



Laboratuvar Uygulamalarında Çöktürme Titrasyonları Konulu Senaryoların Etkisi

The Effect of Scenarios about Precipitation Titrations in Laboratory Applications

Tuğçe GÜNTER^{ID}, Assoc. Prof. Dr., Zonguldak Bulent Ecevit Üniversitesi, tugcegunter85@gmail.com

Sibel KILINÇ ALPAT^{ID}, Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, sibelnwsa@gmail.com

Özge ÖZBAYRAK AZMAN^{ID}, Dr. Öğretim Üyesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, ozgeozbayrak@gmail.com

Günter, T., Kılınç Alpat, S. ve Özbayrak Azman, Ö. (2022). The effect of scenarios about precipitation titrations in laboratory applications. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 13(2), 959-980.

Geliş tarihi: 27.08.2022

Kabul tarihi: 05.10.2022

Yayımlanma tarihi: 28.12.2022

Öz. Araştırmada Genel Kimya III (Analitik Kimya) dersi “Çöktürme Titrasyonları” konusunda örnek-olaya dayalı laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma grubunu bir üniversitenin Fen Bilgisi Öğretmenliği Programında okuyan ikinci sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Mevcut iki şubeden birisi deney (n=32), diğeri kontrol grubu (n=32) olarak rastgele seçilmiştir. Araştırma ön-test son-test kontrol gruplu yarı-deneysel desendir. Deney grubu öğrencileri örnek-olaya dayalı laboratuvar uygulamalarıyla, kontrol grubu öğrencileri ise öğretim programına uygun laboratuvar uygulamalarıyla dersi işlemiştir. Araştırmada çöktürme titrasyonları konusunda günlük yaşamla ilişkili iki örnek olay geliştirilmiştir. İlk örnek olayın konusu, havuz dezenfeksiyonunda aşırı klor gazının kullanımından dolayı zehirlenen bir gence, ikinci örnek olayın konusu ise tatlı su balığının deniz suyuna bırakılması sonucu balığın başına gelenlerin anlatılmasına dayanmaktadır. 11 Açık uçlu sorudan oluşan “Çöktürme Titrasyonları Başarı Testi” veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Testteki açık uçlu sorulara verilen yanıtlar puanlanarak nicel veriler elde edilmiş ve bağımsız ve bağımlı gruplar için t-testi ile analiz edilmiştir. Açık uçlu sorular ayrıca içerik analiziyle analiz edilmiştir. Çalışma sonuçları, örnek-olaya dayalı laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin çöktürme titrasyonları (arjantometrik yöntemler) konusunda tam anlamalarını ve akademik başarılarını arttırdığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Akademik Başarı, Örnek-olaya Dayalı Laboratuvar Uygulamaları, Örnek Olaylar, Genel Kimya III, Çöktürme Titrasyonları.

Abstract. This study aimed to examine the effect of case-based (CBL) laboratory applications, used for the ‘Precipitation Titrations’ topic in a General Chemistry III (Analytical Chemistry) laboratory course, on students’ academic achievement. The study was composed of second-year undergraduate students who were studying in the Science Teaching Program of a university. One of the two existing branches was determined as an experimental group (n=32), the other was determined as a control group (n=32) randomly. The research was designed as a quasi-experimental study with a pretest-posttest control group. The experimental group students were taught by CBL-based laboratory applications and the control group students were taught by the conventional laboratory applications. Two case studies concerning daily life experiences were developed within the topic of precipitation titrations. The subject of the first case study is a young person who was poisoned due to the use of excessive chlorine gas in pool disinfection, while the subject of the second case study is based on describing what happened to the fish as a result of releasing the freshwater fish into the sea water. ‘The Precipitation Titrations Achievement Test (PTAT)’ was used as a data collection tool. The study results showed that CBL-based laboratory applications about the precipitation titrations (argentometric methods) may play a role in increasing students’ clear understanding and academic achievement.

Keywords: Academic Achievement, Case-based Laboratory Applications, Case Studies, General Chemistry III, Precipitation Titrations.

Extended Abstract

Introduction. The methods of precipitation titrations (argentometric methods), in particular, belong to the group of volumetric precipitation titrations and these methods play an important part in General Chemistry III (Analytical Chemistry) and Environmental Chemistry laboratory courses in general. The Mohr Method among these methods is used in particular for the determination of chlorides in food and water. Therefore, this method is used effectively in General Chemistry III laboratory course. It is crucial that the learners should perform the titration experiment by understanding the topic of precipitation titrations better and relating their analysis to everyday life in this laboratory course. Within this context, the active learning methods have been explored in the literature in order to enable for the learners to actively acquire the knowledge and skills required, especially in chemistry laboratory courses.

Although many active learning methods are used in chemistry laboratory courses in the relevant literature, there is a limited number of studies investigating the effects of the problem-based learning approach (PBL), case-based learning method (CBL) and daily life problems for various chemistry topics on students' understanding; learning and problem-solving and metacognitive skills. However, there is no study has been observed in the literature in which case studies are used for the topic of precipitation titrations, which is often the subject of experiments within the General Chemistry III laboratory course. However, there is no study has been observed in the literature in which case studies are used for the topic of precipitation titrations, which is often the subject of experiments within the General Chemistry III laboratory course. Within this context, this issue is still an open question. This is an important issue because it was considered that students would be more likely to understand the General Chemistry III experiments especially the experiment of Mohr Method better when the topics were based on problems related to everyday life.

This study could fill the gaps in the literature concerning the effect of CBL applications on students' academic achievements in this subject area. In addition, it is thought that this research may shed light on further studies in this field. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of CBL used for the 'Precipitation Titrations' topic in the General Chemistry III Laboratory Course on academic achievement.

Method. The pretest-posttest control group research design was used in the research. The study group of this study consisted of 2nd-year students (N=64) who were studying in the Science Teaching Program of a university in Izmir. The students had enrolled in two different laboratory sections and the two sections were randomly assigned to be an experimental group (N=32) and a control group (N=32). The Precipitation Titrations topic was taught to the experimental group via CBL-based laboratory applications, while it was taught to the control group via conventional laboratory applications during the implementation process. In the study, the Precipitation Titrations Achievement Test (PTAT), which consists of 11 open-ended questions related to 'Precipitation Titrations' was developed by taking the opinions of three analytical chemistry experts into account. The open-ended questions were scored by categorizing them using content analysis. The categories were as follows: clear understanding (CU), partial understanding (PU), misunderstanding (MU), incomprehension (IC), and unanswered (UA). Statistical analysis of the data was conducted in the SPSS 19.0 package program and the parametric statistics (independent samples t-test for independent groups and paired samples t-test for dependent groups) were used. Case studies were developed by taking into account the opinions of three experts. Two case studies related to daily life experiences were developed and applied within the Precipitation Titrations topic. These were titled 'Do you want to swim in the pool?' and 'What happened to Little Barb?'. The sub-themes on which both case studies were based were prepared in relation to the sub-themes of the PTAT developed.

Before the implementation, the researchers provided theoretical information to the experimental group students about precipitation titrations during the theoretical part of the General Chemistry III Laboratory course and then PTAT pre-test was applied. The students were given the

case studies and they were asked to discuss them by brainstorming. After discussion, the students were randomly assigned to groups of five and each group was given a research topic and they were asked to prepare a presentation on their topic based on their research until the next course. At the beginning of the course; the students presented their research topics in an intergroup discussion under the guidance of the researcher. After the presentations, the students were asked to comment on the relevant case studies. In the direction of the case studies, each group designed an experiment for the precipitation titrations topic. Then, by providing a discussion environment between the groups in the class, the students decided on the most suitable experiment design (Mohr Method). They performed the experiment in the laboratory environment. PTAT post-test was applied to the students after the experiment.

Before the implementation process, theoretical information about the precipitation titrations were given by the same researcher to the students in the control group, as well as in the experimental group and then PTAT pre-test was applied to them. After the pre-test application, the precipitation titration experiment (Mohr Method) was given to the students. They were randomly assigned to groups of five and the information about the theoretical information about the same research topics, which were given to the experimental group, were given to them. They were asked to study the given experiment and theoretical information about research topic still the next laboratory course. At the beginning of the course, the students had an oral examination about the methods of precipitation titrations, the answers of the research questions given, Mohr Method and the experiment. They performed the experiment and then PTAT post-test was applied.

Results. The results of independent samples t-test showed that there was no statistically significant difference between the experimental and control groups, in terms of PTAT pretest academic achievement scores ($t=0.1404$; $p>0.05$). According to the the paired samples t-test analysis results for the dependent groups, it was determined that there was a significant difference between the mean pre-test scores and mean post-test scores of the students in the experimental and control groups in favor of the post-test ($t_{(31)}=11.999$; $p<0.05$).

When examined the results of the PTAT pretest-posttest content analysis, it was revealed that implementing the study increased the frequencies of responses of the students in the experimental group in the CU and PU categories and decreased the frequencies of response in the IC and UA categories.

Discussion and Conclusion. According to the findings of this research, there was no significant difference between the PTAT pre-test scores of the students in both groups, whereas there was a statistically significant difference between the PTAT pretest-posttest scores of the students in both groups in favor of the post-test. The results also showed that there was a significant difference between the post-test scores in favor of the experimental group. In addition, when the PTAT post-test content analysis results of the experimental group and the control group were compared, the answers demonstrating clear and partial understanding in both groups had increased, but the answers given by the experimental group which showed clear understanding were higher than those of the control group. This finding shows that CBL-based laboratory applications can increase students' clear understanding.

In the light of these findings, it can be argued that CBL-based laboratory applications may be effective in increasing students' academic achievement and clear understanding concerning precipitation titrations. This finding is supported by a lower number of studies in chemistry education in the literature.

In conclusion, this study is expected to contribute to the field of chemistry education and shed light on future studies, because there is no other study in the literature about the effect of CBL-based laboratory applications on the academic achievement of students with regard to the topic of precipitation methods within a General Chemistry III laboratory course.

In this research, some common misconceptions about this topic have been detailed here for the first time. It is also considered to work on eliminating these misconceptions and that the scope of

the case study can be expanded by adding the determination of the amounts of bromide and iodide ions as anions for further studies. This research can be considered as a pilot study as well since the effect of CBL-based laboratory applications could be measured more extensively in future studies by using the obtained data if the study group size could be increased.

