

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ERİTME PEYNİRİ ÜRETİMİNDE ENERJİ MALİYETİNİN
TOPLAM ÜRETİM MALİYETİ İÇERİSİNDEKİ PAYININ
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SİBEL SARIKAYIŞ

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2019

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**ERİTME PEYNİRİ ÜRETİMİNDE ENERJİ MALİYETİNİN
TOPLAM ÜRETİM MALİYETİ İÇERİSİNDEKİ PAYININ
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SİBEL SARIKAYIŞ

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

SİBEL SARIKAYIŞ tarafından hazırlanan “Eritme Peyniri Üretiminde Enerji Maliyetinin Toplam Üretim Maliyeti İçerisindeki Payının Belirlenmesi” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 23.08.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Yahya TÜLEK
Pamukkale Üniversitesi

Üye
Doç. Dr. Seher ARSLAN
Pamukkale Üniversitesi

Üye
Dr. Öğr. Üyesi Gökhan AKARCA
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 10/09/2019 tarih ve 36/26 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

SİBEL SARIKAYIŞ

ÖZET

ERİTME PEYNİRİ ÜRETİMİNDE ENERJİ MALİYETİNİN TOPLAM ÜRETİM MALİYETİ İÇERİSİNDEKİ PAYININ BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SİBEL SARIKAYIŞ

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. YAHYA TÜLEK)

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2019

Enerji ister sanayide olsun ister günlük yaşamda olsun hayatın her alanında yer almaktadır. Dünyanın hızla artan nüfusuna karşın enerji kaynakları ise tüketime bağlı olarak hızla azalmaktadır. Buna karşılık teknolojinin de gelişmesi ile birlikte enerjiye duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle ülkeler enerji tasarrufu politikaları izlemekte ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedirler. En fazla enerji tüketiminin olduğu sektör olan sanayi sektörü ise tasarrufun ilk yapılabileceği sektör olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada bir süt işletmesinde bulunan Eritme peyniri üretim hattı, süt alımdan son ürün çıkış aşamasına kadar incelenmiş olup, hatta kullanılan enerji (elektrik, buhar) ölçümleri yapılmıştır. Bunun sonucunda 1 kg eritme peyniri üretmek için gereken enerji maliyeti hesaplanmıştır.

1 kg eritme peyniri üretmek için hammadde olarak 9,82 litre süt kullanılmış olup, toplam üretim maliyeti içerisinde %75,31 ile en büyük kalemi oluşturmaktadır. Ölçülen elektrik ve buhar maliyeti toplamı ise 0,57 TL olup, toplam maliyetin %2,77'lik kısmını oluşturmaktadır. Ölçülemeyen kısımlarda, teorik hesap ile birlikte toplam enerji maliyeti 1,02 TL olarak hesaplanmıştır. Toplam maliyet içindeki oranı ise % 4,86 olmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Enerji, Enerji maliyeti, Eritme peyniri

ABSTRACT

DETERMINING THE SHARE OF ENERGY COST IN TOTAL PRODUCTION COST IN THE PROCESSED CHEESE PRODUCTION

MSC THESIS

SİBEL SARIKAYIŞ

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. YAHYA TÜLEK)

DENİZLİ, AUGUST 2019

Energy is involved in every aspect of life, whether in industry or in everyday life. Despite the rapidly increasing population of the world, energy resources are rapidly decreasing due to consumption. However, with the development of technology, the need for energy is increasing day by day. Therefore, countries follow energy saving policies and turn to renewable energy sources. The industrial sector, which has the highest energy consumption, is the sector where savings can be made first.

In this study, processed cheese production line in a dairy company was examined from milk intake to final product output stage and the energy measurements used on the line were made such as electricity, steam. As a result, the energy cost required to produce 1 kg of processed cheese was calculated.

9,82 litres of milk was used as raw material to produce 1 kg of processed cheese, constituting the largest item with 75,31% of total cost. The total cost of electricity and steam is 0,57 Turkish lira and constitutes 2,77% of the total cost. Imponderable part is calculated in theoretical and the total energy cost of processed cheese is 1,02 Turkish lira. The ratio of energy cost of is 4,86% in total cost.

