

KÜÇÜK VE ORTA ÖLÇEKLİ SÜT ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ ÖNARITILMASINDA BENTONİT VE SEPIYOLİTİN KULLANILABİLİRLİĞİ

İsmet ALTUNIŞIK, Recep İLERİ, Recep ARTIR

Özet-Bu çalışmada; küçük ve orta ölçekli süt endüstrisi atıksularının (özellikle yüksek KOI, BOI, Yağ ve gres içeren peyniraltı atıksuyu) önartılmasında ülkemizde ve doğada bol miktarda bulunan ve düşük maliyetli Bentonit ve Sepiyolit'in kullanılabilirliği araştırılmıştır. Aktifleştirilmiş Ca-Bentonit deneysel çalışmalarında, pH, dozaj, sıcaklık, karışım hızı ve temas süresinin; arıtım parametreleri BOI₅, KOI ve yağ ve gres giderim verimi üzerine etkisi incelenmiş ve optimum ortam değerleri tespit edilmiştir. Aktifleştirilmiş Ca-Bentonit (Edirne bölgesi) için elde edilen optimum ortam değerlerindeki arıtım parametreleri verimleri ile, aynı çalışma şartlarındaki, aktifleştirilmiş ve doğal Sepiyolit (Eskişehir bölgesi) maddeleri ile elde edilen verimler karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler- Süt Endüstrisi, Atıksu, Bentonit, Sepiyolit, Maliyet.

Abstract-In this study, applicability of bentonite and sepiolite which are relatively cheaper sources and can be found in large quantities in the nature for treatment of wastewater in terms of high COD, BOD₅ and Oil-grease. In experimental studies, then effectiveness of Activated Ca-Bentonite in terms of BOD₅, COD and Oil-grease removal from the dairy wastewater under varying pH, dosage, temperature, contact time and speed of mixing conditions has been investigated. Also optimum process conditions have been examined. In addition, we have examined and compared the performance of naturel and activated Sepiolite with activated Ca-Bentonite under the optimum conditions.

Key Words- Milk Industry, Wastewater, Bentonite, Sepiolite Cost

I.GİRİŞ

Günümüzde artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla, üretim faaliyetlerinin artması ve endüstrinin gelişmesi çevre kirliliği problemini de beraberinde getirmektedir.

Temel gıda tüketim maddelerinden olan süt ve süt ürünleri üreten işletmeler, üretimleri esnasında çevre kirliliğine neden olan atıksular meydana getirmektedirler. Bu atıksular; yüksek kirlilik değerine sahip peynir altı suları ve az kirlilik içeren yıkama sularından oluşmaktadır. Süt endüstrisi, en çok kirlilik oluşturan sektörlerden biridir. Oluşan atıksular arıtıma tabi tutulmadan alıcı ortama deşarj edilmemelidir. Sakarya ili sınırları içerisinde bulunan Mandıralardan bir kaç hariç diğerlerinde arıtma tesisi mevcut değildir ve oluşan atıksular doğrudan alıcı ortama verilmektedir.

I.1. Süt ve Süt Ürünleri Endüstrisinin Tanıtımı

Endüstriyel kaynaklı atıksular, yerleşim yerlerinden kaynaklanan atıksular ve yaygın kaynaklardan oluşan atıksulara göre önemli ayrıcalıklar gösterir. Endüstriyel sistemlerde atıksuları oluşturan kaynaklar sayı ve tür olarak çok çeşitlilik arz etmektedir. Atıkların ve atıksuların miktarları kaynağın özelliğine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Atıkların ve atıksuların miktarlarının belirlenmesi için kaynakların ayrıntılı olarak değerlendirilmesi gerekir. Endüstrinin oluşturduğu kirlenme, üretim faaliyetlerinin bir sonucudur ve kirlenmeyi üretimin bir fonksiyonu olarak değerlendirmek gerekir [1].

I.1.1. Süt bileşimi

Süt, çeşitli tuzlar ve süt şekerinden oluşan kristaloidlerin sulu bir eriyiğidir. Bu eriyik içinde kolloid halindeki kazein ve albuminden başka emülsiyon halinde yağ bulunur. Sütteki suyun ve kristaloidlerin miktarı aynı kaldığı halde, protein ve yağ oranı, beslenme durumuna, yaşa ve bakıma göre büyük farklılıklar gösterir. Sütün içerdiği protein, yağ, karbonhidrat, vitamin, tuz ve suyun ortalama oranları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Süt Bileşimi [2]

Parametreler	% Bileşim
Su	87.5
Kuru madde ve yağ	3.5
Protein	3.6
Süt şekeri	4.7
Tuzlar	0.7
Toplam	100

I.1.1.1. Süt Proteinleri

Süt proteinleri %3 Kazein, % 0.05 laktalbumin ve % 0.05 laktoglobulinden oluşur. Sütün bu protein fraksiyonları, erime özelliklerine göre birbirinden ayrılır. Ayrıca, ısıya dayanıklı serum proteinlerinden oluşan dördüncü bir fraksiyonda proteozpeptondur.

Kazein; sütte en büyük protein fraksiyonunu oluşturur. Başta inek sütü olmak üzere geviş getirenlerin sütlerindeki Kazein, tüm proteinlerin % 80'ini oluşturur. Kazein sütte kalsiyum tuzu halinde bulunur ve bünyesinde % 6 oranında kolloid halinde kalsiyum fosfat taşır. Süt Serum Proteinleri; tüm süt proteinlerinin % 20'sini oluşturur. Laktalbumin ve Laktoglobulin fraksiyonlarından ibarettir [2].

I.1.1.2. Süt Yağı

Sütte % 3-4 oranında yağ bulunur. Süt yağı süt plazması içerisinde kaba dispers şeklinde yağ globülleri halinde dağılmış durumdadır. Süt yağı globülleri, çekirdek kısmı ile bunu saran zardan oluşur. Trigliceridlerden meydana gelen çekirdeğin etrafında radyal konumlu fosfolipid tabakası vardır. Yağ globüllerinin çapı 0.1-20 mikron arasında değişir. Ortalama 3 mikrondur. Yağda az miktarda A, D, E ve K vitaminleri bulunur [1].

I.1.1.3. Sütün Karbonhidratları

Sütte % 4-6 arasında değişen oranlarda Laktoz bulunur. Sütte laktoz dışında iz halinde glikoz, galaktoz ve diğer çeşitli şekerlerde mevcuttur. Sütte A, D, E, F, K, C1, B1, B2, B6 vitaminleri bulunmaktadır. Sütte mineral madde olarak, K, Na, Ca, Mg, Fe, P, S ve Cl'de bulunmaktadır [1].

I.1.2. Sütün fiziksel özellikleri

Sütün yoğunluğu 15 °C'de 1.034 gr/cm³'tür. İnek sütünün viskozitesi 15-20 °C'de 1.5- 4.2 N.s/m² arasında değişir. Suyun viskozitesi 1 olarak kabul edilir. Isı derecesi yükseldikçe suyun viskozitesi azalır. Sütün pH değeri zayıf olup 6.3-6.6 arasında değişir. Sütün ısıtılmasıyla pH değeri artmaktadır. Süt pH değerinin 4.9'a düşürülmesiyle pıhtılaşır. Laktoz ve inorganik maddelerin çoğu süt serumunda çözülmüş olarak bulunur. Protein koloidal halde, yağ ise zerrecikler halinde dağılmıştır. Sütün tadı Laktozdan dolayı hafif tatlımsıdır. Sütün içinde bulunan klor bileşikleri ve çözülmüş gazlar tadına etki eder [1].

I.2. Türkiye'de Süt Ürünleri Üretimi

Türkiye'de süt ürünleri üretimi batı ve kıyı bölgelerinin dışında kalan yörelerde genellikle küçük aile işletmelerinde gerçekleştirilir. Üretim, mevsimlere göre oldukça büyük dalgalanmalar göstermekle birlikte yılda işlenen süt miktarı 3 milyon tona ulaşmaktadır [2].

I.3. Süt Ürünleri Üretimi

Süt ürünleri endüstrisinde atık kaynaklarının tespiti için üretim proseslerinin belirlenmesi gereklidir. Bütün süt ürünlerinin üretiminde genel olarak aşağıdaki prosesler uygulanır:

- Süt alımı
- Süt depolanması
- Isıtma
- Pastörizasyon
- Durultma (Klarifikasyon)
- Standartlaştırma
- Homojenleştirme
- Havalandırma

Tankerlerle getirilip depolama tanklarına alınan süt bu işlemden hemen sonra 63-65 °C'de 15 saniye ısıtılır. Böylece süt saatlerce hatta günlerce bozulmadan bekletilir.

Pastörizasyon işleminin amacı sporsuz yapılı veya vejetatif patojenik mikroorganizmaları öldürmek ve sütün kalitesini olumsuz yönde etkileyecek mikroorganizma sayısını minimuma indirmektir.

Klarifikasyon işlemi, sütün içindeki yabancı partiküllerin ve sediment maddelerin santrifüj yoluyla giderilmesidir.

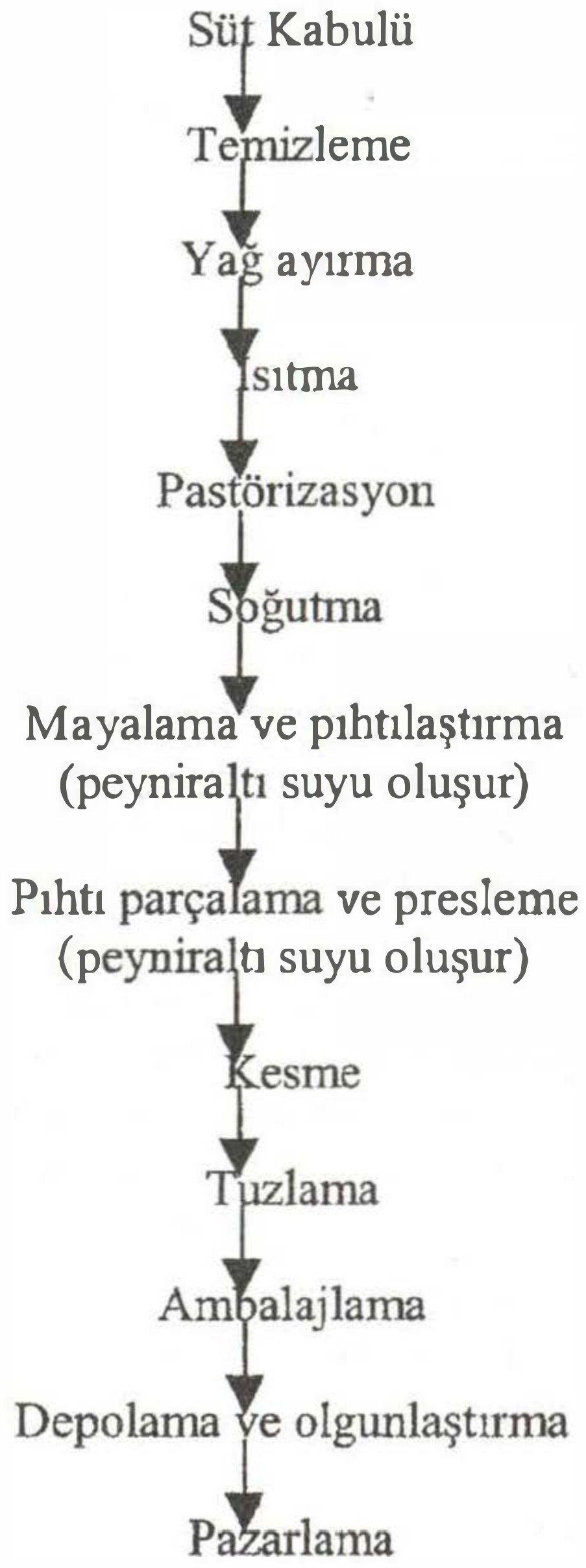
Standartlaştırma işleminde sütün içindeki yağ konsantrasyonu istenen düzeye indirilir.

