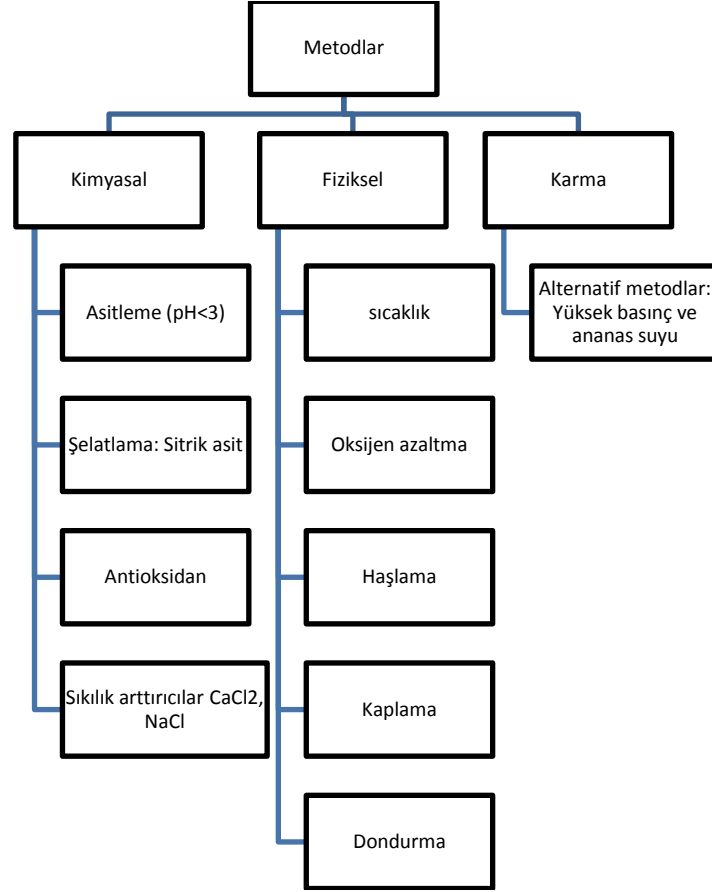
6. Değerlendirme:

Dersin başında size verilen ölçütlere göre tasarımınızı değerlendiriniz.

Tasarımınızın ilk ve son halini karşılaştırınız. Gelişmeleri değerlendiriniz.

Ek 2

Elmanın Karamasını Engelleme Yöntemleri Özeti (Ioannou & Ghoul, 2013)



Ek 3

Kriter Tablosu (Rubrik)

Kriterler	Mükemmel	İyi	Kötü
Toksik olmayacak çözümler			
Elmanın tadını bozmayacak çözümler			
En uzun süre çözüm sunması			
Ekonomik bir çözüm olması			
Farklı bir fikrin ortaya konması			