KEYWORDS: Energy, Energy cost, Processed cheese

İÇİNDEKİLER

Sayfa

| | |
|--|-----------|
| - | |
| ÖZET..... | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| İÇİNDEKİLER | iii |
| ŞEKİL LİSTESİ..... | v |
| TABLO LİSTESİ..... | vi |
| SEMBOL LİSTESİ..... | vii |
| ÖNSÖZ..... | viii |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ..... | 3 |
| 2.1 ENERJİ KAYNAKLARI | 3 |
| 2.1.1 BİRİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI | 3 |
| 2.1.1.1 Fosil Yakıtlar..... | 4 |
| 2.1.1.1.1 Petrol..... | 4 |
| 2.1.1.1.2 Doğal gaz | 4 |
| 2.1.1.1.3 Kömür | 5 |
| 2.1.1.2 Yenilenebilir Kaynaklar | 6 |
| 2.1.1.2.1 Hidroelektrik | 7 |
| 2.1.1.2.2 Rüzgar | 7 |
| 2.1.1.2.3 Güneş enerjisi | 7 |
| 2.1.1.2.4 Jeotermal enerji..... | 8 |
| 2.1.1.2.5 Biyokütle..... | 8 |
| 2.1.1.2.6 Dalga enerjisi | 9 |
| 2.1.2 İKİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI..... | 9 |
| 2.1.2.1 Elektrik enerjisi | 9 |
| 2.1.3 NÜKLEER ENERJİ | 10 |
| 2.2 ÜRETİM AŞAMALARINDA KULLANILAN EKİPMANLAR | 11 |
| 2.2.1 Balans tankı..... | 11 |
| 2.2.2 Filtreler..... | 12 |
| 2.2.3 Santrifüj pompalar | 13 |
| 2.2.4 Plakalı ısı Değiştiriciler (Eşanjör)..... | 14 |
| 2.2.5 Klarifikatör..... | 16 |
| 2.2.6 Seperatör | 16 |
| 2.2.7 Baktofüгатör | 17 |
| 3. ERİTME PEYNİRİ..... | 18 |
| 3.1 ÜRETİM BASAMAKLARI | 19 |
| 3.1.1 Çiğ sütün İşletmeye kabulü..... | 20 |
| 3.1.2 Kaba fitreden geçirme ve çiğ sütün soğutulması | 22 |
| 3.1.3 Çiğ sütün soğutulması..... | 23 |
| 3.1.4 Klarifikasyon işlemi ve çiğ süt depolama..... | 24 |
| 3.1.5 Çiğ ve pastörize süt depolama tankları | 25 |
| 3.1.6 Pastörizasyon ünitesi..... | 25 |
| 3.1.7 Plakalı ısı değiştirici ile ısıtma..... | 26 |
| 3.1.8 Eritme Peyniri Proses tankı..... | 26 |
| 3.1.9 Karıştırıcı Teleme Teknesi (Finishing vat)..... | 28 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.1.10 | Pişirme işlemi | 28 |
| 3.1.11 | Eritme peynirinin gramajlanması, kalıplara alma, soğutma işlemi ve salamura verme işlemi | 29 |
| 3.1.12 | Kurutma ve paketleme işlemi | 30 |
| 3.1.13 | Paketleme işlemi | 30 |
| 4. | MATERYAL VE YÖNTEM | 31 |
| 4.1 | MATERYAL | 31 |
| 4.1.1 | Süt materyali | 31 |
| 4.1.2 | Soğutma suyu | 32 |
| 4.1.3 | Buhar materyali | 32 |
| 4.1.4 | Elektrik materyali | 32 |
| 4.1.5 | Ölçüm sırasında kullanılan yardımcı ekipmanlar | 32 |
| 4.1.5.1 | Pens Ampermetre | 32 |
| 4.1.5.2 | Dijital Termometre | 33 |
| 4.1.5.3 | İnfrared termometre | 33 |
| 4.1.5.4 | Pens termometre | 34 |
| 4.2 | YÖNTEM | 34 |
| 4.2.1 | Çiğ süt alım ünitesi | 34 |
| 4.2.1.1 | Çiğ süt alımı sırasında harcanan elektrik enerji hesabı | 35 |
| 4.2.1.2 | Süt alım CIP ünitesi elektrik ve buhar tüketim hesabı | 37 |
| 4.2.2 | Pastörizasyon ünitesi | 39 |
| 4.2.2.1 | Elektrik enerjisi tüketimleri | 39 |
| 4.2.2.2 | Çiğ ve pastörize süt vana tarlaları elektrik ölçümleri | 41 |
| 4.2.2.3 | Çiğ ve pastörize süt tankları karıştırıcıları elektrik tüketimi | 42 |
| 4.2.2.4 | Pastörizatör ünitesi buhar tüketimi | 43 |
| 4.2.2.5 | Pastörizatör Ünitesi Soğutma Suyu Tüketimi | 44 |
| 4.2.3 | Pastörize sütün kaşar peyniri proses tankına ısıtılarak gönderilmesi | 45 |
| 4.2.4 | Kaşar peyniri Proses aşamaları enerji tüketim hesaplamaları | 46 |
| 4.2.4.1 | Kaşar peyniri Proses tankı | 46 |
| 4.2.4.1 | Karıştırıcılı teleme teknesi (Finishing Vat) ve salamura havuzu | 47 |
| 4.2.4.2 | Kaşar peyniri Haşlama ve gramajlama işlemi | 48 |
| 4.2.4.2.1 | Buhar tüketimi | 48 |
| 4.2.4.2.2 | Elektrik tüketimi | 49 |
| 4.2.5 | Üretim alanı havalandırma ve kurutma odaları | 50 |
| 4.2.6 | CIP işlemleri | 51 |
| 4.2.7 | Paketleme makineleri | 52 |
| 4.2.8 | Aydınlatma | 53 |
| 4.2.9 | Arıtma tesisi elektrik enerjisi tüketim maliyeti | 53 |
| 5. | BULGULAR | 54 |
| 6. | SONUÇ VE ÖNERİLER | 58 |
| 7. | KAYNAKLAR | 60 |
| 8. | ÖZGEÇMİŞ | 64 |