Homojenleştirme yağ zerreciklerinin boyutlarının küçültülmesidir. Böylece sütte krema oluşumu en gellenir. Havalandırmanın amacı sütün içindeki yabancı gazları ve istenmeyen kabukları uzaklaştırmaktır.

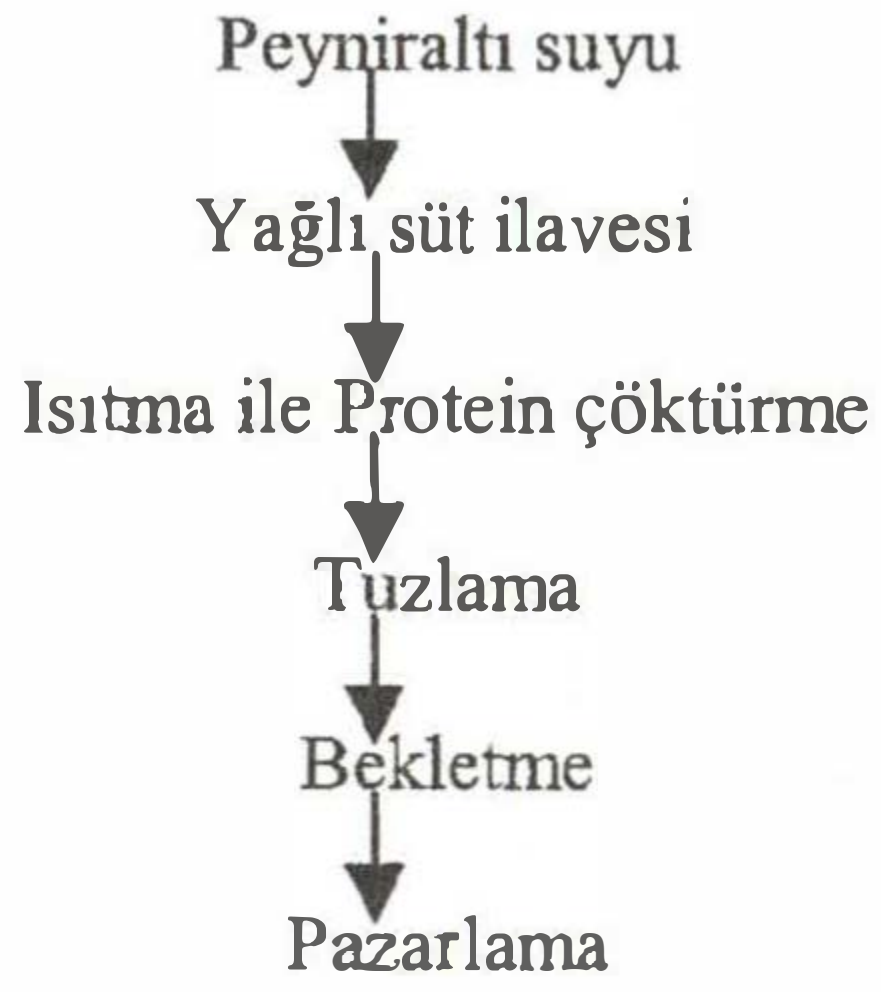
Süt ürünleri başlıca; Pastörize sütler, Sterilize sütler, Kondanse sütler, Süt tozları, Fermente süt ürünleri (yoğurt, Tereyağı, Peynir, Dondurmalar) ve Peyniraltı suyundan (PAS) oluşmaktadır. Bu çalışmada Peyniraltı suları incelendiğinden sadece peynir üretim prosesi ve buradan kaynaklanan atıklarla ilgili çalışma yapılacaktır [2].

I.3.1. Peynir Üretimi

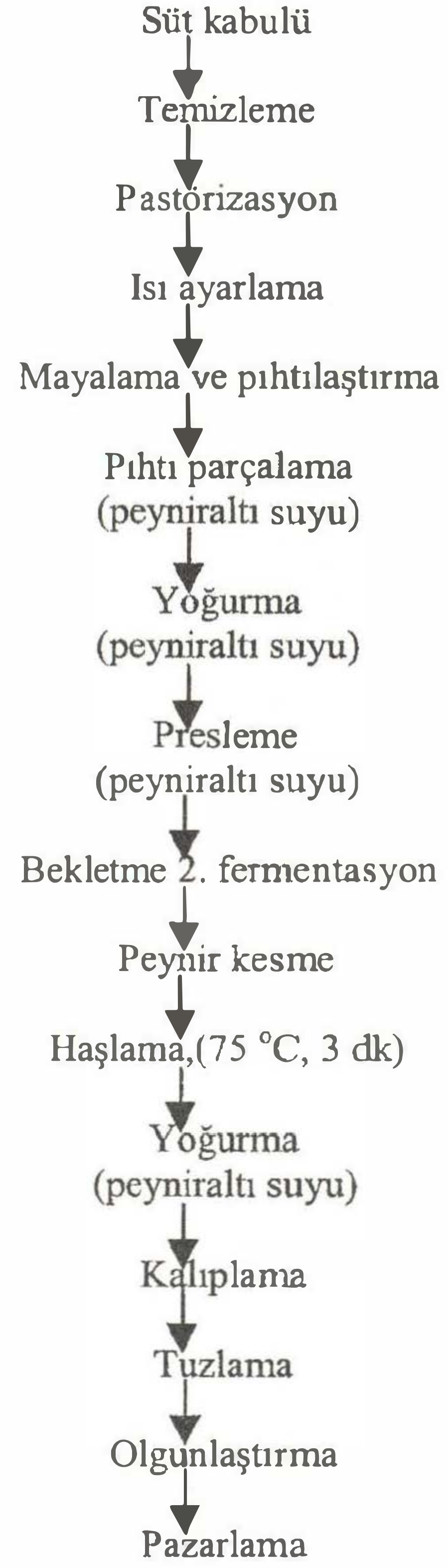
Yeryüzünde çok farklı özelliklere sahip yaklaşık 2000 çeşit peynir bulunduğu belirtilmektedir. Peynir üretiminde, alımı yapılan sütler öncelikle temizlenir sonra ısıtılır. Daha sonra pastörizasyon işleminden geçirilen süt depolanır ve olgunlaştırma safhasından geçirildikten sonra yağ miktarı ayarlanır. Homojenizasyon işlemi yapıldıktan sonra mayalama amacıyla süte peynir kültürü ilave edilir. Maya katılması ile pıhtılaşma, kolloid şeklinde erimiş kazein'i kalsiyum iyonları muvacehesinde (etkileşimi) kısa zamanda koagüle eden belirli enzimler tarafından gerçekleştirilir. Koagülan daha sonra kesilerek kalıplara konur. Kalıp karıştırılarak PAS uzaklaştırılır. Daha sonra peynir sıkıştırılır ve oluşan PAS miktarı artar. Sıkıştırılan peynirler genelde tuzlama işlemine tabi tutulur. Tuz banyosundan çıkarılan peynirler, salamura bölümünde paketlenerek pazarlamaya hazır hale getirilir. Çeşitli peynirlerin üretim şemaları Şekil 1-Şekil 4'te verilmiştir.



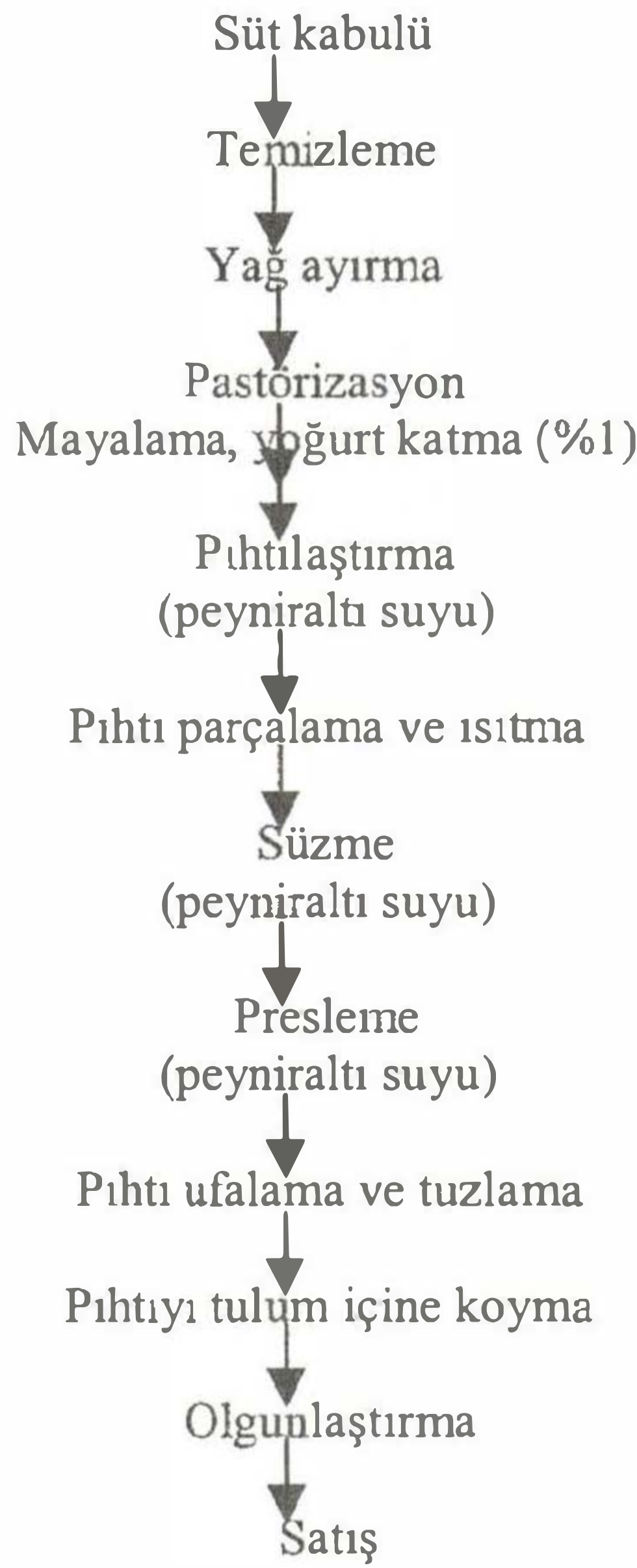
Şekil 1: Beyaz Peynir Üretimi Akım Şeması