Giriş

Kimya bilimi günlük yaşamda önemli bir yeri olan ve diğer bilim alanlarına da hizmet eden bir bilim dalıdır. Üniversite düzeyinde en iyi şekilde öğretimi de bu nedenle dikkate değerdir. Kimya konularının öğretiminde makroskobik, altmikroskobik ve sembolik bileşenlerden ve bu bileşenler arasındaki geçişlerden yararlanılmakta, deneyler ile deneyimler ise makroskobik seviyeyi oluşturmaktadır (Johnstone, 1993; Yıldırım, 2019). Bu bağlamda öğrencilerin kimyada geçen altmikroskobik kavramları anlamalarında laboratuvar uygulamaları önemli bir yer tutmaktadır. Genel Kimya III dersi ise Analitik Kimya konularını içeren bir ders olup, dersin kapsamında teorik bilgi ve deneysel uygulamalar mevcuttur. Analitik Kimya; daha az materyal, zaman ve çaba harcayarak herhangi bir maddenin ya da sistemin nicel, nitel ve yapısal özelliklerini en yüksek kaliteyle ortaya çıkarmayı amaçlayan bir bilim dalı olduğundan, bu derste analitik yaklaşımla deneysel bir sürecin tasarlanması ve uygulanmasında laboratuvar çalışmaları oldukça önemlidir (Harvey, 2000; Murray, 1991; Valcarcel, 1992). Bu nedenle, gravimetrik ve volümetrik analiz tekniklerine yer verilen Genel Kimya III dersinde öğrenenlerin uygulamalara aktif bir şekilde katılması, başarı, performans, eleştirel ve yaratıcı düşünme becerilerinin gelişmesi, analizlerini günlük yaşamla ilişkilendirmesi, işbirlikli çalışmayı öğrenmesinin oldukça önemli olduğu düşünülmektedir. Çünkü uygulama derslerinin öğrenenlerin bağımsız düşünerek öğrenmelerine, amacı belirlemelerine, numune hazırlamalarına, numuneyi analiz edebilmelerine, sonuçları değerlendirmelerine, yorumlamalarına ve günlük yaşamla ilişkisini belirlemelerine fırsat verici nitelikte olması gerekmektedir (Matilainen, Koliseva, Valto, & Valisaari, 2017; Robinson, 2013).

Bu bağlamda, literatürde özellikle kimya laboratuvar derslerinde öğrenenlerin istenilen bilgi ve becerileri aktif şekilde kazanmalarını sağlamada aktif öğrenme yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir. Örneğin Orla'nın (2005) yaptığı çalışmanın sonucu; probleme-dayalı öğrenme (problem-based learning= PBL) temelli laboratuvar uygulamasının lisans öğrencilerinin derse yönelik ilgilerini arttırdığını ve grup çalışmasının faydalı olduğuna dair olumlu görüşler ifade ettiklerini göstermiştir. Witteck, Most, Kienast, ve Eilks (2007) tarafından gerçekleştirilen çalışmada işbirlikli çalışmaya dayalı laboratuvar uygulamasının öğrencilerin öğrenmesinde ve etkili bir öğrenme ortamının sağlanmasında başarılı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Stephenson ve Sadler-McKnight (2016) yaptıkları araştırmada bilimsel yazma laboratuvar yaklaşımının lisans düzeyi genel kimya dersinde öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Garcia-Salgado, Gomez, ve Marco (2017) yaptıkları çalışmada farklı kimya konularının laboratuvar uygulamaları için (kolon kromatografisi, destilasyon, kalorimetrik yöntem gibi) deney videoları ile oyun geliştirmişlerdir. Çalışmanın sonucu görsel-işitsel materyallerin öğretim araçları olarak kullanılmasının öğrencileri motive ettiği ve öğrenmelerini arttırdığını göstermiştir. Najmr, Chae, Greenberg, Bowman, Harkavy, ve Maeyer (2018) yaptıkları çalışmada lisans öğrencilerinin kimya deneylerini geliştirme ve öğretiminde ilköğretim düzeyi öğrencilerine yardımcı oldukları bir aktif öğrenme modeli uygulamışlardır. Araştırmada gerçekleştirilen aktiviteler arasında sunumlar, deneyler ve bireysel projeler yer almaktadır. Laboratuvar uygulamaları stokiyometri, sıcaklık, termodinamik, karışımlar, çözeltiler, spektroskopi, asit-baz, titrasyonlar vb konulara ilişkin deneyleri kapsamaktadır. Çalışmanın sonucu, uyguladıkları modelin lisans öğrencilerinin bilimsel iletişim becerilerinin gelişmesine imkân sağladığını göstermiştir. Loveys ve Riggs (2019) lisans düzeyi biyokimya ve biyoloji dersleri laboratuvar uygulaması öncesi online laboratuvar aktiviteleri geliştirerek uyguladıkları araştırmada uygulama sonrası öğrencilerin öğrenmelerinin arttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Teorik Çerçeve: Örnek-Olaya Dayalı Öğrenme

Yapılandırmacı yaklaşıma dayalı PBL'den türetilen örnek-olaya dayalı öğrenme (case-based learning= CBL) aktif öğrenme yöntemlerinden birisidir. Bu yöntemde, öğrenenler kompleks ve gerçekçi bir problemi çözerken gruplar halinde çalışmakta ve bu şekilde teorik bilgilerini, problem-

çözme, akıl yürütme ve öz-değerlendirme becerilerini geliştirmektedirler (Hilvano, Mathis, & Schauer, 2014; Nkhoma, Lam, Richardson, Kam, & Lau, 2016). Alan yazında kimya laboratuvar derslerinde birçok aktif öğrenme yöntemleri kullanılmasına rağmen; farklı kimya konularında PBL yaklaşımının, CBL yönteminin ve günlük yaşamla ilişkili problemlerin öğrencilerin anlamalarına (Elmas ve Geban, 2016); öğrenmelerine (Flynn & Biggs, 2012) ve problem- çözme ve üst-bilişsel becerilerine (Kaberman & Dori, 2009; Kelly & Finlayson, 2007) etkisini inceleyen sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.

Özellikle uygulama derslerinde 'çöktürme reaksiyonları ve çöktürme titrasyonları' konusunda PBL'nin ve günlük yaşam örneklerinin uygulandığı sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Örneğin, Akgün, Tokur, ve Duruk (2016) yaptıkları çalışmada ilköğretim düzeyi öğrencilerinin 'Su Kimyası ve Su Arıtımı' konusunda yer alan temel kavramları (suyun sertliğini, suların neden klorlandığı) günlük hayatta karşılaşılan durumlarla ne ölçüde ilişkilendirebildiklerini incelemişlerdir. Araştırmada öğrencilerin konuyla ilgili kavramları günlük yaşamlarıyla tam olarak ilişkilendiremedikleri sonucuna ulaşılmıştır.

Yoon, Woo, Treagust ve Chandrasegaran (2014) yaptıkları çalışmada analitik kimya laboratuvarı dersinde PBL'nin öğrencilerin yaratıcı düşünme, öz-düzenleme ve öz-değerlendirme becerilerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmada senaryonun konusu çöktürme ve EDTA titrasyonlarına dayandırılarak hazırlanmış ve uygulanmıştır. Çalışmada PBL'nin öğrencilerin yaratıcı düşünme, öz-düzenleme ve problem çözme becerilerini geliştirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Maines ve Bruch (2012) yaptıkları çalışmada genel kimya laboratuvar dersinde çöktürme reaksiyonları konusunda probleme dayalı bir deney geliştirip uygulamışlardır. Çalışmanın sonucu, öğrencilerin laboratuvar çalışmasında eğlendiklerini ve probleme dayalı deneyin söz konusu konuyu daha iyi anlamalarını sağladığını göstermiştir.

Overton ve Bradley (2010) yaptıkları çalışmada lisans düzeyi analitik kimya dersi için probleme-dayalı öğrenme yaklaşımına dayalı iki senaryo geliştirip, uygulamışlardır. Çalışmada birinci senaryonun konusu, atık sudaki klorür iyonunun belirlenmesine dayalı analitik yöntemlere; ikinci senaryonun konusu ise herbisit diquat ve paraquatlara dayandırılarak geliştirilmiştir. Uygulama sürecinde, öğrencilerin işbirlikli gruplar halinde çalışarak problemlerin çözümüne ulaşmaları sağlanmıştır. Araştırmanın sonucu, probleme-dayalı öğrenmenin öğrencilerin kimya dersine karşı olumlu tutumlar geliştirmelerini sağladığını göstermiştir.

McDonnell, O'Connor ve Seery (2007) yaptıkları çalışmada kimya laboratuvar dersinde probleme dayalı öğrenme temelli geliştirilen küçük projelerin öğrencilerin uygulama deneyimlerine etkisini incelemişlerdir. Araştırmada ince tabaka kâğıt kromatografisi, adli kimya, UV analiz yöntemleri, Lambert-Beer Yasası, kalorimetri, termokimya, koligatif özellikler, çözünürlük, ilaç bileşimi, ekstraksiyon, atomik absorpsiyon, volümetrik analiz, su analizlerinde BOD ve COD, iyon seçici elektrotlar gibi kimya konularına dair deneylere yer verilmiştir. Çalışmanın sonucu, gerçek yaşam problemleriyle ilişkilendirilmiş laboratuvar çalışmalarının öğrencilerin derse katılımlarını ve morallerini arttırdığını göstermiştir. Yukarıda belirtildiği gibi uygulama derslerinde PBL'nin kullanıldığı sınırlı sayıda çalışma mevcut olup, alan yazında Genel Kimya III dersi uygulamalarında yer alan çöktürme titrasyonları konusunda CBL yönteminin akademik başarıya etkisinin incelendiği herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bununla birlikte çöktürme titrasyonları konusunda farklı aktif öğrenme yöntemlerinin kullanıldığı ya da yöntemler ile ilgili öğrenci görüşlerinin alındığı çalışmalar mevcuttur. Örneğin; Liu, Ling, Gao, ve Fu (2022) yaptıkları araştırmada kimya eğitimi alanında öğrenim gören öğrencilerin doğru titrasyon koşullarını öğrenmeleri için bir sanal laboratuvar geliştirerek uygulamışlardır. Çalışmada çöktürme titrasyonları konusunda geliştirdikleri simülasyon programında öğrencilerin bağımsız olarak çözümler tasarladıkları, sanal deneyler yaptıkları ve rehber olacak sorulara dayalı olarak sonuçlar çıkardıkları doğru titrasyon koşulları ile ilgili görevler bulunmaktadır. Araştırmanın sonucu, öğrencilerin programı kullanmanın kolay, pratik olduğu ve etkili bir öğretim

yazılımı olduğuna dair olumlu görüşler ifade ettiklerini göstermiştir. Ek olarak araştırmada öğrencilerin çoğunluğunun programda yer alan görevleri başarıyla tamamladıkları sonucuna ulaşılmıştır.