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

| | |
|--|----|
| Şekil 1. 1: 2017 Türkiye elektrik dağılımı (TEİAŞ, 2017) | 1 |
| Şekil 2. 1: Yıllara göre elektrik üretim miktarı (GWh) ve kullanılan enerji kaynakları (TEİAŞ, 2017) | 10 |
| Şekil 2. 2: Balans tankı | 12 |
| Şekil 2. 3: Filtreler | 13 |
| Şekil 2. 4: Santrifüj pompa (Tetra pak, 1995)..... | 14 |
| Şekil 2. 5: Bölmeli olarak tasarlanmış ısı değiştirici genel görünümü | 15 |
| Şekil 2. 6: Bölmeli plakalı ısı değiştiricinin görünümü | 15 |
| Şekil 2. 7: Klarifikatör kesiti | 16 |
| Şekil 3. 1:Eritme peyniri üretim basamakları | 19 |
| Şekil 3. 2: Flexible hortum yardımı ile süt alım işlemi..... | 22 |
| Şekil 3. 3: Hat filtresi ve balans tankı | 23 |
| Şekil 3. 4: Plakalı ısı değiştirici (süt alım) | 23 |
| Şekil 3. 5: Klarifikatörün görünümü (süt alım)..... | 24 |
| Şekil 3. 6: Süt alım akış şeması..... | 24 |
| Şekil 3. 7: Çiğ ve pastörize süt depolama tankları | 25 |
| Şekil 3. 8: Plakalı ısı değiştirici ve ısıtma eşanjörü | 26 |
| Şekil 3. 9: Eritme peyniri proses tankı | 27 |
| Şekil 3. 10: Eritme peyniri proses tankı içi ve kontrol paneli..... | 27 |
| Şekil 3. 11: Karıştırıcılı teleme teknesi (finishing vat) | 28 |
| Şekil 3. 12: Kaşar peyniri kurutma arabası | 29 |
| Şekil 3. 13: Salamura havuzu..... | 29 |
| Şekil 3. 14: Kaşar Peyniri kurutma odası..... | 30 |
| Şekil 4. 1: Pens ampermetre | 32 |
| Şekil 4. 2: Dijital Termometre | 33 |
| Şekil 4. 3: İnfrared termometre | 33 |
| Şekil 4. 4: Pens termometre | 34 |
| Şekil 4. 5: Pastörizasyon ünitesi pens ampermetre ile elektrik ölçümü..... | 40 |
| Şekil 4. 6: Vana tarlası | 41 |
| Şekil 4. 7: Çiğ ve pastörize süt tankı..... | 42 |