Şekil 2: Lor Üretimi Akım Şeması



Şekil 3: Kaşar Peyniri Üretimi Akım Şeması



Şekil 4: Tulum Peyniri Üretim Akım Şeması

1.3.2. Peyniraltı suyu

Peyniraltı suyu (PAS), peynir yapımı sırasında çıkan yeşilimsi sarı renkte bir sıvıdır. Diğer bir deyimle peynir yapımı sırasında peynir maddesini oluşturan kazein'in ve yağın pıhtı halinde ayrılmasından sonra serbest kalan sıvı peyniraltı suyudur. Peynirin tabii yolla oluşması veya lab katımıyla elde edilmesine göre, peyniraltı suyunun karakteri değişik olur. Tabii asitleşme ile yapılan peynirlerden sızan sıvı ekşi peyniraltı suyunu oluştururken, lab katımıyla elde edilen pıhtılaştırma suyunun yanında bir de teknik peyniraltı suyu vardır. Teknik peyniraltı suyu kazein üretiminde bir yan ürün olarak oluşur. Kazein üretiminde süt, genellikle anorganik asitle, mesela hidroklorik asitle pıhtılaştırılır. PAS'na karakteristik rengini veren içerdiği laktoflavin (B2 vitamini)' dir.

Peyniraltı suyu, süt gibi dayanıksızdır. Çabuk asitleşir. Bu esnada peyniraltı suyunun değerini artıran laktoz, mikroorganizmaların faaliyetine bağlı olarak büyük ölçüde laktik aside dönüşür. Peyniraltı suyu bileşimi aşağıdaki Tablo 2'te verilmiştir.

Tablo 2: Peyniraltı Suyu (PAS) Bileşimi [1]

İçerik	Tatlı PAS	Ekşi PAS
Su (%)	93-94	94-95
Kuru Madde (%)	6-7	5-6
Özgül ağırlık	1.026	1.024-1.025
Yağ	İz halinde 0.8	İz halinde
Protein (%)	0.9	0.9
Proteinin ısı ile çöken kısmı (%)	0.5	0.6
Süt şekeri (%)	4.5-5	3.8-4.2
Süt asidi (%)	İz halinde	≤ 0.8
Asitlik derecesi	< 6	>18
pH	6.2-6.6	4.5-4.7
Mineraller (%)	0.5-0.7	0.7-0.8

Peyniraltı suyu, içerdiği değerli maddeler nedeniyle insan beslenmesi, özellikle hayvan beslenmesi açısından büyük önem taşır. Taze peyniraltı suyunun içilmesi terapötik ve diyetetik olarak tavsiye edilir. PAS besicilikte önemli bir yer işgal eder. Çünkü 1 kg'ında 63 nişasta birimi vardır. Buna göre, 12 kg PAS, içerdiği besleyici unsurlar bakımından 1 kg arpaya tekabül eder. Tahıllara, kepeğe karıştırılarak yem olarak verilir. PAS vitamin B kompleksi bakımından da zengindir. Bugün, PAS'dan ekonomik olarak yararlanılması için işletmelerde 100 m³/gün PAS elde edilmesi gerekir. PAS'nun ürün olarak işlenmesi özel bilgileri ve belirli bir teknolojiyi gerektirir. PAS'dan süt şekeri eldesi de ayrı bir teknoloji ile gerçekleştirilir. PAS'dan aşağıdaki ürünler elde edilir:

- PAS tozu üretimi
- Deminerale PAS üretimi
- Maya üretimi
- Sirke üretimi
- Alkol üretimi
- Hayvan yemlerine katılması
- Limon asidi elde edilmesi
- Vitamin B12 üretimi
- Çeşitli içeceklerin yapımı

Türkiye'de eskiden sadece lor peynirlerinin yapımında ve besicilikte çok kısıtlı olarak kullanılan PAS son yıllarda gerekli teknolojik imkanların sağlanmasıyla toz haline dönüştürülüp gıda sektöründe değerlendirilmeye başlanmıştır. Ancak PAS'nun önemli bir kısmı değerlendirilememektedir [2].

1.4. Süt ve Süt Ürünleri Endüstrisinde Atıksu Karakterizasyonu ve Kirlenme Profili

1.4.1. Alt Kategorizasyon

Endüstri tesislerinde pek çok değişik kaynaktan atıksu kaynaklanabilmektedir. Bir endüstride yer alan proseslerin her biri için ayrı ayrı, bu proseslerdeki su kullanımı ve atıksu oluşumunun belirlenmesi ileriki kademelerde gerçekleştirilecek atıksu kontrolü ve arıtılması için oldukça önemlidir. Bunun için herhangi bir endüstri kategorisinin alt kategorilerinin oluşturulması kirlenme profili oluşturulmasında kolaylık sağlamaktadır.

Süt ürünleri endüstrisi ürün bazında 10 alt kategoriye ayrılmaktadır. Bunlar;

- 1- Süt teslimi
- 2- Hazır süt ve krema üretimi
- 3- Yoğurt ve ayran üretimi
- 4- Tereyağı üretimi
- 5- Peynir üretimi
- 6- Dondurma üretimi
- 7- Koyulaştırılmış süt üretimi
- 8- Süt tozu üretimi
- 9- PAS yoğunlaştırılması
- 10- PAS kurutulması

1.4.2. Karakterizasyon

Süt ve süt ürünleri endüstrisinin ana hammaddeyi süttür. Ancak bu endüstride alt kategorileri oluşturan üretimlerin çeşitli kademelerinde su kullanımı ve dolayısıyla atıksu oluşumu kaçınılmazdır. Süt endüstrilerinde su kullanımı-atıksu oluşumuna neden olan işlemler:

- Süt alımında kullanılan tank ve/veya güğümlerin yıkanması
- Üretimde kullanılan alet, ekipman ve dolum makinalarının yıkanması
- PAS gibi yan ürünlerin deşarjı
- Tesisin genel temizliği
- Pastörizasyon, Seperasyon, ısıtma, buharlaştırma gibi proseslerden kaynaklanan su-süt karışımının deşarjı
- Elverişsiz veya eksik ekipmanlardan gelebilecek yağlar
- Evsel nitelikli atıksular

1.4.3. Atıksuların özellikleri, kirlilik yükleri ve eşdeğer nüfus oranları

Çeşitli alt kategorilerde işlenen süt miktarlarına karşılık gelen su kullanımı miktarının ve daha sonra da üretimin çeşitli kademelerinde oluşan atıksuların karakterizasyonunun verilmesi gerekmektedir.

Literatürde süt ürünleri endüstrisinde atıksu oluşumuna neden olan işlemler ve çeşitli üretim kademelerinde meydana gelen atıksu oluşumları verilmiştir. Ancak çalışma konusu yönünden peyniraltı suyu incelendiğinden diğer kategoriler incelenmeyecektir. Bir süt endüstrisinden kaynaklanan peyniraltı suyuna ait değerler aşağıda Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Peyniraltı Suyunun (PAS) Karakterizasyonu [1, 2]

Parametre	Peynir Altı Suyu (PAS)
KOI(mg/l)	18400-70000
BOI ₅ (mg/l)	8300-40000
AKM (mg/l)	7000
Yağ-Gres (mg/l)	4095
TKN (mg/l)	280-1100
PO ₄ -P (mg/l)	110-135
Deterjan (mg/l)	-
pH	5-9.5

Endüstriyel atıksuları, debi ve BOI₅ kirlilik yükü olarak ifade etmek yerine, atıksu debilerinin ve kirlilik yüklerinin kaç kişinin oluşturduğu kirliliğe eşdeğer olduğu şeklinde de anlamlı olabilir.

Toplam oluşan BOI₅ kirlilik yükü:

$$BOI_5 = 2 \times 10^4 \frac{mg}{l} * 4 \frac{m^3}{gün} * 10^3 \frac{l}{m^3} * 10^{-6} \frac{kg}{mg}$$

$$BOI_5 = 80 \text{ kg/gün}$$

Bir insanın tek başına oluşturduğu BOI₅ kirlilik yükü 54 gr/kişi-gün ve harcadığı debi 100 l/kişi-gün olarak kabul edilirse;

$$\text{Yük Eşdeğer Nüfus} = 80 / 0.054 \\ = 1481 \text{ kişi}$$

$$\text{Hidrolik Eşdeğer Nüfus} = 4 / 0.1 = 40 \text{ kişi}$$

II. SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİ ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ ARITIMI

II.1. Deşarj Edilecek Alıcı Ortam Standartları

II.1.1. Su Kirliliği Kontrolü çalışmalarında yasal dayanaklar

09.08.1983 tarih ve 2872 sayılı Çevre Kanunu'na istinaden çıkartılan, 04.09.1988 tarih ve 19919 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (S.K.K.Y)"nin 37. maddesi gereğince; Süt endüstrilerinin, Deşarj İzni alması gereken endüstrilerden S.K.K.Y Tablo 5.3'e dahil olmaktadır Sektör olarak; Süt ve süt Ürünleri endüstrilerinin atıksularının alıcı ortama deşarj standartları belirlenerek kirlilik oluşturan parametreler aşağıya çıkarılmıştır;

- 1-Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOI₅)
- 2-Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI)
- 3-Yağ ve Gres
- 4-pH

Bu parametrelerin kontrolü amacıyla 2 saatlik ve 24 saatlik kompozit numune alınmak suretiyle analizler yapılır. 24 saatlik kompozit numune veya günlük çalışma saati toplamı boyunca alınan kompozit numune 3 yıl geçerli olan "Deşarj İzni" işlemlerinde uygulanmakta olup, periyodik kontroller için 2 saatlik kompozit numune alınarak analizler yapılmaktadır [3].