Christianson ve Waters (2022) yaptıkları çalışmada öğrencilerin toksik olmayan atık üretiminde gümüş klorürün geri dönüştürülebileceği bir rehberli-araştırmaya dayalı enstrümental analiz laboratuvar deneyi tanımlamışlardır. Araştırmada öğrencilere bir önceki laboratuvar deneyinde atık ürün olarak elde ettikleri gümüş klorür örnekleri verilerek, gümüş iyonlarının önce bakır metali ile ardından bakır iyonlarının demir metali ile kademeli olarak indirgenmesini sağlamaları istenmiştir. Ek olarak öğrenciler mevcut çeşitli metal iyonlarının konsantrasyonlarını belirlemede uygun analitik yöntemler seçerek, seçtikleri yöntemlerin metal geri dönüşüm protokolünün etkinliğini değerlendirmede kullanmışlardır. Çalışmanın sonucu, öğrencilerin gümüş klorür geri dönüşüm protokolünü yüksek verimle gümüş ve bakır metali kazanımıyla gerçekleştirebildiklerini, uygulamanın öğrencilerin laboratuvar becerilerini, bilimsel yazılarını değerlendirmede kullanılabilirliğini ve öğrencilerin sürdürülebilir laboratuvar uygulamalarına dair farkındalık kazandıklarını göstermiştir.

Gougerve Mirowsky (2022) yaptıkları çalışmada farklı su filtreleme cihazlarının üç analiti (florür, klorür ve sertlik) ne kadar verimli bir şekilde uzaklaştırdığını karşılaştırmak amacıyla analitik kimya dersinde proje-temelli öğrenme yaklaşımı kullanmışlardır. Araştırmanın ilk bölümünde öğrenciler çeşitli laboratuvar deneyleri yaparak uygulamalı deneyim kazanmışlar, ikinci bölümde ise kazandıkları bu becerileri araştırma projelerini tamamlamak için kullanmışlardır. Çalışmada her gruptan test etmek istedikleri su türünü ve filtre türünü seçmeleri istenmiştir. Çalışmanın sonucu, öğrencilerin laboratuvar, araştırma, rapor yazma ve sunum becerilerine olan güvenlerinin arttığını belirttiklerini göstermiştir.

Aksu (2022) yaptığı yüksek lisans tezinde kimya öğretmen adaylarının titrasyonlar konusuna (asit-baz, kompleksleşme, çöktürme ve redoks titrasyonları) ilişkin zihinsel modellerini belirlemeyi amaçlamıştır. Araştırmanın sonucu, öğrencilerin çoğunluğunun sentez ve ilkel model türlerine ait zihinsel model tiplerine sahip olduğunu göstermiştir.

Mahaffey (2021) yaptığı çalışmada 'Kalsiyum hidroksit bileşiğinin çözünürlük çarpımı sabitini bulma' konusuna yönelik kapsamlı, ekonomik ve kullanımı basit bir sanal laboratuvar modülü geliştirmişlerdir. Çalışmada geliştirilen bu modül ile birlikte laboratuvar ortamında cam malzemelerin kırılmasını, kostik reaktifler vb. gibi güvenlik endişeleri olmadan deneylerin sanal ortamda gerçekleştirilmesini sağlayacağı belirtilmiştir.

Karaer (2020) yaptığı çalışmada Analitik Kimya II dersindeki gravimetrik ve volümetrik (asit-baz titrasyonları, çöktürme titrasyonları, kompleksleşme titrasyonları, redoks titrasyonları) analiz ile ilgili problemlerin öğretiminde akış şemalarının kullanımıyla ilgili öğrenci görüşlerini belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmada öğrenciler kullanılan akış şemalarının problemlerin çözümünü kolaylaştırdığına, problem çözmeyi eğlenceli hale getirdiğine dair olumlu görüşler ifade etmişlerdir.

Alkan (2019) yaptığı çalışmada analitik kimya laboratuvarı dersinde nötralleşme, çöktürme ve oksidasyon titrasyonları konusunda deneysel öğrenme modelinin kimya öğretmen adaylarının öz-yönelimli öğrenmeye hazır bulunuşlukları üzerine etkisini incelemiştir. Çalışmanın sonucu, öğrencilerin öz-yönelimli öğrenme hazır bulunuşluklarının ve öğrenme isteklerinin arttığını göstermiştir.

Nakiboğlu ve Nakiboğlu (2016) Vee-diyagramlarını kullandıkları çalışmada öğrencilerin çöktürme titrasyonları ile ilgili çökeltme, çöktürme titrasyonları, arjantometrik, geri titrasyon ve adsorpsiyon kavramlarıyla ilgili yanlış kavramları olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Koçak ve Alkan (2015) yaptıkları çalışmada çöktürme titrasyonları konusunda teknoloji temelli öğretimin öğrenme ve başarı üzerine etkisine dair kimya öğretmen adaylarının görüşlerini belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmanın sonucu, öğretmen adaylarının çöktürme titrasyonları konusunda teknolojinin kullanılmasının öğrenmeyi ve başarıyı arttıracığına dair olumlu görüşler ifade ettiklerini göstermiştir.

Kunduz ve Seçken (2013) yaptıkları çalışmada lise düzeyi çöktürme titrasyonlarından Mohr ve Volhard yöntemleri konusunda 7E öğrenme modeline dayalı animasyon, sanal laboratuvar ve eğitimsel bilgisayar uygulamaları içeren bilgisayar-destekli öğretim materyali geliştirmişlerdir. Çalışmanın sonucu, yazılımın öğrenci başarılarını arttırmada etkili olduğunu göstermiştir.

Bayrak, Seçken, Özcan Öztürk, ve Ural Alsan (2009) Analitik Kimya dersi klorürün kantitatif tayininde kullanılan Volhard Yöntemi konusunda bilgisayar destekli bir öğretim materyali olarak animasyon ve simülasyon geliştirmişlerdir. Araştırmacılar, bu materyali geliştirme nedenlerinin her ne kadar klorür iyonu tayininin Volhard Metodu ile laboratuvar ortamında yapılabilmesine karşın materyalin öğrencilerin deney adımlarını istedikleri zaman tekrarlamalarına, kontrol etmelerine ve üzerindeki değişiklikleri kontrol edebilme fırsatı sunduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmada geliştirilen simülasyon, yetersiz laboratuvar koşulları dikkate alınarak hazırlanmıştır.

Araştırmanın Amacı ve Önemi

Genel Kimya III dersinin uygulama kısmında, öğrenciler gravimetrik ve volümetrik analiz tekniklerini kullanarak çeşitli denemeler yapmaktadır. Volümetrik analiz tekniği ile; çöktürme, asit-baz, redoks ya da kompleks oluşum tepkimelerine yönelik titrasyon deneyleri yapılmaktadır. Çöktürme titrasyonlarına özellikle Analitik Kimya ve Çevre Kimyası laboratuvar derslerinde yer verilmektedir (Csuros, 1997; Ham & MaHam, 2015; Patnaik, 2017). Çöktürme titrasyonları Mohr, Volhard ve Fajans olmak üzere üç farklı metotla gerçekleştirilmektedir. Bu metotlar özellikle gıdalar ve sulardaki klorür miktarının belirlenmesinde kullanılmaktadır (Nakiboğlu & Nakiboğlu, 2016). Bu metotlardan Mohr Metodu laboratuvar derslerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Öğrenciler Mohr Metodu ile içme suyu, çeşme suyu ve deniz suyu gibi farklı su örneklerindeki klorür miktarını analiz etmektedir. Öğrencilerin bu tür analizleri, öğrenme ortamlarına aktif olarak katılabilecekleri aktif öğrenme yöntemleri ile öğrenmelerinin etkili olacağı düşünülmektedir. Çöktürme titrasyonları konusunda literatürde farklı aktif öğrenme yöntemlerinin uygulandığı ancak CBL'nin kullanıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanmamış olması çalışmanın özgün değerini arttırmaktadır. Çöktürme titrasyonları konusunun günlük yaşamla ilişkili problemlere dayandırılarak işlenmesinin, öğrencilerin bu konuyu daha iyi anlamalarına olanak sağlayabileceği, alan yazına katkı sağlayabileceği ve bu alandaki gelecek çalışmalara ışık tutabileceği düşünülmektedir.

Sunulan çalışmanın amacı Genel Kimya III Dersi “Çöktürme Titrasyonları” konusunda CBL yönteminin öğrencilerin akademik başarılarına etkisinin incelenmesidir. Bu bağlamda, çalışmanın araştırma soruları aşağıdaki şekildedir:

1. Genel Kimya III Dersi “Çöktürme Titrasyonları” konusunda öntest akademik başarı puanları açısından deney ve kontrol grupları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
2. Genel Kimya III Dersi “Çöktürme Titrasyonları” konusunda deney grubunun öntest-sontest akademik başarı puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
3. Genel Kimya III Dersi “Çöktürme Titrasyonları” konusunda kontrol grubunun öntest-sontest akademik başarı puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
4. Genel Kimya III Dersi “Çöktürme Titrasyonları” konusuna yönelik deney ve kontrol gruplarının kavramsal anlamaları nasıldır?