TABLO LİSTESİ

Sayfa

| | |
|--|--|
| Tablo 2. 1: Dünya Petrol Rezervi (Enerji ve Tabii kaynaklar bakanlığı, 2017) .4 | |
| Tablo 2. 2: Doğal Gaz Rezervleri (Enerji ve Tabii kaynaklar bakanlığı, 2017) .5 | |
| Tablo 2. 3: Dünya Kömür Rezervi Dağılımı (Enerji ve Tabii kaynaklar bakanlığı, 2017).....5 | |
| Tablo 2. 4: Yıllara Göre Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Kullanımı ve Kullanım Dağılımı (TEDAŞ, 2018) 10 | |
| Tablo 4. 1: İnek Sütünün Bileşimi(Üçüncü, 2010) 31 | |
| Tablo 4. 2: Çiğ Süt Alım Ünitesi Hesaplama Yapılan Ekipmanlar 34 | |
| Tablo 4. 3: Pompa Ve Klarifikatör Ölçüm Sonuçları 35 | |
| Tablo 4. 4: Süt Alım Pompası Ve Klarifikatörün Çektiği Güç 36 | |
| Tablo 4. 5: Sütün Soğutulması Sırasında Ölçülen Süt ve Su Giriş Çıkış Sıcaklık Değerleri..... 36 | |
| Tablo 4. 6: Cıp İşlemi Sırasında Yapılan Elektrik Ölçümleri 38 | |
| Tablo 4. 7: CIP İşlemi Sırasında Harcanan Elektrik Enerjisi..... 38 | |
| Tablo 4. 8: Pastörizasyon Ünitesi Hazırlık ve Üretim Sırasında Yapılan Elektrik Ölçümleri 39 | |
| Tablo 4. 9: Seperatör ve Baktöfügator Üretim Hazırlık ve Üretim Esnasında Çekilen Güç 40 | |
| Tablo 4. 10: Çiğ ve Pastörize Süt Vana Tarlasına Ait Elektrik Ölçümleri 41 | |
| Tablo 4. 11: Çiğ ve Pastörize Süt Tankı Çalışma Süreleri Ve Çekilen Elektrik Miktarı 42 | |
| Tablo 4. 12: Pastörizasyon Ünitesi Sütün Isıtılması Sırasında Ölçülen Süt ve Su Giriş Çıkış Değerleri 43 | |
| Tablo 4. 13: Pastörizasyon İşlemi Sonrası Sütün Soğutulması Sırasında Ölçülen, Süt Giriş-Çıkış ve Su Giriş-Çıkış Sıcaklık Değerleri 44 | |
| Tablo 4. 14: Prosesse Gönderilen Sütün Isıtılması Sırasında Ölçülen Süt ve Su Giriş Çıkış Değerleri 45 | |
| Tablo 4. 15: Prosesse Gönderilen Sütün Isıtılması Sırasında Kullanılan Pompanın Çektiği Güç 46 | |
| Tablo 4. 16: Proses Tankı Elektrik Enerjisi Tüketimi 47 | |
| Tablo 4. 17: Salamura Havuzu Pompası Elektrik Ölçümü 47 | |
| Tablo 4. 18: Teleme Haşlama Sırasında Ölçülen Buhar Ve Ürün Sıcaklıkları. 48 | |
| Tablo 4. 19: Peynirin Kimyasal Değerleri 49 | |
| Tablo 4. 20: Haşlama Makinesi Elektrik Ölçümleri 50 | |
| Tablo 4. 21: Ürün Aktarma Pompası Elektrik Ölçümleri 50 | |
| Tablo 4. 22: Gramajlama Makinesi Elektrik Ölçümleri..... 50 | |
| Tablo 4. 23: Kaşar Peyniri Haşlama ve Gramajlama Sırasında Çekilen Güç... 50 | |
| Tablo 4. 24: Havalandırma Ünitesi Elektrik Tüketim Ölçümleri 51 | |
| Tablo 4. 25: CIP İşlemleri Sırasında Tüketilen Elektrik Enerjisi 52 | |
| Tablo 4. 26: Paketleme Makinesi Elektrik Ölçümleri..... 52 | |
| Tablo 5. 1: Genel Enerji Maliyeti Tablosu..... 55 | |
| Tablo 5. 2: Teorik Olarak Hesaplanan Enerji Maliyeti Tablosu 56 | |
| Tablo 5. 3: Sistemde Görünen ve Ölçülen Maliyet..... 56 | |
| Tablo 5. 4: Üretim tonajına göre yıllık enerji maliyeti (TL) 56 | |