II.1.2. Alıcı Ortam Standartları

Süt Ürünleri endüstrisi için Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde "Tablo 5.3:Sektör: Gıda Sanayi (Süt ve Süt Ürünleri) atıksularının alıcı ortama deşarj standartları" adlı tabloda 2 saatlik ve 24 saatlik kompozit numune

kontrollerinde karşılaştırılmasına esas alınacak standart parametre değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4: S.K.K.Y Tablo 5.3: Süt ve Süt Ürünleri Endüstrisi Atıksularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları [3]

Parametre	Kompozit Numune (2 saat)	Kompozit Numune (24 saat)
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅), (mg/l)	50	40
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), (mg/l)	170	160
Yağ ve Gres, (mg/l)	60	30
pH	6-9	6-9

II.1.3. Arıtım Yöntemleri

Süt ve süt ürünleri endüstrileri atıksuları yüksek düzeyde kirlilik yüküne sahiptir. Bu atıksuların arıtılarak, eğer alıcı ortama deşarj ediliyorsa kirletici parametrelerinin konsantrasyonlarının Tablo 4'te verilen deşarj değerlerine indirgenmesi gerekmektedir.

Süt ve süt ürünleri atıksuları ağırlıklı olarak organik içerikli olup, temel kontrol parametresi BOİ₅'dir. Diğer önemli parametreler KOİ, yağ-gres ve pH'dır. Süt endüstrisi atıksuları organik içerikli olduğundan en uygun arıtma şekli biyolojik arıtma olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sektörde PAS'nun varlığı biyolojik arıtmayı güçleştirmektedir [1].

Süt endüstrisi atıksularının arıtımını için bugüne kadar farklı alternatifler incelenmiş ve arıtılabilirlik çalışmaları yapılmıştır. Ancak burada bu çalışmalardan sadece uygulanan yöntemlerin adlarını ve kısaca giderim oranları hakkında bilgi vermekle yetineceğiz.

Süt endüstrisi atıksularının arıtımında uygulanan yöntemler:

II.1.3.1. Kimyasal arıtma

Bu yöntemde; PAS ve diğer suların arıtımında değişik kimyasallar denenmiş ve KOİ için %30 giderim sağlanabilmiştir [1,4].

II.1.3.2. Biyolojik arıtma

II.1.3.2.1. Anaerobik biyolojik arıtma

Anaerobik arıtma sistemleri süt ve süt endüstrisi atıksularının arıtılmasında yaygın olarak uygulanan yöntemlerdendir. Giderim verimleri yıkama suları için % 87 KOİ, PAS için %98 KOİ ve BOİ giderme verimlerine sahiptir. Ancak bu sistemler pahalı olduğundan sadece büyük firmalarca kullanılmaktadır [1].

II.1.3.2.1.2. Aerobik biyolojik arıtma

II.1.3.2.1.2.1. Oksidasyon hendekleri

Uzun süreli bekleme gerektirdiklerinden pek uygulama alan bulamamaktadır [5].

II.1.3.2.1.2.2. Mekanik Havalandırılmalı havuzlar

Arıtım verimleri çok düşük olduğundan pek uygulanmaz [5].

II.1.3.2.1.2.3. Damlatılmalı filtreler

Yüksek kirlilik yüküne sahip atıksuların arıtılmasında tek başlarına pek verimli değildirler ve şok yüklemelere karşı hassastırlar [5].

II.1.3.2.1.2.4. Aktif çamur sistemi

Bu yöntem yıkama suları için uygulandığında %92 verim elde edilmiştir. Ancak yüksek kirlilik yüküne sahip PAS arıtımında doğrudan başarılı olamamakta, seyreltme yolu ile arıtım yapılabilen ve uzun süreli ihtiyaç duyulmaktadır [1, 5].

Süt ve süt endüstrisi atıksularının arıtılmasında uygulanan yöntemlere bakıldığında; PAS hariç diğer kaynaklardan gelen atıksuların uygulanan yöntemlerle arıtılabildiği (özellikle biyolojik arıtma), yapılan çalışmalara bakıldığında PAS'nun ise bir ön arıtım işleminden sonra biyolojik arıtma tesisinde arıtılabildiği ve istenilen arıtım veriminin sağlanabildiği görülmektedir.

III. DENEYSEL ÇALIŞMA

III.1. Kullanılan Materyaller

III.1.1. Bentonitin özellikleri ve kullanım alanları

Bugün bentonit denilen malzemeler çok eskiden beri kullanılmakta olan bir kil türüdür. Volkanik orijinli camların devitrifikasyonu ve bazen de asit volkanik kayaların hidrotermal alterasyonu ile oluşmuş ve esas itibarıyla montmorillonit grubu kil minerallerini içeren, iyon değiştirme özelliğine haiz, çok ince taneli kil benzeri malzemedir. Bentonitler değişik özelliklerine göre sınıflandırılabilirler:

- 1- Şişen ve şişmeyen türler
- 2- İçerdikleri değişebilen katyonlara göre

Bunlardan şişmeyen türler adsorptif ve yüzey aktivite özelliklerine, aktifleştirilip aktifleştirilemediklerine ve doğal aktif olup olmadıklarına göre sınıflandırılmışlardır. Şişmeyen türler değişebilen katyon olarak Ca iyonu içerirler. Adsorptif ve yüzey aktivite özellikleri yüksektir ve sıvıların berraklaştırılmasında kullanılırlar. Bunlardan

bazıları doğal olarak aktiftirler, diğerleri ise asitle muamele edilerek aktifleştirilebilmektedir.

Asitle aktifleştirmede, yüksek sıcaklık derecesindeki mineral asitlerinin, bentonitleri oluşturan montmorillonit mineralinin kristaline etkisi bunlarda önemli değişiklikler yapar ve özellikle adsorpsiyon özelliklerini artırır.

Kil mineralleri yapıları dışında, tuttıkları bazı anyon ve katyonları su solüsyonunda bulunan diğer anyon ve katyonlarla değiştirme özelliğine sahiptirler. Montmorillonitten oluşan bentonitlerde bu olay belirgin olarak görülür. Killerde rastlanan değişebilen katyonlar: Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , NH_4^+ , Na^+ ; anyonlar ise SO_4^{-2} , Cl^- , PO_4^{-3} , NO_3^- tür.

Bu deneysel çalışmada kullanılan Bentonite ait özellikler aşağıdaki Tablo 6'da verilmiştir.

Bentonit'in kullanım alanlarını şöyle sıralayabiliriz:

- Sondajlarda sondaj çamurunu ağıdalaşıp kırıntıların yukarı çıkmasını sağlar, su kaçaklarını önler,
 - Döküm kumu bağlayıcısı olarak kalıpların hazırlanmasında ($1600^{\circ}C$ 'a kadar dayanabilmektedir)
 - Demir tozlarının peletlenmesinde,
 - İnşaat Mühendisliğinde temel ve baraj yapılarında su ve sıvı sızdırmazlığı elde etmede,
 - Hayvan yemi yapımında,
 - Yemelik sıvı yağların ağartılmasında,
 - Şarap ve meyve sularının berraklaştırılmasında,
 - İlaç, kağıt, lastik sanayiinde dolgu maddesi olarak,
 - Çimento sanayiinde, seramik sanayiinde katkı maddesi olarak,
 - Evcil hayvanların altlarına yayılacak atıklarının kolay temizlenmesinde,
 - Petrol rafinasyonunda,
 - Atık suların temizlenmesinde,
 - Boya sanayiinde ve yangın söndürücülerde,
 - Gübre yapımı ve toprak ıslahında,
- kullanılmaktadır[9]. Yeryüzünde bulunan değişik Bentonit türlerine ait özellikler aşağıdaki Tablo 5'de verilmiştir

Tablo 5: Bazı Bentonitlerin Kimyasal Bileşimleri

Parametre	1.	2.	3	4.
SiO ₂ , %	57	67,42	68,16	74,50
Al ₂ O ₃ , %	21,2	15,83	17,49	13,94
Fe ₂ O ₃ , %	5,1	0,88	0,97	0,84
TiO ₂ , %	0,2	-	-	-
CaO, %	4,5	2,64	1,79	0,61
MgO, %	2,1	1,09	-	3,13
Ateşte kayıp, %	8,2	10,83	5,17	4,26

1-Alman Bavyera bentoniti

2-İtalya-Ponza adası bentoniti

3-Türkiye-Ünye bentoniti

4-Türkiye-İstanbul yıldız porselen fabrikası

Deneysel çalışmada kullanılan bentonite (Edirne bölgesi) ait özellikler aşağıdaki Tablo 6'da verilmiştir:

Tablo 6: Bentonit'e Ait Özellikler

Parametreler	Analiz değerleri
SiO ₂ (%)	67
Al ₂ O ₃ (%)	19
FeO (%)	3-6
Na ₂ O/CO (%)	0.7
Rutubet (%)	8
Renk	Sarı
Jel İndeks	8
Ateşle zayıt (%)	9
pH	9
Sinterleşme °C	1300
Yaş dayanım(nem 3.3 iken)	6 lb/inc ²
Gaz geçirgenlik	200
Elek analizi (%), 150 mesh elek altı	80
Yoğunluk, gr/cm ³	2,46 (ort. 2 alınabilir)

Çalışmada kullanılan Aktif Bentonitin eldesinde; Doğal Bentonit yakma fırınında $700^{\circ}C$ 'de 1 saat süreyle yakılmakta, fırınlanmış malzeme daha sonra öğütülerek 150 mesh'lik elekten geçirilmekte eleme sonucunda istenilen boyuttaki aktif malzeme elde edilmiş olur.

III.1.2. Sepiyolit özellikleri ve kullanım alanları

Sepiyolit hidratlı bir magnezyum silikat minerali olarak üst üste yığılmış talk tipi fiberlerden oluşmuş, mikro kanal ve oyukları fiber eksenine paralel bir iç yapıya sahiptir. Böylece gözenekli iç yapısal özellikleri, yüksek yüzey alanı, yüksek fizikokimyasal aktivitesi ile sepiyolit pek çok uygulamada kullanılan önemli bir mineraldir. Bu uygulamalar arasında süzme, filtreleme, adsorplama, renk giderme, moleküler ayırım gibi alanlar bulunmaktadır.

Sepiyolit ($Si_2Mg_8O_{32}.nH_2O$) minerali sahip olduğu adsorban, reolojik ve katalitik özelliklerinden dolayı birçok endüstriyel dalda uygulamaya alanı bulmaktadır. Yumrulu sepiyolitler genellikle pipo, sigara ağızlığı yapımı yanısıra, kolye, bilezik, küpe gibi takı eşyaları, tesbih, biblo gibi süs eşyalarının yapımında kullanılmaktadır. Sanayi tipi sepiyolitler ise, leke çıkarma işlemlerinde, elektrik sanayiinde katalizör imalinde, otomobil sanayiinde yakıt temizleme işlemlerinde, füze ve diğer uzay araçlarının başlık ve kaplamalarının yalıtımında, nebati ve madeni yağlar ile şurupların arıtılmasında, petrol arama sondajlarında, askeri mühimmat imalinde, kağıt ve porselen sanayiinde, kozmetik sanayiinde, zirai ilaçlarda, lastik endüstrisinde, hafif yapı ve ev hayvanlarının altına yaygı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bu gün dünyada kullanılan bazı sepiyolit türlerine ait bileşim değerleri Tablo 7'de verilmiştir.