Yöntem

Araştırma Deseni

Bu araştırma, Genel Kimya III dersinde çöktürme titrasyonları ile ilgili örnek- olaya dayalı laboratuvar uygulamalarının akademik başarıya etkisinin incelenmesi amacıyla yapılan ön-test son-test eşleştirilmiş kontrol gruplu yarı-deneysel bir çalışmadır. Eşleştirilmiş grupların seçkisiz bir şekilde deney grupları olarak atandığı çalışmalar yarı-deneysel desendir ve çalışmada eşleştirilmiş desen kullanılmıştır. Bu desende, hazır gruplardan ikisi belli değişkenler üzerinden eşleştirilmeye çalışılır ve eşleştirilen gruplar işlem gruplarına seçkisiz atanırlar. Ön-test uygulaması yapılır, ardından müdahale koşulları uygulanır ve son olarak son-test gerçekleştirilir (Büyüköztürk, Kılıç Çakmak, Akgün, Karadeniz, & Demirel, 2014; Christensen, Johnson, & Turner, 2015; Robson, 2015). Bu çalışmada, örnek-olaya dayalı laboratuvar uygulamaları ve öğretim programına uygun laboratuvar uygulamalarıyla bağımsız değişkenler, akademik başarı ise bağımlı değişkendir. Bu nedenle, yukarıda bahsedilen araştırma sorularına göre, uygulama öncesi ve sonrasında öğrencilerin “Çöktürme Titrasyonları” konusunda akademik başarıları açısından gruplar arası ve grup içindeki farklılıkların incelenmesi amacıyla çalışmada bu araştırma deseni seçilmiştir.

Çalışma Grubu

Araştırmada çalışma grubunu İzmir İl’inde bir üniversitenin Fen Bilgisi Öğretmenliği Programında iki ayrı şubede öğrenim gören 2. sınıf öğrencileri (N=64) oluşturmakla birlikte mevcut iki şubeden birisi deney (N=32) diğeri kontrol (N=32) grubu olarak rastgele seçilmiştir. Çalışmada, öğrenciler bu gruplara rastgele atanmamış, mevcut şubelerden hangi şubenin deney diğerin kontrol grubu olacağı kura yoluyla rastgele belirlenmiştir. Mevcut şubelerin (A ve B) isimleri ile deney ve kontrol yazan dört ayrı parça kâğıt iki ayrı kutuya atılmıştır. Sonrasında bağımsız bir araştırmacı tarafından önce şube adı sonra deney ya da kontrol grubunu belirten birer kâğıt parçası sırasıyla çekilmiştir. Kura sonucunda A grubu deney grubu olarak, B grubu ise kontrol grubu olarak belirlenmiştir.

Aktivitelere ve çalışmaya katılım gönüllülük esasına dayalıdır ve öğrenciler uygulama sürecinde istedikleri zaman çalışmadan ayrılacaklarına dair bilgilendirilmiştir (Best & Kahn, 2017).“Çöktürme Titrasyonları” konusunda sekiz ders saati sürecinde gerçekleştirilen uygulama, deney grubunda örnek olaya dayalı laboratuvar uygulamalarıyla, kontrol grubunda ise öğretim programına uygun laboratuvar uygulamalarıyla işlenmiştir. Araştırmada öğrenciler CBL yöntemi, uygulama süreci, laboratuvar ortamında herhangi bir sağlığı tehdit eden kimyasal maddeye maruz kalmayacaklarına dair bilgilendirilmiş olup, gönüllü katılım formları alınmıştır. Uygulama her iki grupta da aynı araştırmacı tarafından aynı sürede gerçekleştirilmiştir (Kimmel, 2007; Robson, 2015; Taber, 2012, 2014).

Veri Toplama Araçları

Çöktürme Titrasyonları Başarı Testi ‘ÇTBT’

Çalışmada “Çöktürme Titrasyonları” konusuna yönelik 11 açık uçlu sorudan oluşan test üç analitik kimya uzmanının görüşü alınarak geliştirilmiş olup, test her iki gruba da ön- ve son-test olarak uygulanmıştır (Ek-1). Testin kazanımları ve Yenilenmiş Bloom Taksonomisine göre bilişsel alan basamakları Ek-2 ‘de verilmiştir. Uygulama verileri 2020 yılı öncesinde toplanmıştır. Test, Fen Bilgisi Öğretmenliği Programında okuyan ve daha önceki dönemlerde çöktürme titrasyonları konusunu alan öğrencilere (N=103) pilot test olarak uygulanmıştır. Testin güvenilirlik ve geçerlik düzeylerinin

belirlenmesi için testin güvenilirlik katsayısı (Kuder-Richardson 20), maddelerin ortalama ayırt edicilik indeksi (r) ve ortalama güçlük indeksi (p) öğrencilerin açık-uçlu sorulara verdikleri cevaplara göre analiz edilmiştir. Doğru cevaplar (tam ve/veya kısmen doğru bilgi içeren cevaplar) '1' ve yanlış cevaplar (yanlış anlama içeren cevaplar, boş bırakılan ve/veya soruyla ilgisi olmayan cevaplar) '0' olarak puanlanmıştır. Testin ortalama madde güçlük indeksi ve ortalama madde ayırt edicilik indeksi sırasıyla 0,49 ve 0,69 olarak hesaplanmıştır. SPSS paket programı kullanılarak testin güvenilirlik katsayısı 0,883 olarak bulunmuştur. Testin güvenilirliğinin yüksek, orta güçlükte ve çok iyi ayırt edicilik gücüne sahip olduğundan hiçbir maddesi çıkarılmadan uygulanmıştır

Veri Analizi

Araştırmada geliştirilen ÇTBT'deki açık uçlu sorular içerik analiziyle kategorilere ayrılarak puanlanmıştır. Bu kategoriler; Tam Anlama (TA), Kısmen Anlama (KA), Yanlış Anlama (YA), Anlamama (A), Cevapsız (C) şeklindedir. Kategoriler, açıklamaları, puanları ve bazı örnekleri Tablo 1'de gösterilmiştir (Abraham, Williamson, & Westbrook, 1994):

Tablo 1.

Kategoriler, açıklamaları, puanları ve konuyla ilgili bazı örnekler

Kategoriler	Açıklamalar	Puanlar	Bazı örnekler
TA	Tam olarak doğru cevaplar	3	"Deniz ve havuz suyundaki klorür iyonu miktarı arjantometrik yöntemlerle bulunabilmektedir. Bu yöntemler Mohr, Volhard ve Fajans Yöntemleridir."
KA	Bazı doğru yönleri bulunan cevaplar	2	"Deniz ve havuz suyundaki klorür iyonu miktarı arjantometrik yöntemlerle bulunabilmektedir."
YA	Yanlış anlama ve yanlış anlama içeren kısmen anlama içeren cevaplar	1	"Mohr Yönteminde indikatör çözeltisi tiyosiyandır."
A	Sorularla ilgisi olmayan cevaplar	0	"Anlamadım."
C	Boş bırakılan cevaplar	0	"....." (Boş)

ÇTBT'de açık uçlu sorulara verilen cevaplar ayrı ayrı üç uzman tarafından kategorilere ayrılmış, puanlanmış ve ortalama uyuşum yüzdesi 0,88 olarak hesaplanmıştır. Çalışmanın istatistiksel analizleri SPSS 19.0 paket programında yapılmıştır. Araştırmada yer alan kategorilere ait değişkenler frekans ve yüzdeyle; sürekli değişkenler ise medyan, minimum ve maksimum değerleri ile gösterilmiştir. Araştırmada hangi istatistiklerin kullanılacağına belirlenmesi için akademik başarı puanlarının normal dağılım sergileyip sergilemediği incelenmiştir. Bu puanların çarpıklık (Skewness) ve basıklık (Kurtosis) değerleri, Kolmogrov-Smirnov Testi ve Z puanı incelenmiştir (Tablo 2) (Christensen et al., 2015; Green & Salkind, 2003; Seçer, 2015):

Tablo 2.

ÇTBT ön test-son test normallik dağılımı sonuçları

Gruplar	Değişkenler	Basıklık		Z Puanı	Çarpıklık		Z Puanı	K-S Testi
		Katsayı Puanı	Standart Hata		Katsayı Puanı	Standart Hata		
Deney	Ön-test	-.728	.809	-.899	.597	.403	1.481	.924
	Son-test	-.299	.809	-.258	.157	.414	.379	.564
Kontrol	Ön-test	-.977	.809	-1.207	-.100	.414	.241	.837
	Son-test	-.198	.809	-.244	-.668	.414	1.613	1.00

Tablo 2'deki veriler incelendiğinde, puanlara ilişkin çarpıklık ve basıklık katsayılarının ± 1.5 aralığında olması, Z puanlarının ± 1.96 'dan küçük olması, Kolmogrow-Smirnow testi sonuçlarının da $p>0.05$ olması, puan dağılımlarının normal dağılım sergilediğini göstermiştir (Field, 2005; Tabachnick & Fidell, 2007). Buna bağlı olarak, araştırmada parametrik istatistiklerin (bağımsız gruplar için independent samples t test ve Bağımlı gruplar için paired samples t test) kullanılmasına karar verilmiştir.