SEMBOL LİSTESİ

| | | |
|--------------|---|--|
| P | : | Güç (Watt veya Kilowatt) |
| U | : | Gerilim (Volt) |
| I | : | Akım (amper) |
| kWe | : | Kilowatt elektrik |
| kWh | : | Kilowatt saat |
| TEİAŞ | : | Türkiye Elektrik iletim Anonim Şirketi |
| TEDAŞ | : | Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi |
| CIP | : | Cleaning in place (yerinde temizlik) |
| EPIAŞ | : | Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi |
| KM | : | Kurumadde |
| YKM | : | Yağsız Kurumadde |
| HES | : | Hidroelektrik Enerji Santrali |
| kg | : | Kilogram |
| L (l) | : | Litre |
| TL | : | Türk lirası |

ÖNSÖZ

Çalışmalarım boyunca her türlü bilgi ve deneyimini benimle paylaşan, fikirleri ve yönlendirici tavırları ile bana destek olup yol gösteren ve çalışmamı bitirmede en büyük desteği veren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Yahya TÜLEK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmama destek veren Aynes Gıda San. ve Tic. AŞ yönetimine, Teknik Genel Müdür Yardımcısı Sayın Murat ÖZER'e, ölçümlerin ve analizlerin yapılmasında desteğini esirgemeyen Makine Enerji Müdürü Sayın Yasin ÖZEN ve ekibine, Kaşar peyniri Üretim ekibi ve özellikle Üretim Sorumluları Sayın Ahmet Emir TÜRK ve Sayın Hüseyin GÜRSOY'a, tez aşamasında her türlü desteği veren arkadaşlarım Yüksek Gıda Mühendisi Burak UYSAL ve Yüksek Gıda Mühendisi Mehmet AKTEPE'ye, ayrıca teşekkürlerimi sunarım. Özellikle, elektrik ölçüm ve analiz sonuçlarının hesaplanmasında ve değerlendirme yapılmasında destek olan Elektrik Elektronik mühendisi Sayın Halil İbrahim ODABAŞI'na teşekkürü bir borç bilirim.

Katkılarından dolayı değerli hocalarım Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. Seher ARSLAN ve Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Sayın Dr. Öğr. Üyesi Gökhan AKARCA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca hayatım boyunca maddi, manevi desteğini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