Çalışmada kullanılan Aktif Sepiyolit eldesinde; Doğal Sepiyolit yakma fırınında $700^{\circ}C$ 'de 1 saat süreyle yakılmakta, fırınlanmış malzeme daha sonra öğütülerek 150 mesh'lik elekten geçirilmekte eleme sonucunda istenilen boyuttaki aktif malzeme elde edilmiş olur.

Tablo 7: Değişik Sepiyolitlerin Bileşim Değerleri

Oksitler	Sepiyolit	Sedimenter sepiyolit	Hidrotermal sepiyolit
SiO ₂	53.02	55.97	57
MgO	23.13	22.81	10.10
Al ₂ O ₃	0.19	1.56	8.50
Na ₂ O	0.02	0.12	3.70
K ₂ O	0.02	0.27	1.20
Fe ₂ O ₃	0.51	0.77	2.50
MnO	-	0.02	0.2
TiO ₂	-	0.12	0.3
CaO	0.06	0.57	2
A.Z	21.63	17.75	13.35

III.1.3. Anyonik polielektrolit

Deneysel çalışmalarda kullanılan polielektrolit (PE)'e ait özellikler etkin madde akrilik polimer, beyaz toz halinde 0.85 kg/l yoğunluklu, % 5'lik çözeltideki pH'sı nötr halde molekül ağırlığı 1.4×10^2 gr, geniş pH aralığında etkili bir sıvı-katı ayırımı, çamur susuzlaştırma işlemlerinde ve stoklama süresinin 18-24 ay arasında depolanabilmektedir [6].

III.2. Metod

Deneysel çalışmalara başlamadan önce deneyde kullanacağımız çözeltilerin hazırlanması safhası öncelikle yapılması gerekir. Bunun için hacimce %20'lik Bentonit çözeltisinin hazırlanması gerekir. Bunun için 1 litrelik erlenmayer kabına 200 gr toz halde bentonit konarak üzerine 1litreye tamamlamak üzere musluk suyu ilave edilir ve böylece hacimce % 20'lik bentonit çözeltisi hazırlanmış olur.

İkinci çözeltimiz % 0,2'lik polielektrolit (PE) çözeltisinin hazırlanmasıdır. Bunun için de 500'lük erlenin içine 1000 mg granül halde PE ilave edilerek sürekli karışım sağlanarak çözelti hazırlanır.

Reaksiyon kaplarımız 500'lük beherlerde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada atıksu numune hacmi 250 ml PAS alınmış olup, (başlangıç için dozaj değeri 25 gr/250 ml kabulü yapılmıştır) optimumu tespit edilmeye çalışılan parametrenin farklı değerleri kullanılarak deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Deneysel çalışma jar (kavanoz) testi düzeneğinde gerçekleştirilmiş olup, PAS'nun ön arıtımında Bentonitin giderim verimi üzerine etkisinin tespiti amacıyla optimum değerler [pH, dozaj (gr/l), sıcaklık (°C), karışım hızı (dev/dakika) ve karışım süresi (dakika)nin] tespiti yapılarak neticede optimum şartlardaki giderim ile yine tespit edilmiş optimum şartlarda sepiyolitın giderim verimi incelenmiş ve Bentonit ile Sepiyolitın giderim verimleri karşılaştırılmıştır.

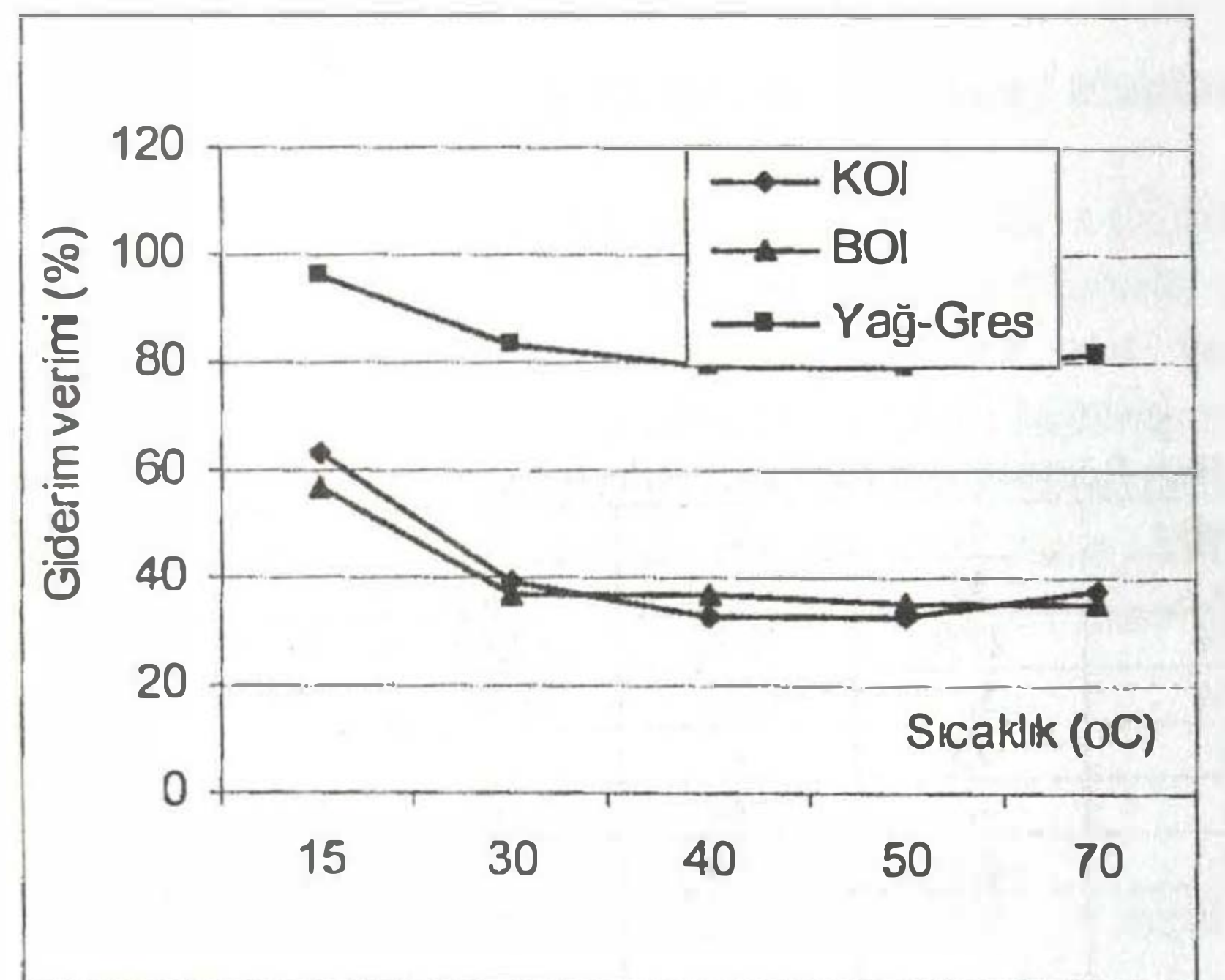
Deneysel çalışmalarda pH, dozaj (gr/l), sıcaklık (°C), karışım hızı (dev/dakika) ve karışım süresi (dakika)nin tespiti amacıyla 5 farklı değer seçilerek optimum şartlar tespit edilmeye çalışılmıştır.

Optimumların tespitinde 4 parametre sabit kabul edilerek tespit edilmek istenen parametrenin değişik oranlarındaki giderim verimleri hesaplanarak optimumu tespit edilecek her parametre için benzer işlemler yapılarak optimum değerler tespit edilir.

Tablo 8'den de görüleceği üzere 5 farklı değerde sıcaklık değerleri ile optimum sıcaklığın tespiti amacıyla yapılan çalışmalar neticesinde [pH 6.2, dozaj 66.5 gr-Bentonit/l (burada 125ml'lik Bentonit çözeltisi 250 ml'lik PAS içerisine ilave edilerek toplam 375 ml'lik hacimde deneysel çalışma yapılmıştır.), karışım hızı 60 (dev/dakika) ve karışım süresi 10 (dakika) kabul edilerek]; sıcaklık değişiminin 15-30 °C arasında en yüksek giderim verimini sağladığı, sıcaklığın artışına paralel olarak giderim veriminin düştüğü tespit edilmiştir. Bu durum Şekil 5'te görülmektedir. Parametrelerin ölçümünde 20'de bir seyreltme yapılmıştır. KOI ölçümü Dr Lange hazır kitleri kullanılarak yapılmıştır. Yağ-gres tayininde ayıtma hunisi kullanılmıştır (yağ tayininde n-Hegzan kullanılmıştır), BOI₅ tayininde otomatik ölçüm başlıkları (ORİ test marka) kullanılmıştır. Optimum sıcaklık 20 °C olarak kabul edilmiştir.

Tablo 8: Optimum Sıcaklığın Tespiti Amacıyla Değişik Sıcaklıklardaki Giderim Verimleri[Bentonit]

Sıcaklık,(°C)	KOI (%)	BOI ₅ (%)	Yağ-Gres (%)
15	63	57	96
30	39	37	83
40	33	37	79
50	33	35	79
70	38	35	82