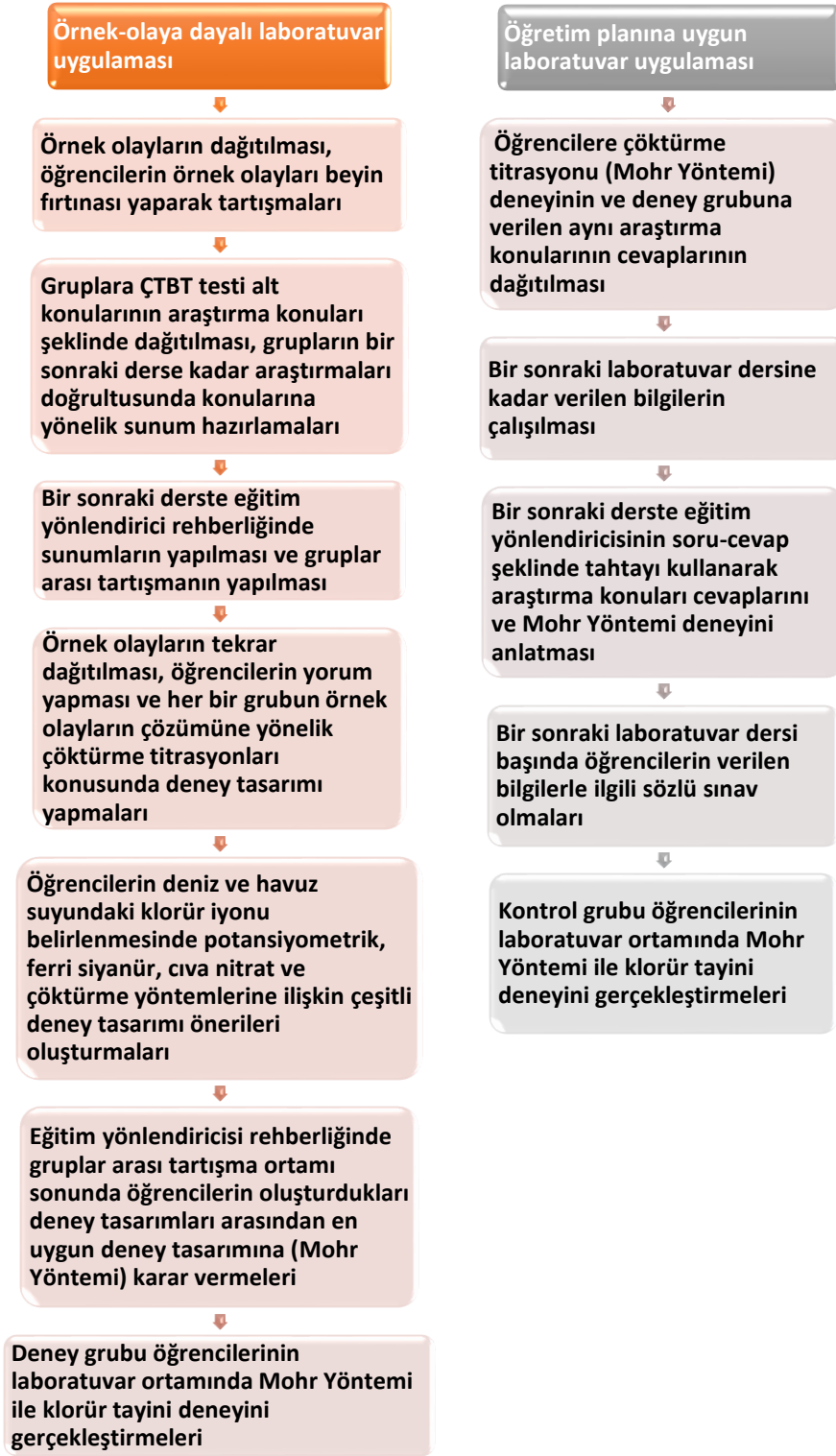
Örnek Olayların Oluşturulması

Araştırmada üç uzman görüşü alınarak “Çöktürme Titrasyonları” konusunda günlük hayatla ilişkili iki örnek olay geliştirilmiştir (Ek-3). Birinci örnek olayın konusu, havuzun dezenfeksiyonunda aşırı klor gazının kullanımından dolayı zehirlenen bir gence; ikinci örnek olayın konusu ise tatlı su balığının deniz suyuna bırakılması sonucu balığın başına gelenlerin anlatılmasına dayanmaktadır. Her iki örnek olayın dayandırıldığı alt konular, geliştirilen ÇTBT testi alt konularıyla ilişkili olarak hazırlanmıştır. Alt konular olarak, deniz suyunun tuzlu olma nedeni; denizlerin tuzluluk oranları; deniz suyundaki tuz miktarının tayin edilme yöntemleri (anyon olarak klorür iyonu); arjantometrik yöntemler ve tuzluluk tayininde kullanılmaları (anyon olarak klorür iyonu); suda bulunan klorür iyonunun kantitatif olarak tayini deney tasarımı; kişisel ve genel havuzlarda klor gazıyla dezenfeksiyon işlemi uygulanması sıklığı ve uygulanan klor gazı miktar düzeyi; suların klorla dezenfeksiyonunda suda oluşan tepkimeler ve tepkime sonucu oluşan klor türevleri; havuz suyundaki klorür iyonu miktarı tayin yöntemi; suların dezenfeksiyonunda klor gazından başka kullanılan dezenfektanlar belirlenmiştir.

Ek olarak öğrencilerin söz konusu örnek olaylarla birlikte denizde yaşayan canlıların osmoregülasyon mekanizması, havuz suyu dezenfeksiyonunda klor gazının kullanımı, klor gazı zehirlenmesi ve ilk yardıma dair bilgiler kazanmaları amaçlanmıştır. Ayrıca öğrencilerin deniz suyunun sülfat, fosfat, nitrat, karbonat vb. iyonları da içerdiğini ve bu çalışmayla birlikte çöktürme titrasyonlarının anyon olarak sadece klorür iyonlarının miktarını bulmada kullanıldığını öğrenmeleri amaçlanmıştır. Örnek olaylarda, öğrencilerin deniz suyunun yutulması durumunda nefes almada güçlüğün çekilmesi ve vücudun dengeye ulaşma şekline; katı gümüş (I) nitratın ($AgNO_3$) vücutta yanık tedavisinde kullanımına; arjiiri hastalığına dair günlük hayatla ilişkili bilgiler kazanmalarına yönelik ‘*Bunları Biliyor Musunuz?*’ bölümü de bulunmaktadır. Kontrol grubu öğrencilerine de söz konusu bilgiler laboratuvar uygulaması sırasında sözel olarak verilmiştir.

Laboratuvar Uygulamaları

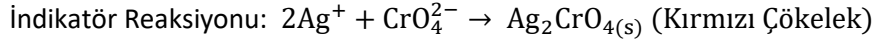
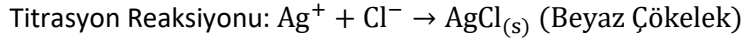
Uygulamalar her iki grupta da aynı araştırmacı tarafından aynı konu içeriğine bağlı kalınarak gerçekleştirilmiştir. Uygulama öncesinde, araştırmacı tarafından deney ve kontrol grubu öğrencilerine Genel Kimya III dersinin teorik kısmında çöktürme titrasyonları konusu ile ilgili teorik bilgi verilmiştir (4 ders saati). Ardından her iki gruba ÇTBT ön-testi uygulanmıştır (1 ders saati). Ön-test uygulamasından sonra hem deney hem de kontrol grubu öğrencilerinin kendi aralarında rastgele 5'er kişilik gruplar oluşturmaları sağlanarak laboratuvar uygulama süreci gerçekleştirilmiştir. Deney grubunda örnek olaya dayalı yöntem uygun olarak, kontrol grubunda ise öğretim planına uygun olarak yürütülen laboratuvar uygulama süreci Şekil 1'de gösterilmiştir. Uygulama sürecinden sonra her iki gruba da ÇTBT son-testi uygulanmıştır (1 ders saati). Ek olarak ÇTBT son-testi uygulandıktan sonra deney grubuna uygulanan örnek olaylar kontrol grubuna da anlatılmıştır:



Şekil 1. Deney ve kontrol gruplarında laboratuvar uygulama süreci

Şekil 1' de görüldüğü gibi, deney ve kontrol grupları laboratuvar uygulama sürecinin son basamağında "Çöktürme titrasyonları" konusunda bir çöktürme titrasyon yöntemi olan Mohr Yöntemi ile klorür tayini deneyini yapmışlardır. Deneyde öğrenciler titrant olarak 0,1 M 1000 mL AgNO_3 (M_{AgNO_3}) çözeltisi ve indikatör olarak %5'lik 100 mL potasyum dikromat (K_2CrO_4) çözeltisi kullanmışlardır. Erlen içine 5 mL su numunesini (V_{Cl^-}), 15 mL destile su ve 6 damla %5'lik K_2CrO_4

çözeltisi eklemişlerdir. Ardından numuneyi rengi kırmızıya dönünceye kadar gümüş (I) nitrat çözeltisiyle titre etmişlerdir:



Gümüş (I) kromat çökeleğinin ilk kırmızı renginin oluşmasını titrasyonun dönüm noktası olarak ifade etmişler ve bürette okudukları harcanan titrant çözeltisi miktarını kayıt etmişlerdir (V_{AgNO_3}). Ardından, $M_{\text{AgNO}_3} \times V_{\text{AgNO}_3} = M_{\text{Cl}^-} \times V_{\text{Cl}^-}$ formülünü kullanarak deniz suyu numunesindeki klorür iyonu miktarını (M_{Cl^-}) hesaplamışlardır.

Bulgular

Birinci Araştırma Sorusuna Yönelik Bulgular

Deney ve kontrol gruplarının ÇTBT ön test puanlarının değerlendirilmesinde kullanılan bağımsız gruplar için t-testi (independent samples t test) sonuçları, her iki grubun ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık olmadığını göstermiştir ($t=0.1404$; $p>0.05$) (Tablo 3).

Tablo 3.

Deney ve kontrol grubunun ÇTBT ön-testine ilişkin bağımsız gruplar için t-testi sonuçları

	Gruplar	N	\bar{X}	SD	df	t	p
	Deney	32	5.56	3.70	62	1.404	.165
ÇTBT ön-test	Kontrol	32	6.69	2.60			

$p<0.05$

Buna göre, uygulama öncesinde deney ve kontrol grubunun akademik başarı açısından birbirine denk olduğu söylenebilir.

İkinci ve Üçüncü Araştırma Sorusuna Yönelik Bulgular

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ÇTBT ön ve son-test puanlarına ilişkin bağımlı gruplar için t-testi analizi sonuçları Tablo 4'te gösterilmiştir:

Tablo 4.