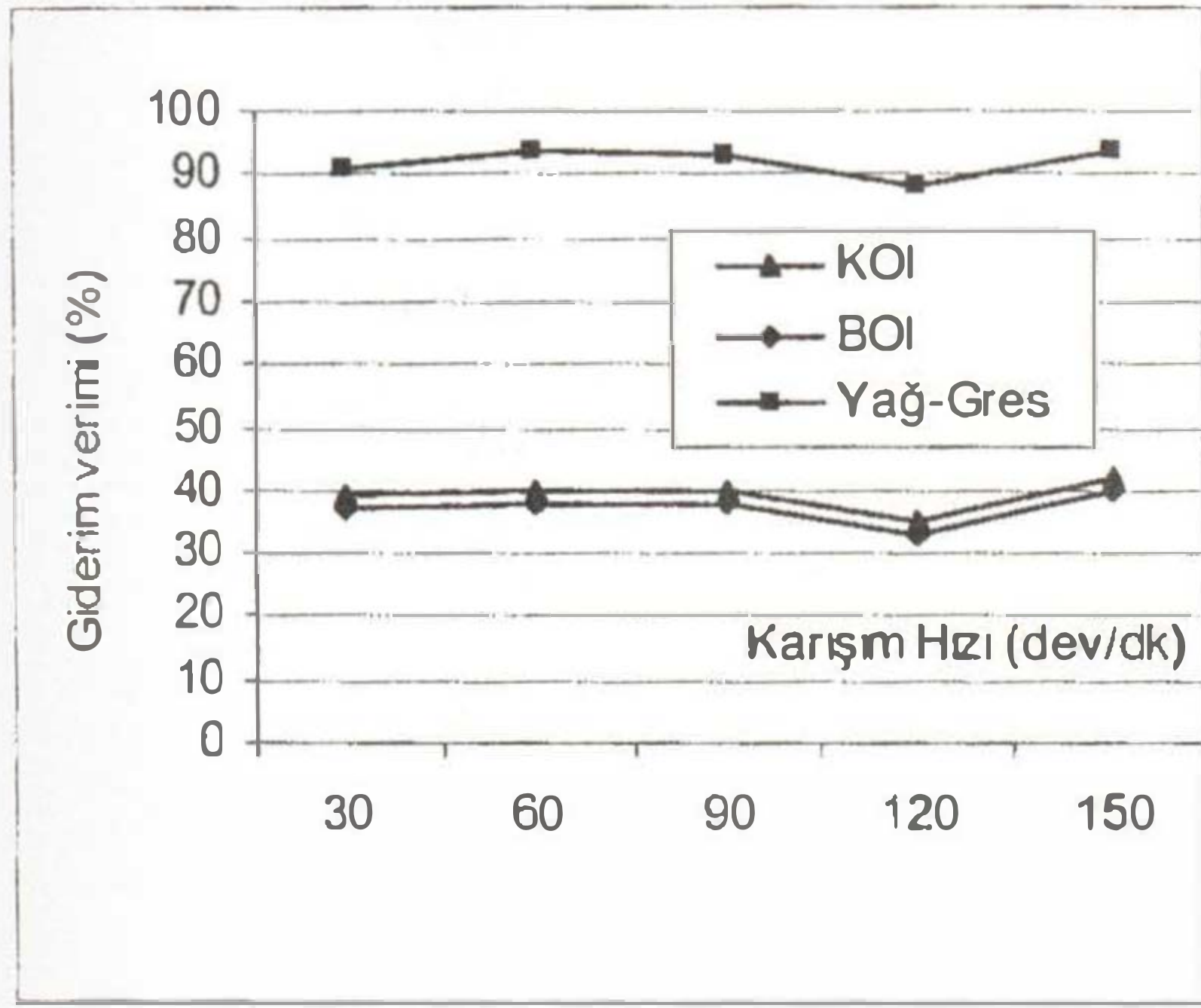
Şekil 5: Bentonit için Optimum Sıcaklığın Tespiti

Tablo 9'dan da görüleceği üzere 5 farklı değerde karışım hızı değerleri ile optimum karışım hızının tespiti amacıyla yapılan çalışmalar neticesinde [pH 6.2, dozaj 66.5 gr-Bentonit/ l (burada 125ml'lik Bentonit çözeltisi 250 ml'lik PAS içerisine ilave edilerek toplam 375

ml'lik hacimde deneysel çalışma yapılmıştır.), sıcaklık 20 °C ve karışım süresi 10 (dakika) kabul edilerek]; karışım hızının 30-90 dev/dk arasında en yüksek giderim verimini sağladığı ve pek fazla değişmediği, ancak karışım hızının artmasına paralel olarak giderim veriminin düştüğü tespit edilmiştir. Bu durum Şekil 6'da görülmektedir. Optimum karışım hızı 60 dev/dakika olarak kabul edilmiştir.

Tablo 9: Optimum Karışım Hızının Tespiti Amacıyla Değişik Karışım Hızlarındaki Giderim Verimleri[Bentonit]

Kar.hızı (Devir/dk)	KOI (%)	BOI ₅ (%)	Yağ-Gres (%)
30	39	37	91
60	40	38	94
90	40	38	93
120	35	33	88
150	42	40	94

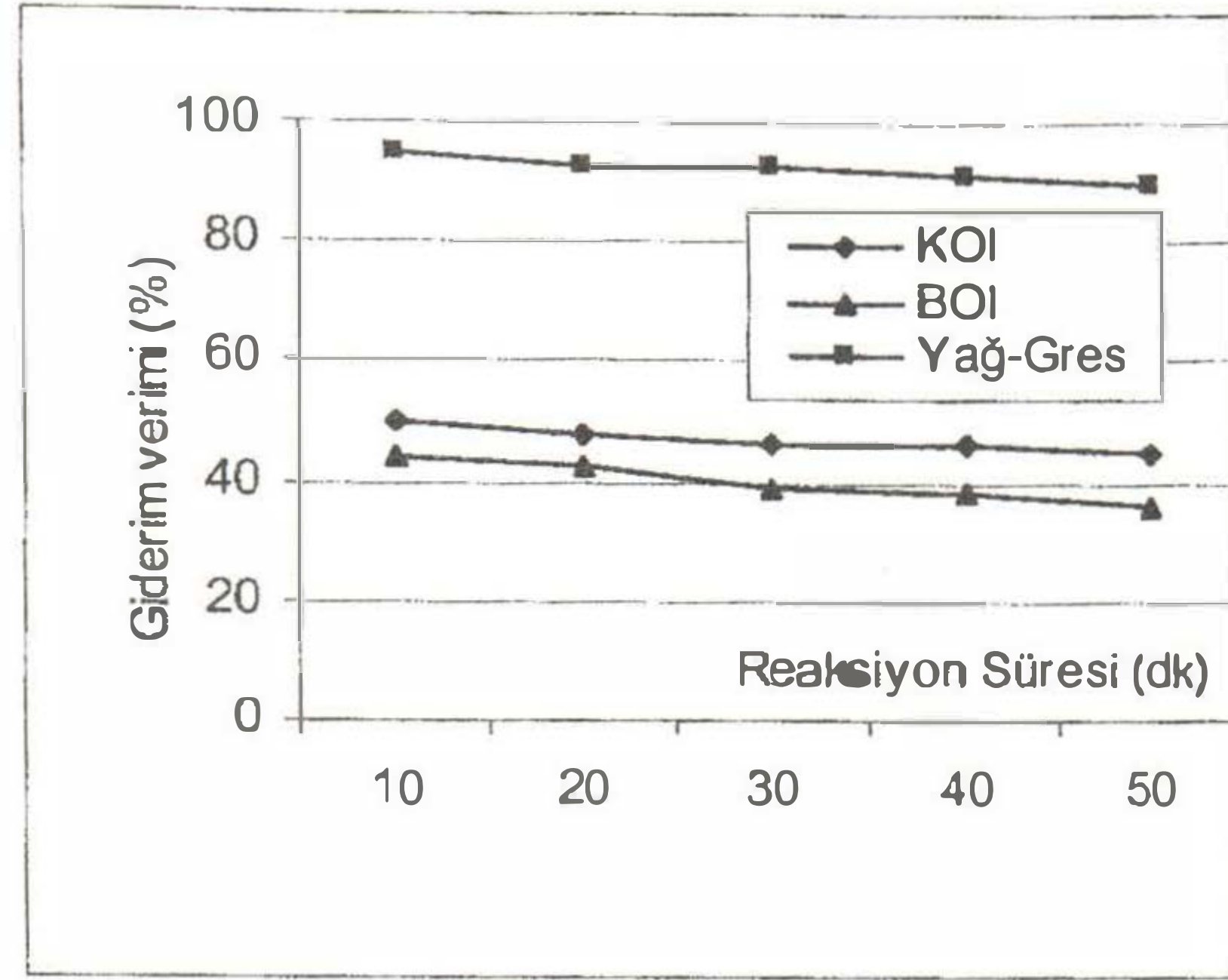


Şekil 6: Bentonit için Optimum Karışım Hızının Tespiti

Tablo 10'dan da görüleceği üzere 5 farklı değerde reaksiyon süresi ile optimum reaksiyon süresinin tespiti amacıyla yapılan çalışmalar neticesinde [pH 6.2, dozaj 66.5 gr-Bentonit/ l (burada 125ml'lik Bentonit çözeltisi 250 ml'lik PAS içerisine ilave edilerek toplam 375 ml'lik hacimde deneysel çalışma yapılmıştır.), karışım hızı 60 (dev/dakika) ve sıcaklık 20 °C kabul edilerek]; reaksiyon süresi 15-20 dakika arasında en yüksek giderim verimini sağladığı, reaksiyon süresinin uzamasına paralel olarak giderim veriminin düştüğü tespit edilmiştir. Bu durum Şekil 7'de görülmektedir. Optimum reaksiyon süresi 15 dakika olarak kabul edilmiştir.

Tablo 10: Optimum Reaksiyon Süresinin Tespiti Amacıyla Değişik Reaksiyon Sürelerindeki Giderim Verimleri[Bentonit]

Zaman (dakika)	KOI (%)	BOI ₅ (%)	Yağ-Gres (%)
10	50	44	95
20	48	43	93
30	46	39	93
40	46	38	91
50	45	36	90