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ÇTBT ön test- son test puanlarına ilişkin bağımlı gruplar için t-testi sonuçları

Gruplar	N	ÇTBT	\bar{X}	SD	t	p
Deney	32	Ön-test	5.56	3.70	-11.999*	0.00
		Son-test	17.50	4.18		
Kontrol	32	Ön-test	6.69	2.60	-13.523 *	0.00
		Son-test	13.59	3.72		

Tablo 4 incelendiğinde, deney grubu öğrencilerinin ÇTBT ön- test puan ortalamaları ($\bar{X}=5.56$; $SS=3.70$) ile son-test puan ortalamaları ($\bar{X}=17.50$; $SS= 4.18$) arasında son test lehine anlamlı farklılık olduğu görülmektedir ($t_{(31)}=11.999$; $p<0.05$). Ek olarak, kontrol grubu öğrencilerinin ÇTBT ön test puan ortalamaları ($\bar{X}=6.69$; $SS=2.60$) ile son test puan ortalamaları ($\bar{X}=13.59$; $SS= 3.72$) arasında son test lehine anlamlı farklılık olduğu görülmektedir ($t_{(31)}=13.523$; $p<0.05$). Bu bulgu, deney ve

kontrol grubunun ön- ve son-test puanları arasında son test lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğunu göstermiştir. Bu bulgu doğrultusunda, örnek-olaya dayalı laboratuvar uygulamasının öğrencilerin çöktürme titrasyonları konusunda başarılarını arttırdığı söylenebilir.

Dördüncü Araştırma Sorusuna Yönelik Bulgular

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ÇTBT ön-testi içerik analizi sonuçları incelendiğinde A kategorisindeki cevap frekanslarının diğer kategorilerdekine kıyasla hem deney (f:127, %36.08) hem de kontrol grubu öğrencilerinde (f:123, %34.94) yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 5). Bu bulgu, her iki grup öğrencilerinin çoğunluğunun uygulama süreci öncesinde çöktürme titrasyonları konusundaki sorularla ilişkili olmayan cevaplar verdiklerini ve konuyu anlamadıklarını göstermiştir.

Ek olarak, ÇTBT son-test içerik analizi sonuçları, deney (f:165, %46.88) ve kontrol grubunun (f:165, %46.88) kısmen anlama kategorisindeki cevap frekanslarının aynı ve diğer kategorilerdeki cevap frekanslarından yüksek olduğunu ve deney grubunun TA kategorisindeki cevap frekanslarının (f:60, %17.05) kontrol grubunun aynı kategorideki cevap frekanslarından (f:23, %6.53) yüksek olduğunu göstermiştir. Ayrıca deney grubunun A (f: 49, %13.92) ve C (f: 28, %7.94) kategorilerindeki cevap frekanslarının cevap frekanslarının ise kontrol grubu öğrencilerinin aynı kategorilerdeki cevap frekanslarından (f:77, %21.88 ve f: 51, %14.49, sırasıyla) düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

ÇTBT ön-test ve son-test içerik analizi incelendiğinde, uygulama sürecinin deney grubunda TA ve KA kategorilerindeki cevap frekanslarını arttırdığı ve A ile C kategorilerindeki cevap frekanslarını ise azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu bulgular; deney grubu öğrencilerinin çoğunluğunun çöktürme titrasyonları konusuna yönelik tam anlama kategorisindeki cevaplar verdiklerini göstermiştir.

Deney ve kontrol grubunun ÇTBT son-testi sorularına verdikleri cevapların içerik analizi incelendiğinde; birinci soruda, deney grubu öğrencilerinin çoğunluğunun klorla dezenfeksiyon işlemi uygulamasında genel kullanıma açık olan havuzlarda kişisel amaçlı havuzlara kıyasla kullanılan klor gazı miktarının daha fazla olduğuna ve bakiye klor miktarının en az 0.6, en fazla ise 1.5 ppm değerinde olması gerektiğine dair TA kategorisinde cevap verdikleri görülmektedir. Aynı soruda kontrol grubu öğrencilerinin çoğunluğu ise dezenfeksiyon işleminde kullanılan klor gazı miktarını belirtmeden bu miktarın genel kullanıma açık olan havuzlarda daha fazla olduğuna dair KA kategorisinde cevap vermişlerdir.

İkinci soruda, deney grubunun çoğunluğunun yanlış anlama içeren cevapları olduğu ve kontrol grubunun çoğunluğunun ise anlamama içeren cevapları olduğu görülmektedir. Deney grubunun suların dezenfeksiyon işleminde klor gazından başka etil alkol, formaldehit gibi çözenler kullanılabileceğine dair yanlış ifadeleri bulunmaktadır. Deney grubundan sadece bir öğrenci, suların dezenfeksiyonunda klor gazından başka kloraminler, klordioksit, ozon gibi dezenfektanlar ve ultraviyole kullanılabileceğine dair tam anlama kategorisinde cevap vermiştir:

Tablo 5.

Deney ve kontrol grubunun ÇTBT ön- ve son-test içerik analizi sonuçları

ÇTBT Ön-test											
Deney Grubu (n=32)											
Kategoriler	TA		KA		YA		A		C		
Sorular	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	
1	0	0.00	13	40.61	1	3.13	15	46.88	3	9.38	
2	0	0.00	0	0.00	0	0.00	24	75.00	8	25.00	
3	0	0.00	1	3.13	14	43.73	7	21.88	10	31.26	
4	0	0.00	18	56.24	1	3.13	5	15.63	8	25.00	
5	0	0.00	3	9.38	3	9.38	19	59.36	7	21.88	
6	5	15.63	3	9.38	6	18.75	17	53.11	1	3.13	
7	0	0.00	6	18.75	0	0.00	11	34.36	15	46.89	
8	0	0.00	11	34.36	0	0.00	9	28.13	12	37.51	
9	0	0.00	4	12.50	0	0.00	7	21.88	21	65.62	
10	0	0.00	6	18.75	1	3.13	7	21.88	18	56.24	
11	0	0.00	3	9.38	1	3.13	6	18.75	22	68.74	
Toplam	5	1.42	68	19.32	27	7.67	127	36.08	125	35.51	
Kontrol Grubu (n=32)											
Kategoriler	TA		KA		YA		A		C		
Sorular	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	
1	0	0.00	7	21.88	3	9.38	18	56.24	4	12.50	
2	0	0.00	0	0.00	0	0.00	24	75.00	8	25.00	
3	0	0.00	1	3.13	3	9.38	21	65.61	7	21.88	
4	0	0.00	17	53.12	5	15.63	2	6.25	8	25.00	
5	1	3.13	8	25.00	2	6.25	13	40.62	8	25.00	
6	2	6.25	13	40.61	7	21.88	10	31.26	0	0.00	
7	0	0.00	10	31.26	1	3.13	15	46.86	6	18.75	
8	0	0.00	12	37.48	3	9.38	7	21.88	10	31.26	
9	0	0.00	9	28.13	1	3.13	4	12.50	18	56.24	
10	1	3.13	6	18.75	2	6.25	4	12.50	19	59.37	
11	0	0.00	3	9.38	3	9.38	5	15.63	21	65.61	
Toplam	4	1.14	86	24.43	30	8.52	123	34.94	109	30.97	
ÇTBT Son-test											
Deney Grubu (n=32)											
Kategoriler	TA		KA		YA		A		C		
Sorular	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	
1	15	46.88	13	40.61	0	0.00	3	9.38	1	3.13	
2	1	3.13	10	31.26	12	37.48	6	18.75	3	9.38	
3	0	0.00	8	25.00	16	50.00	6	18.75	2	6.25	
4	9	28.13	20	62.49	2	6.25	0	0.00	1	3.13	
5	6	18.75	18	56.24	4	12.50	3	9.38	1	3.13	
6	11	34.36	10	31.26	6	18.75	3	9.38	2	6.25	
7	0	0.00	11	34.36	1	3.13	14	43.76	6	18.75	
8	0	0.00	28	87.49	2	6.25	1	3.13	1	3.13	
9	2	6.25	24	75.00	4	12.50	0	0.00	2	6.25	
10	12	37.48	14	43.77	2	6.25	2	6.25	2	6.25	
11	4	12.50	9	28.13	1	3.13	11	34.36	7	21.88	
Toplam	60	17.05	165	46.88	50	14.21	49	13.92	28	7.94	
Kontrol Grubu (n=32)											
Kategoriler	TA		KA		YA		A		C		
Sorular	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	
1	3	9.38	15	46.88	1	3.13	13	40.61	0	0.00	
2	0	0.00	4	12.50	8	25.00	17	53.12	3	9.38	
3	0	0.00	2	6.25	4	12.50	16	49.99	10	31.26	
4	0	0.00	28	87.49	1	3.13	0	0.00	3	9.38	
5	0	0.00	21	65.62	4	12.50	3	9.38	4	12.50	
6	11	34.36	10	31.26	9	28.13	2	6.25	0	0.00	
7	0	0.00	11	34.36	0	0.00	18	56.26	3	9.38	
8	1	3.13	27	84.37	0	0.00	2	6.25	2	6.25	
9	0	0.00	23	71.87	3	9.38	2	6.25	4	12.50	
10	4	12.50	14	43.74	5	15.63	0	0.00	9	28.13	
11	4	12.50	10	31.26	1	3.13	4	12.50	13	40.61	
Toplam	23	6.53	165	46.88	36	10.22	77	21.88	51	14.49	

Deney grubu öğrencilerinin çoğunluğunun, suların klor gazıyla dezenfeksiyonunda suda oluşan tepkimeler ve ortamdaki klor türevleriyle ilgili olan üçüncü soruyu yanlış anladıkları, kontrol grubu öğrencilerinin çoğunluğunun ise söz konusu soruyu anlamadıkları görülmektedir. Deney grubu öğrencilerinin YA kategorisindeki cevapları incelendiğinde öğrencilerin çoğunluğunun $Cl_{2(g)} + H_2O_{(s)} \leftrightarrow HOCl_{(aq)} + HCl_{(aq)}$ tepkimesini yanlış yazdığı ve hipokloröz asiti (HClO) hidroklorik asit (HCl) olarak yanlış belirttikleri belirlenmiştir. Kontrol grubu öğrencilerinin çoğunluğunun A kategorisindeki cevap frekansının yüksek olması ise kontrol grubunun klor gazının suda oluşturduğu tepkimeleri anlayamadıklarını göstermiştir.

Ek olarak son-test içerik analizi sonucunda, her iki grubun da 4–10 arası sorularda aynı kategorilerdeki cevap frekanslarının yüksek olduğu görülmektedir.

Her iki grupta da öğrencilerin çoğunluğunun 4–5 ve 8–10 arası sorularda KA kategorisindeki cevap frekanslarının diğer kategorilerdekine (TA, YA, A ve C) göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu sorularda, öğrencilerin çoğunluğu deniz suyu ve havuz suyundaki tuz miktarının (anyon olarak klorürü iyonu) çöktürme titrasyonları yöntemleriyle bulunabileceğine; bu yöntemlerin Mohr, Volhard ve Fajans Yöntemleri olduğuna; suda bulunan klorür iyonunun kantitatif olarak tayininde Mohr Yöntemi kullanılabileceğine; yöntemin titrant, analit ve indikatör çözeltilerini belirterek deneyin nasıl yapılacağına ve analitteki klorür miktarının nasıl hesaplanabileceğine dair kısmen anlama kategorisinde cevaplar verdikleri dikkat çekmektedir. Bazı öğrenciler ise deniz suyundaki tuz miktarının (anyon olarak klorür iyonu) asit-baz titrasyonlarıyla bulunabileceğine; Mohr Yönteminde indikatörün tiosiyanat olduğuna dair YA kategorisinde ifadeler kurmuşlardır. Ek olarak Mohr Yönteminde hesaplama formülünü hatalı yazdıkları veya titrant ile indikatör çözeltilerini birbirine karıştırdıkları belirlenmiştir.

Altıncı soruda her iki grubun TA kategorisindeki cevap frekanslarının yüksek olduğu görülmektedir. Öğrencilerin çoğunluğunun tuzluluk oranının Akdeniz> Ege Denizi>Marmara Denizi>Karadeniz şeklinde olduğuna, Karadeniz’de tuzluluk oranının %0.18; Marmara Denizi’nde %0.36; Ege Denizi’nde %0.37; Akdeniz’de %0.39 ve sıcaklık ile buharlaşmanın fazla olduğu yerlerde denizlerde tuzluluk oranının yüksek olduğuna dair tam anlama kategorisinde cevaplar verdikleri belirlenmiştir. Bazı öğrencilerin ise tuzluluk oranlarına göre denizlerin sıralamasını yanlış yaptığı görülmektedir.

Yedinci soruda her iki grubun A kategorisindeki cevap frekanslarının diğer kategorilere göre yüksek olması öğrencilerin çoğunluğunun deniz suyunun neden tuzlu olduğunu anlayamadıklarını göstermiştir. Öğrencilerin KA kategorisindeki ifadeleri incelendiğinde ise öğrencilerin deniz suyunun tuzlu olma nedeninin ya akarsulardan, kayalardan ya da volkan ve kaynak sularından kaynaklanabileceğine dair ifadeleri bulunduğu belirlenmiştir. Sadece üç öğrencinin ise denizlerin buharlaşmadan dolayı tuzlu olduğuna dair yanlış anlama içeren ifadeleri bulunmaktadır.

Ek olarak on birinci soruda, deney grubu öğrencilerinin çoğunluğunun A kategorisindeki cevap frekanslarının yüksek olmasının nedeni onuncu soruda suda bulunan klorür iyonunun kantitatif tayininde Mohr Yöntemini açıklarken hesaplama formüllerini açıklamalarından kaynaklanmaktadır. Kontrol grubunun çoğunluğunun ise aynı soruya herhangi bir cevap vermedikleri görülmektedir. Her iki grubun KA kategorisindeki cevapları incelendiğinde, analitteki klorür iyonu miktarını hesaplamak için Mohr Yönteminin kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Mohr Yönteminde titrant, analit ve indikatör çözeltilerini belirtmeleri ancak hesaplama formüllerini yazmamaları söz konusu soruyu kısmen anladıklarını göstermiştir.

Tartışma ve Sonuç

Çöktürme titrasyonları konusu, genellikle Genel Kimya III laboratuvar dersinde yaygın bir konu olup önemli bir rol oynamaktadır. Literatür taraması, lisans düzey kimya laboratuvarlarında derse karşı olumlu tutumların ve çöktürme titrasyonları konusunda üst-bilişsel becerilerin gelişmesinde PBL'nin uygulandığı sınırlı sayıda çalışma olduğunu (Maines & Bruch, 2012; McDonnell et al., 2007; Overton & Bradley, 2010; Yoon et al., 2014) göstermiştir. Ayrıca alan yazında, CBL'nin söz konusu konuda öğrencilerin akademik başarılarına etkisini inceleyen herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada Genel Kimya III laboratuvar dersinde çöktürme titrasyonları konusunda örnek –olaya dayalı laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarına etkisi incelenmiştir.

Çalışmada araştırma sorularının bulgularına göre, her iki grubun ÇTBT ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunmazken, her iki grubun ön-test ve son-test puanları arasında son-test puanları lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Ayrıca bulgular, son-test puanları arasında deney grubu lehine anlamlı bir farklılık olduğunu göstermiştir. Ek olarak, deney ve kontrol grubunun ÇTBT son-test içerik analizi sonuçları kıyaslandığında, her iki grubun tam ve kısmen anlamalarının arttığı, ancak deney grubunun tam anlamalarının kontrol grubuna kıyasla da daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu bulgu, örnek-olaya dayalı laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin tam anlamalarını arttırabileceğini göstermiştir.

Bu bulgular ışığında, örnek-olaya dayalı laboratuvar uygulamalarının çöktürme titrasyonları konusunda öğrencilerin akademik başarılarını ve tam anlamalarını arttırmada etkili olabileceği söylenebilir. Bu bulgu, literatürde kimya eğitiminde örnek-olaya dayalı öğrenmenin öğrencilerin başarılarını arttırmada uygulandığı sınırlı sayıda çalışmayla desteklenmiştir (Adesoji & Idika, 2015; Cheng, 1995; Elmas ve Geban, 2016; Günter ve Demir, 2019; Yalçınkaya ve Boz, 2015). Ayrıca çöktürme titrasyonları konusunda farklı aktif öğrenme yöntemlerinin öğrencilerin başarılarını ve öğrenmelerini arttırdığı çalışmalar da bulunmaktadır (Kunduz ve Şeçken, 2013; Liu et al., 2022).

Çalışmada hem deney hem de kontrol grubunun ÇTBT son-test içerik analizi sonuçları incelendiğinde ise, öğrencilerin genel olarak bir numunedeki klorür iyonunu asit-baz titrasyon yöntemiyle bulunabilmesine dair yanlış anlamaları bulunduğu; bir numunedeki klorür iyonunu hesaplama formülünü, Mohr yönteminde titrant ve indikatör çözeltilerini, tuzluluk oranlarına göre denizlerin sıralamasını, kişisel ve genel kullanıma açık havuzlarda dezenfeksiyon amacıyla kullanılan klor gazı miktarını ve dezenfeksiyonda kullanılacak diğer dezenfektanları karıştırdıkları sonucuna ulaşmıştır. Çalışmada çöktürme titrasyonlarına ilişkin bulunan bazı kavram yanlışları alan yazında bazı araştırmalarla desteklenmektedir. Widarti, Permanasari ve Mulyani (2017) yaptıkları çalışma ile birlikte çok yönlü gösterimler ve bilişsel uyumsuzluk stratejisini kullanarak öğretmen adaylarının asit-baz ve arjantometrik titrasyonlar ile ilgili kavram yanlışlarını gidermelerine yardımcı olmaya çalışmışlardır. Çalışmada öğrencilerin arjantometrik titrasyonlar konusunda eşdeğerlik noktasından önce türlerin belirlenmesinde, gümüş nitrat-sodyum klorür titrasyonunda türlerin mikroskopik olarak tanımlanmasında ve numune konsantrasyonunun hesaplanmasında yanlış kavramaları olduğu belirlenmiştir. Araştırmada çok yönlü gösterimler ve bilişsel uyumsuzluk stratejisinin öğrencilerin yanlış kavramalarını tamamen ortadan kaldıramadığı, ancak öğrencilerin anlayamadıklarını anlamalarını sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Nakiboğlu ve Nakiboğlu (2016) yaptıkları çalışmada analitik kimya laboratuvar dersinde Vee-diyagramlarını kullanarak öğrencilerin çöktürme titrasyonları ile ilgili temel kavramları anlamalarını incelemişlerdir. Araştırmacılar laboratuvar çalışmasından önce üç arjantometrik titrasyon yöntemine ilişkin üç Vee- diyagramı oluşturmuşlardır. Araştırmanın sonucu, öğrencilerin çökelme, çöktürme titrasyonları, arjantometrik, geri titrasyon ve adsorpsiyon kavramlarıyla ilgili yanlış kavramaları olduğunu göstermiştir.

Sonuç olarak, bu araştırmanın kimya eğitimi alanına katkı sağlayacağı ve gelecek çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir. Çünkü literatürde, Genel Kimya III laboratuvar dersinde çöktürme titrasyonları konusuna yönelik örnek-olaya dayalı laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarına etkisini inceleyen herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Öneriler

Bu araştırmada, konuyla ilgili bazı yanlış kavramalar ortaya çıkarılmıştır. Gelecekte, bu yanlış kavramaların ortadan kaldırılmasına dair çalışmaların yapılması ve örnek olaya anyon olarak bromür ve iyodür iyonlarının miktarlarının belirlenmesi de eklenerek örnek olayın kapsamının genişletilerek uygulanması düşünülebilir. Çalışma grubunun büyüklüğü artırılarak ve farklı gruplara uygulanarak örnek-olaya dayalı laboratuvar uygulamalarının yaygın etkisi artırılabilir.