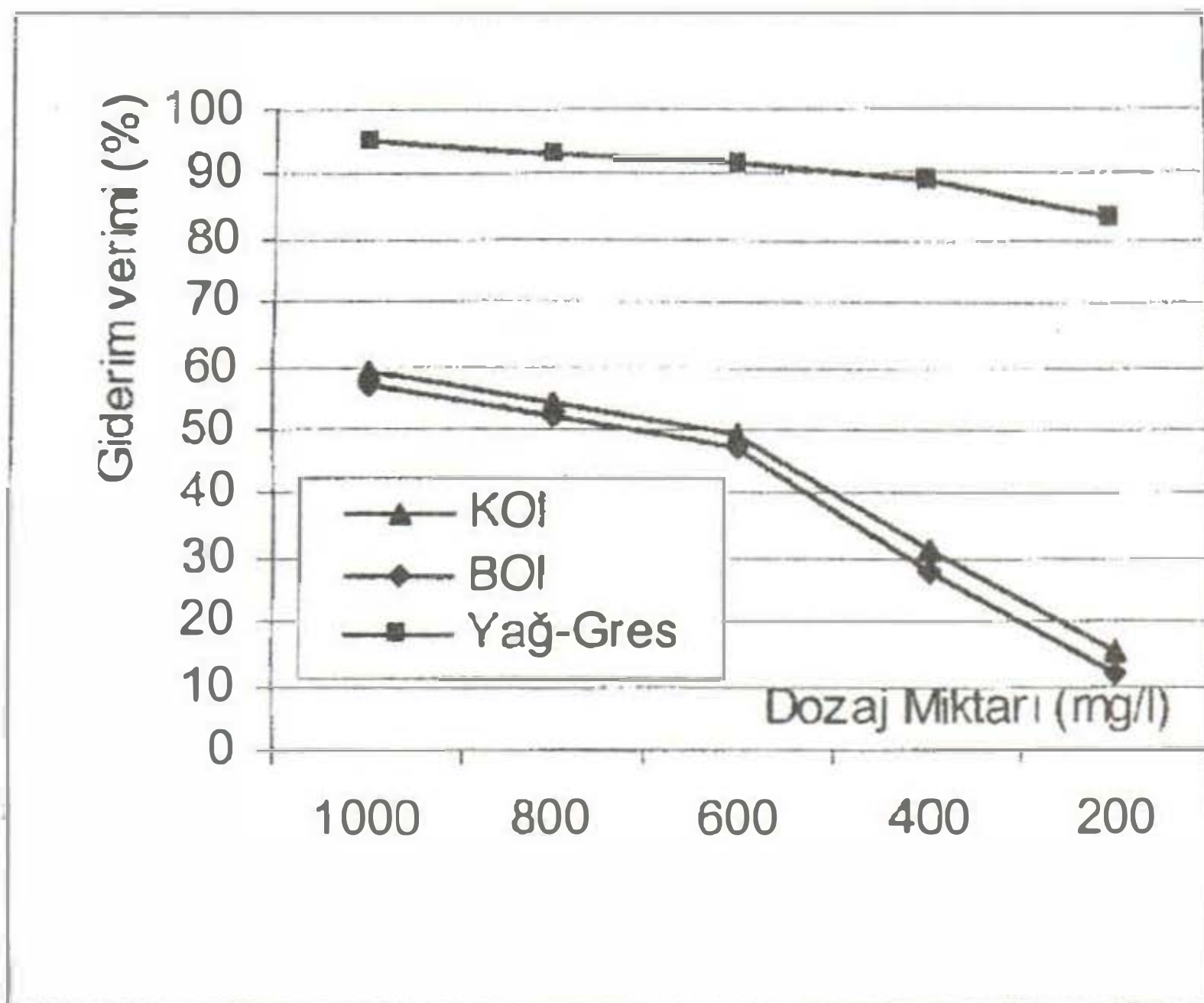


Şekil 7: Bentonit için Optimum Reaksiyon Süresinin Tespiti

Tablo 11'den de görüleceği üzere optimum dozajın tespitinde 5 farklı değerde (250 ml, 200 ml, 150 ml, 100 ml, 50 ml'lik çözeltiler 250 ml'lik PAS içerisine ilave edilmiştir) karışım hazırlanarak optimumun tespitinde yapılan çalışmalar neticesinde [pH 6.2, sıcaklık 20 °C, karışım hızı 60 (dev/dakika) ve karışım süresi 15 (dakika) kabul edilerek]; dozaj değişiminin 75-88.8 gr-Bentonit/l arasında en yüksek giderim verimini sağladığı, dozaj miktarının artışına paralel olarak giderim veriminin düştüğü tespit edilmiştir. Bu durum Şekil 8'de görülmektedir. Optimum dozaj 82.25 gr/l (700 ml çözeltiye tekabül ediyor) olarak kabul edilmiştir.

Tablo 11: Optimum Dozajının Tespiti Amacıyla Değişik Dozajlardaki Giderim Verimleri[Bentonit]

Dozaj (Mg/l)	KOI (%)	BOI ₅ (%)	Yağ-Gres (%)
1000	59	57	95
800	54	52	93
600	49	47	92
400	31	28	89
200	15	12	83

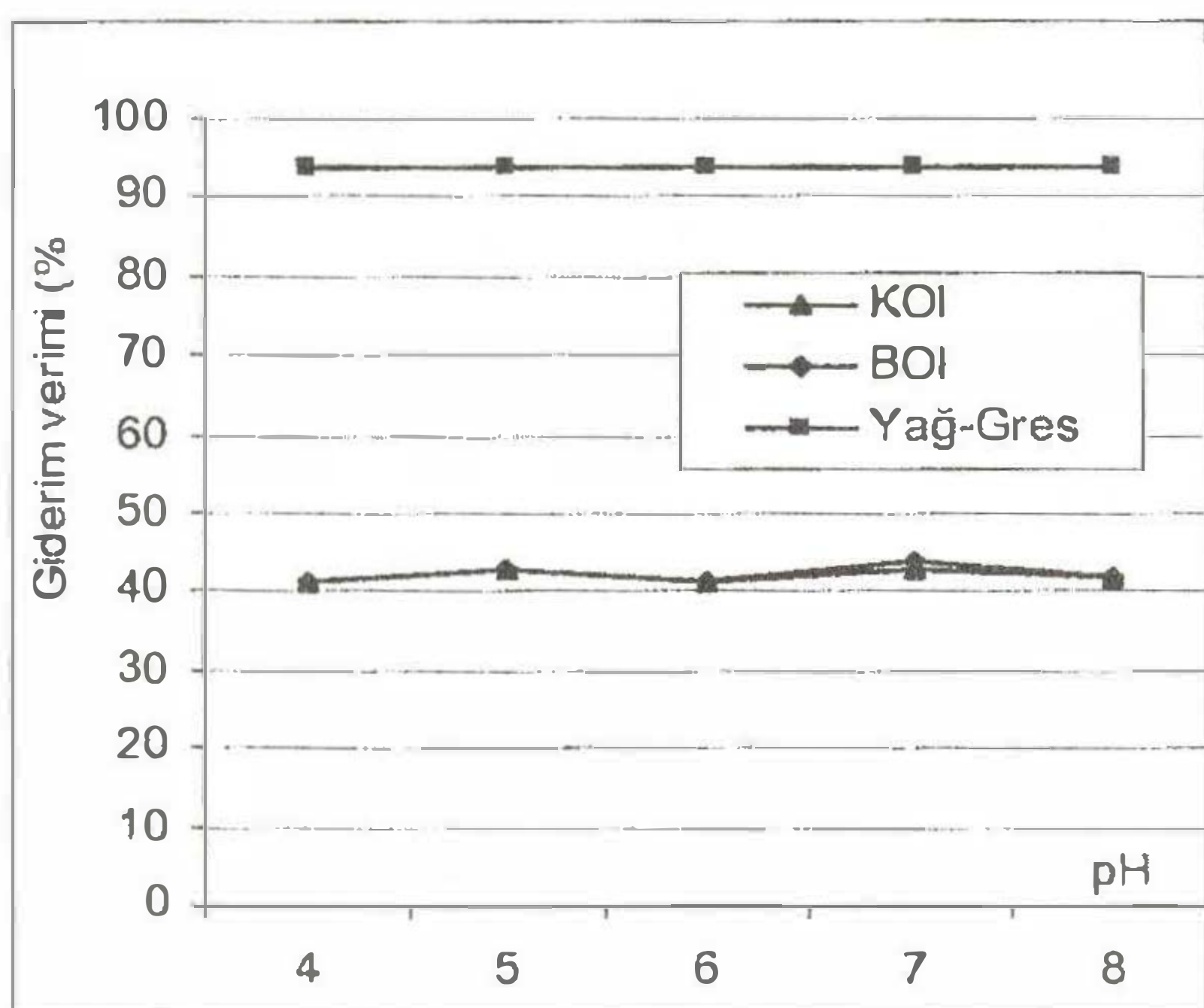


Şekil 8: Bentonit için Optimum Dozajın Tespiti

Tablo 12'den de görüleceği üzere 5 farklı değerde pH ile optimum pH'nın tespiti amacıyla yapılan çalışmalar neticesinde [sıcaklık 20 °C, karışım hızı 60 (dev/dakika) ve karışım süresi 15 (dakika), opt.dozaj 82.25 gr/l (700 ml çözeltiye tekabül ediyor) kabul edilerek]; pH'nın 5.5-6.5 arasında en yüksek giderim verimini sağladığı, pH'nın değişimine paralel olarak giderim verimlerinin değişmediği tespit edilmiştir. Bu durum Şekil 9'da görülmektedir. Optimum pH 6.2 olarak kabul edilmiştir (Bu değer PAS'nun orijinal değeridir).

Tablo 12: Optimum pH'nın Tespiti Amacıyla Değişik pH'lardaki Giderim Verimleri[Bentonit]

pH	KOI (%)	BOI ₅ (%)	Yağ-Gres (%)
4	41	41	94
5	43	43	94
6	41	41	94
7	43	44	94
8	42	42	94



Şekil 9: Bentonit için Optimum pH'nın Tespiti

Daha önce tespit edilen optimum değerlere (Sıcaklık 20 °C, karışım hızı 60 dev/dakika, reaksiyon süresi 15 dakika, pH 6.2 ve optimum dozaj 82.25 gr/l) (700 ml çözeltiye tekabül ediyor) bağlı olarak optimum şartlardaki giderim verimleri Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13: Bentonit'in Optimum Şartlardaki Giderim Verimi

Parametreler	KOI (%)	BOI ₅ (%)	Yağ-Gres (%)
Giderim verimi	47	43	91

Orijinal numunenin KOI değeri 50900 mg/l, BOI₅ değeri 20890 mg/l ve Yağ-Gres 2050 mg/l olarak ölçülmüş ve optimum şartlardaki giderim verimleri neticesinde ön artımı deşarj değerleri aşağıdaki gibidir.

Ca-Bentonit için KOI, Yağ-Gres, BOI₅ giderim verimi ve değerleri:

KOI = 0.54 * 50900 = 27486 mg/l

BOI₅ = 0.43 * 20890 = 8983 mg/l

Yağ-Gres = 0.91 * 2050 = 1866 mg/l

Adsorpsiyon Kapasitesi:

(mg KOI, BOI₅, yağ-gres /l) / (gr-Bentonit / l)

334 mg KOI/1gr Ca-Bentonit

109 mg BOI₅/1gr Ca-Bentonit

23 mg Yağ-Gres/1gr Ca-Bentonit

Ön artımda giderim verimi hesaplanacak bir diğer madde de Sepiyolittir. Ancak burada daha önce Bentonit için tespit edilmiş optimum şartlardaki değerler Sepiyolit için kullanılacaktır.

Optimum şartlar altında doğal Sepiyolit ve aktifleştirilmiş Sepiyolit için ayrı ayrı giderim verimleri ölçülecektir. Yapılan ölçümler neticesinde aşağıdaki değerler ölçülmüştür.

Tablo 14. Doğal ve Aktif Sepiyolit İçin % Giderim Verimleri

Kullanılan Madde	KOI (%)	Yağ-Gres (%)
Doğal Sepiyolit	28	85
Aktif Sepiyolit	21	79

Tablo 14'den de görüleceği üzere doğal Sepiyolit'in aktif Sepiyolitten daha yüksek verime sahip olduğu, ancak Bentonit'in veriminin her ikisinden de daha yüksek giderim verimine sahip olduğu görülmektedir. Burada doğal Sepiyolit'in aktif Sepiyolitten daha yüksek giderim verimi sağlamanın nedenlerinden birinin aktif Sepiyolit'in tanecik boyutunun eşit olmaması ve homojen bir çözelti oluşumuna neden olmasından dolayı eşit dozda dozlama yapılamadığından daha düşük çıkmış olabileceği tahmin edilmektedir.