Kaynakça

- Abraham, M.R., Williamson, V.M., & Westbrook, S.L. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (2), 147-165. <https://doi.org/10.1002/tea.3660310206>
- Adesoji, F.A. & Idika, M.I. (2015). Effects of 7E learning cycle model and case-based learning strategy on secondary school students' learning outcomes in chemistry. *Journal of the International Society for Teacher Education*, 19 (1), 7-17. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1177065>
- Akgün, A., Tokur, F. & Duruk, Ü. (2016). Associating conceptions in science teaching with daily life: Water chemistry and water treatment. *Adiyaman University Journal of Educational Sciences*, 6 (1), 161-178. DOI: <http://dx.doi.org/10.17984/adyuebd.87973>
- Aksu, C. (2022). Determination of mental models of chemistry teacher candidates on titrations. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Alkan, F. (2019). Development of self-directed learning readiness with experiential learning model in analytical chemistry laboratory. *New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences*, 6(2), 9-16. <https://doi.org/10.18844/prosoc.v6i2.4277>
- Bayrak, C., Seçken, N., Özcan Öztürk, F. & Ural Alsan, E. (2009). A simulation on teaching Volhard Method. *Turkish Online Journal of Distance Education-TOJDE*, 10 (3), 105-116.
- Best, W.B. & Kahn, J.V. (2017). *Research methods in education* (10th ed.). Konya: Eğitim Yayınevi.
- Cheng, V.K.W. (1995). An environmental chemistry curriculum using case studies. *Journal of Chemical Education*, 72 (6), 525-527. <https://doi.org/10.1021/ed072p525>
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö.E., Karadeniz, Ş. & Demirel, F. (2014). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Pegem Akademi.
- Christensen, L.B., Johnson, R.B., & Turner, L.A. (2015). *Research methods: design and analysis* (2nd ed.). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Christianson, A.M. & Waters, C.A. (2022). Silver chloride waste recycling as a guided-inquiry experiment for the instrumental analysis laboratory. *Journal of Chemical Education*, 99, 1014-1020. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00871>
- Csuros, M. (1997). *Environmental sampling and analysis: Lab Manual* (1st ed.). New York: Routledge.
- Elmas, R., & Geban, Ö. (2016). The effect of context based chemistry instruction on 9th grade students' understanding of cleaning agents topic and their attitude toward environment. *Education and Science*, 41(185), 33-50. doi: 10.15390/eb.2016.5502
- Field, A. (2005). *Discovering statistics using SPSS* (2nd ed.). London: Sage Publication.
- Flynn, A.B., & Biggs, R. (2012). The development and implementation of a problem-based learning format in a fourth-year undergraduate synthetic organic and medicinal chemistry laboratory course. *Journal of Chemical Education*, 89(1), 52-57. <https://doi.org/10.1021/ed101041n>
- Garcia-Salgado, S., Gomez, R.D. & Marco, R.T. (2017). Educational innovation for teaching and learning of chemistry in the degree of Civil Engineering. *Universal Journal of Chemistry*, 5(2), 29-35. doi: 10.13189/ujc.2017.050201
- Green, S.B., & Salkind, N.J. (2003). *Using SPSS for Windows and Macintosh: Analyzing and understanding data* (3rd ed.). Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.
- Gouger, A.R. & Mirowsky, J.E. (2022). Using Project-based learning to assess the effectiveness of water filtration devices in removing chemical analytes in an undergraduate Analytical Chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00338>
- Günter, T. & Demir, F.E.O. (2019). The effect of using a case study on the academic achievement of students in learning about the topic of 'Vitamins'. *Journal of Biological Education*, 53 (3), 288-301. <https://doi.org/10.1080/00219266.2018.1469538>
- Ham, B.M., & MaHam, A. (2015). *Analytical Chemistry: A Chemist and Laboratory Technician's Toolkit*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Harvey, D. (2000). *Modern Analytical Chemistry*. USA: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Hilvano, N.T., Mathis, K.M., & Schauer, D.P. (2014). Collaborative learning utilizing case-based problems. *Bioscene*, 40 (2), 22-29. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1069979>
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70 (9), 701-705. <https://doi.org/10.1021/ed070p701>

- Kaberman, Z., & Dori, Y.J. (2009). Question posing, inquiry, and modelling skills of chemistry students in the case-based computerized laboratory environment. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(3), 597–625. doi: 10.1007/s10763-007-9118-3
- Karaer, H. (2020). Nicel analiz problemlerinin öğretiminde akış şemalarının kullanılmasına yönelik öğretmen adaylarının görüşleri. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 50, 201- 225. doi:10.9779/pauefd.498647
- Kelly, O.C., & Finlayson, O.E. (2007). Providing solutions through problem-based learning for the undergraduate 1st year chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (3), 347–361. <https://doi.org/10.1039/B7RP90009K>
- Kimmel, A.J. (2007). *Ethical issues in behavioural research: basic and applied perspectives*. (2nded.). Oxford: Blackwell.
- Koçak, C. & Alkan, F. (2015). Technology based instruction of precipitation titrations. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 176, 531 – 537. doi: 10.1016/j.sbspro.2015.01.507
- Kunduz, N. & Seçken, N. (2013). Development and application of 7E learning model based computer-assisted teaching material on precipitation titrations. *Journal of Baltic Science Education*, 12(6), 784-792.
- Liu, L., Ling, Y., Gao, Q. & Fu, Q. (2022). Supporting students' inquiry in accurate precipitation titration conditions with a virtual laboratory tool as learning scaffold. *Education for Chemical Engineers*, 38, 78-85. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.11.001>
- Loveys, B.R., & Riggs, K.M. (2019). Flipping the laboratory: improving students' engagement and learning outcomes in second year science courses. *International Journal of Science Education*, 41 (1), 64-79. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1533663>
- Mahaffey, A.L. (2021). 1-2-3 Benchtop Laptop: Teamwork of an Educator and Instructional Designer to Convert a Popular Ksp and Titration Lab to an Online Module. *Journal of Chemical Education*, 98 (6), 1928-1936. DOI: 10.1021/acs.jchemed.0c01281
- Maines, L.L., & Bruch, M.D. (2012). Identification of unknown chloride salts using a combination of qualitative analysis and titration with silver nitrate: A general chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 89 (7), 933-935. <https://doi.org/10.1021/ed200518w>
- Matilainen, R., Koliseva, A., Valto, P., & Valisaari, J. (2017). Reconstruction of undergraduate Analytical Chemistry laboratory course. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 409(1), 3–10. <https://doi.org/10.1007/s00216-016-9953-6>
- McDonnell, C., O'Connor, C., & Seery, M.K. (2007). Developing practical chemistry skills by means of student-driven problem based learning mini-projects. *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (2), 130–139. <https://doi.org/10.1039/B6RP90026G>
- Murray, R.W. (1991). The science of chemical measurements. *Analytical Chemistry*, 63 (5), 271A. <https://doi.org/10.1021/ac00005a600>
- Najmr, S., Chae, J., Greenberg, M.L., Bowman, C., Harkavy, I., & Maeyer, J.R. (2018). A service-learning chemistry course as a model to improve undergraduate scientific communications skills. *Journal of Chemical Education*, 95 (4), 528-534. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00679>
- Nakiboğlu, N., & Nakiboğlu, C. (2016). An investigation of university chemistry students' understanding of precipitation titrations and related concepts through Vee-Diagrams. *The Eurasia Proceedings of Educational & Social Sciences*, 4, 564-567. <https://dergipark.org.tr/en/pub/epess/issue/30322/334229>
- Nkhoma, M., Lam, T., Richardson, J., Kam, K., & Lau, K.H. (2016). Developing case-based learning activities based on the revised Bloom's Taxonomy. *Proceedings of Informing Science & IT Education Conference*, 85–93. <http://www.informingscience.org/Publications/3496>.
- Orla, K. (2005). *The development, implementation and evaluation of alternative approaches to teaching and learning in the chemistry laboratory*. (PhD thesis). Dublin City University.
- Overton, T.L., & Bradley, J.S. (2010). Internationalisation of the chemistry curriculum: two problem-based learning activities for undergraduate chemists. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(2), 124–128. <https://doi.org/10.1039/C005356M>
- Patnaik, P. (2017). *Handbook of Environmental Analysis: Chemical Pollutants in Air, Water, Soil, and Solid Wastes* (3rded.). Boca Raton: Taylor & Francis, CRC Press.
- Robinson, J.K. (2013). Project-based learning: improving student engagement and performance in the laboratory. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 405 (1), 7–13. <https://doi.org/10.1007/s00216-012-6473-x>
- Robson, C. (2015). *Scientific research methods: real world research* (1sted.). Ankara: AnıYayıncılık.
- Seçer, I. (2015). *Practical data analysis with SPSS and LISREL: analysis and reporting* (2nded.). Ankara: AnıYayıncılık.

- Stephenson, N.S., & Sadler-McKnight, N.P. (2016). Developing critical thinking skills using the science writing heuristic in the chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(1), 72–79. <https://doi.org/10.1039/C5RP00102A>
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L.S. (2007). *Using Multivariate Statistics* (5th ed.). Boston: Pearson.
- Taber, K.S. (2012). Recognising quality in reports of chemistry education research and practice. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(1), 4-7. <https://doi.org/10.1039/C1RP90058G>
- Taber, K.S. (2014). Ethical considerations of chemistry education research involving ‘human subjects’. *Chemistry Education Research and Practice*, 15 (2), 109-113. <https://doi.org/10.1039/C4RP90003K>
- Valcarcel, M. (1992). Analytical Chemistry-today’s definition and interpretation. *Fresenius’ Journal of Analytical Chemistry*, 343(11), 814–816. <https://doi.org/10.1007/BF00328561>
- Widarti, H. R., Permanasari, A., & Mulyani, S. (2017). Undergraduate students’ misconception on acidbase and argentometric titrations: A challenge to implement multiple representation learning model with cognitive dissonance strategy. *International Journal of Education*, 9(2), 105-112 doi: [dx.doi.org/10.17509/ije.v9i2.5464](https://doi.org/10.17509/ije.v9i2.5464)
- Witteck, T., Most, B., Kienast, S., & Eilks, I. (2007). A lesson plan on ‘methods of separating Matter’ based on the learning company approach- a motivating frame for self-regulated and open lab-work in introductory secondary chemistry lessons. *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (2), 108-119. doi: 10.1039/B6RP90024K
- Yalçinkaya, E. & Boz, Y. (2015). The effect of case-based instruction on 10th grade students’ understanding of gas concepts. *Chemistry Education Research and Practice*, 16 (1), 104-120. <https://doi.org/10.1039/C4RP00156G>
- Yıldırım, A. (2019). *Investigation of chemical representations in textbooks within the scope of pre-service teachers’ perceptions*. (Master Degree Thesis). Balıkesir University Institute of Science Primary Science Education, Elementary Science Education, Balıkesir.
- Yoon, H., Woo, A.J., Treagust, D., & Chandrasegaran, A. (2014). The efficacy of problem-based learning in an analytical laboratory course for pre-service chemistry teachers. *International Journal of Science Education*, 36 (1), 79–102. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.727041>