Sepiyolit için KOI ve Yağ-Gres giderim verimi ve değerleri:

Doğal Sepiyolit için:

KOI = 0.28 * 50900 = 14252 mg/l

Yağ-Gres = 0.85 * 2050 = 1742 mg/l

Aktif Sepiyolit için:

KOI = 0.21 * 50900 = 10689 mg/l

Yağ-Gres = $0.79 \times 2050 = 1619$ mg/l

Adsorpsiyon Kapasitesi:

Doğal Sepiyolit için:

$*(\text{mg KOI, yağ-gres/l}) / (\text{gr-Sepiyolit} / \text{l})*$
173 mg KOI/1gr Doğal Sepiyolit
21 mg Yağ-Gres /1gr Doğal Sepiyolit

Aktif Sepiyolit için:

$*(\text{mg KOI, yağ-gres/l}) / (\text{gr-Sepiyolit} / \text{l})*$
130 mg KOI/1gr Aktif Sepiyolit
16.7 mg Yağ-Gres /1gr Aktif Sepiyolit

Deşarj değerleri:

Doğal Sepiyolit için:

KOI = 36648 mg/l
Yağ-Gres = 608 mg/l

Aktif Sepiyolit için:

KOI = 40211 mg/l
Yağ-Gres = 431 mg/l

Ca-Bentonit için:

KOI = 23414 mg/l
BOI₅ = 11907 mg/l
Yağ-Gres = 184 mg/l

Deneyde kullanılan ve yukarıda % giderim verimleri tespit edilen aktifleştirilmiş Ca-Bentonit ile Doğal ve Aktifleştirilmiş Sepiyolit'in % giderim verimlerinin karşılaştırılması Tablo 15, Malzemelerin Adsorpsiyon Kapasiteleri'nin karşılaştırılması Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 15. Doğal ve Aktif Sepiyolit ile Ca-Bentonit'in % Giderim Verimlerinin Karşılaştırılması

Kullanılan Madde	KOI, %	Yağ-Gres, %
Doğal Sepiyolit	28	85
Aktif Sepiyolit	21	79
Ca-Bentonit	54	91

Tablo 16. Doğal ve Aktif Sepiyolit ile Ca-Bentonit'in Adsorpsiyon Kapasitelerinin Karşılaştırılması

Adsorpsiyon Kapasitesi	mg KOI / gr-Adsorbent	mg BOI ₅ / gr-Adsorbent	mg Yağ-Gres / gr-Adsorbent
Doğal Sepiyolit	173	-	21
Aktif Sepiyolit	130	-	16.7
Ca-Bentonit	334	109	23

IV. Kullanılan Kimyasalların Maliyeti

Süt ve süt ürünleri endüstrilerinden kaynaklanan PAS'larının arıtılmasında kullanılan reaktantların maliyet hesaplamasından önce birim süt başına oluşacak PAS miktarının belirlenmesi gerekir. Bunun için literatürde bu sektörle ilgili çalışmalara bakıldığında 1 litre sütün % 76.5'i atıksu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yaptığımız deneysel çalışmada 1 litre PAS için 700 ml hacimce % 20'lik Bentonit çözeltisi ve 50 ml polielektrolit (PE) gerekmektedir.

Buradan birim (1 ton) PAS için kullanılacak Bentonit, Sepiyolit ve PE miktarı TL ve \$ olarak;

2001 yılı için (Doğrudan ocak çıkışı):

Çalışmada kullanılan toplam madde miktarları:
82.25 kg Bentonit - Sepiyolit (1 m³ PAS)

50*0.002=100 gr PE (1 m³ PAS)

Adapazarı teslim <1 mm:

Bentonit 40\$/ton*1.300.000= 52.000.000 TL/ton

1 m³ PAS için maliyet:

82.25(kg)*52.000(TL/kg)=4.277.000 TL(3.29\$)

1 m³ PAS için PE maliyeti=225.000 TL(0.17\$)

Sepiyolit 22\$/ton*1.300.000=28.600.000 TL/ton

1 m³ PAS için maliyet:

82.25(kg)*28.600(TL/kg)=2.352.350 TL(1.80\$)

1 m³ PAS için PE maliyeti=225.000 TL(0.17\$)

Elektrik maliyeti:

Reaktördeki karışımı sağlamak üzere 3 kw/saat'lik motor kullanılacaktır. Reaktör 15 dakika çalışacağından bu süre içerisinde elektrik sarfiyatı:

$[3 (\text{kw/saat})/4] * 110.000 \text{ TL/kw-saat} = 82.500 \text{ TL/1 m}^3 \text{ PAS}$
(0.06\$)

Toplam Maliyet:

Bentonit kullanıldığında:

$4.277.000 + 225.000 + 82.500 = 4.584.600 \text{ TL/1 m}^3$
1 m³ PAS için maliyet = 3.52\$

Sepiyolit kullanıldığında:

$2.352.350 + 225.000 + 82.500 = 2.659.850 \text{ TL/1 m}^3$
1 m³ PAS için maliyet= 2.03\$

Elde edilen veriler göstermiştir ki, Peyniraltı sularının ön arıtımında kullanımı düşünülen ekonomik olarak ucuz ve ülkemizde bol miktarda rezerve sahip bulunan Bentonit ve Sepiyolit'in adsorbent olarak kullanılabilmesi, kendinden sonraki ünitenin yükünü hafifleteceği, İlimizdeki mandıraların % 90 oranında küçük ve orta ölçekte işletmeler olduğu dikkate alınırsa ekonomik açıdan büyük ölçüde ön arıtım amacıyla kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

V. Sonuçlar

Süt ve süt ürünleri endüstrisi atıksularının Bentonit ve Sepiyolit ile ön arıtım ile arıtılabilirliğinin incelendiği bu çalışmada yapılan deneyler neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1-)Yapılan çalışmalar neticesinde, süt ve süt endüstrisinden kaynaklanan PAS (Peynir Altı sularının) yüksek derecede kirlilik içerdiği, bunun için de kesinlikle alıcı ortama deşarj edilmeden önce arıtılması ve S.K.K.Y.'de belirtilen alıcı ortam standartlarının sağlandıktan sonra deşarjı gerekmektedir.

2-) Deneysel çalışmada kullanılan Adsorbent'lerin peyniraltı suları için optimum çalışma şartları pH 6.2, sıcaklık 20°C, karışım hızı 60 dev./dakika, reaksiyon süresi 15 dakika ve optimum dozaj 82.25 gr/l olarak tespit edilmiştir.

3-) Deneysel çalışmada kullanılan (adsorbent) aktifleştirilmiş Kalsiyum-bentonit'in PAS ön arıtımı amacıyla uygulanmış ve ön arıtım giderim verimi hesaplanmıştır. Yapılan çalışmalara göre; aktifleştirilmiş Ca-Bentonitin giderim veriminin KOI: %54, BOI₅: %43 ve yağ-gres: %91 giderim veriminin olduğu gözlenmiştir.

4-) Bentonit'e ait optimum şartlarda doğal ve aktifleştirilmiş Sepiyolit'in giderim verimi hesaplandığında doğal Sepiyolit'in KOI: %28, yağ-gres: %85, aktif Sepiyolit'in ise KOI: %21, yağ-gres: %79 giderim sağladığı, değerlerden de anlaşılacağı üzere Doğal Sepiyolit'in daha iyi giderim sağladığı gözlenmiştir.

5-) Yapılan analizler neticesinde aktifleştirilmiş Ca-Bentonitin giderim veriminin (KOI-%54 Yağ-gres-%91) Doğal (KOI-%28 Yağ-gres-%85) ve Aktifleştirilmiş Sepiyolit'ten KOI-%21 Yağ-gres-%79) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

6-) Aktifleştirilmiş Ca-Bentonit ile Doğal Sepiyolit'in giderim verimleri karşılaştırıldığında Ca-Bentonit'in (KOI-%54 Yağ-gres-%91) giderim veriminin Doğal Sepiyolit'ten (KOI-%28 Yağ-gres-%85) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

7-) Kullanılan maddelerin maliyetleri karşılaştırıldığında aktifleştirilmiş Ca-Bentonitin kullanıldığında toplam maliyetin 4.584.600 TL/ 1 m³ PAS (3.52\$), Doğal Sepiyolit kullanıldığında toplam maliyetin 2.659.850 TL/ 1 m³ PAS (2.03\$) olduğu,

8-) Yapılan çalışmalar neticesinde Ca-Bentonit ve Sepiyolit'in iyi bir yağ-gres giderim oranına (Ca-Bentonit %91, Sepiyolit %79) sahip olduğu, bundan dolayı yağ konsantrasyonu yüksek içerikli atıksuların arıtımında kullanılabilceği,

9-) Parametrelere göre birim madde başına giderilen KOI, BOI₅ ve Yağ-Gres miktarları;

(mg KOI, yağ-gres/l) / (gr-Sepiyolit-Bentonit / l)

Doğal Sepiyolit için:

173 mg KOI/1gr Doğal Sepiyolit

17.5 mg Yağ-Gres /1gr Doğal Sepiyolit

Aktif Sepiyolit için:

130 mg KOI/1gr Aktif Sepiyolit

16.7 mg Yağ-Gres /1gr Aktif Sepiyolit

Ca-Bentonit için:

334 mg KOI/1gr Ca-Bentonit

109 mg BOI₅/1gr Ca-Bentonit

10.5 mg Yağ-Gres/1gr Ca-Bentonit

olarak tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] ŞENOL, E, "Süt ve süt endüstrisi atıksularının arıtılabilirliği üzerine bir çalışma", Sakarya, 1997
- [2] ŞENGÜL, F., "Endüstriyel Atıksuların Özellikleri ve Arıtılması", Süt endüstrisi Atıksularının Özellikleri ve Arıtımı, İzmir, 1991
- [3] Çevre Bakanlığı Mevzuatı, "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği", Ankara, 1995
- [4] Laboratuvarda Deneysel Çalışmam, 1999
- [5] EROĞLU, V., "Atıksu Tasfiyesi Ders Notları" MUSLU, Y " Atıksuların Arıtılması", İstanbul, 1994
- [6] AQUAZUR SU TEK.A.Ş., "Prosedim CS 204 (madde adı), Polimer Özellikleri
- [7] ÇED ve Planlama Genel Müd., "Çevreyi Öncelikle Etkileyen Bazı Sanayiler ve Temel Sektör Faaliyetleri", Ankara, 1996
- [8] ŞENGİL, İ.A, "Çevre ve Mühendislik Kimyası Ders notları", Adapazarı, 1996
- [9] Tümaylar Kimya San. Ve Tic. "Sepiyolit ve Bentonitin Özellikleri", 2000