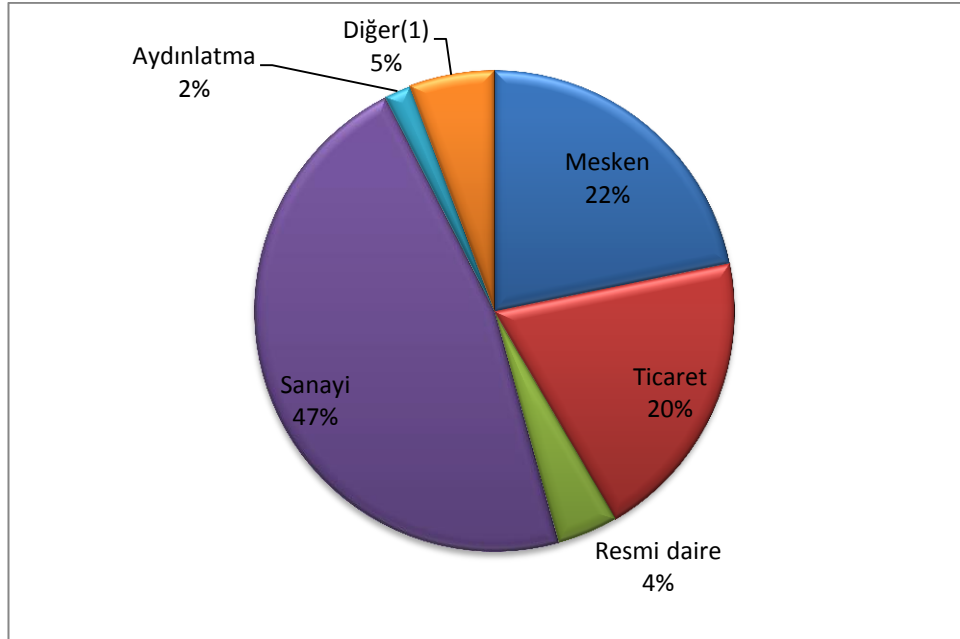
Sibel SARIKAYIŞ

1. GİRİŞ

Enerji, insanlığın geçmişten beri yaşamını devam ettirebilmesi için gerekli olan temel ihtiyaçlardan biri olup; geçmişten günümüze bu ihtiyacı karşılayabilmek için çeşitli kaynaklar kullanılmıştır (Göçmen, 2014).

Isı, elektrik, kinetik, potansiyel, nükleer gibi çeşitli türleri bulunan ve çeşitli yöntemler kullanılarak birbirine dönüşebilen enerji, sanayide olsun günlük yaşamımızda olsun her alanda hayatın içinde yer almaktadır. Teknoloji ve sanayide meydana gelen gelişmeler ve dünya nüfusunun hızla artmasından dolayı da enerjiye duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. (Koç ve Kaya 2015). Fakat gün geçtikçe enerji kaynaklarımız tükenmekte, atmosferimiz, toprak ve sularımız kirlenmekte ve geri dönüşü olmayan bir yola girilmektedir. Doğaya olan sorumluluğumuz gereği sınırlı kaynaklardan elde edilen bu enerjiyi, doğaya en az zarar verecek ve en verimli şekilde kullanılması büyük önem arz etmektedir (Baskın, 2017).

TEİAŞ 2017 yılına ait elektrik tüketim verileri Şekil 1.1’de incelendiğinde, toplam 249.023 GWh elektrik tüketiminde, en büyük tüketim payına sahip olan sektör, % 47’lik tüketim oranı ile sanayi sektörü olmuştur (TEİAŞ, 2017).



Şekil 1. 1: 2017 Türkiye elektrik dağılımı (TEİAŞ, 2017)

2017 Elektrik enerjisi tüketim grafiğine göre, sanayi sektöründe, kullanılan elektriğin verimli kullanılması oldukça önem arz etmektedir.

Enerji ve tabii kaynaklar bakanlığına göre; enerji verimliliği, binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan, birim veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azaltılmasıdır.

Bir başka deyişle; Enerji verimliliği; tüketilen enerji miktarının, üretimdeki miktar ve kaliteyi düşürmeden, ekonomik kalkınmayı ve sosyal refahı engellemeden en aza indirilmesidir. Daha geniş bir biçimde enerji verimliliği; gaz, buhar, ısı, hava ve elektrikteki enerji kayıplarını önlemek, çeşitli atıkların geri kazanımı ve değerlendirilmesi veya ileri teknoloji ile üretimi düşürmeden enerji talebini azaltması, daha verimli enerji kaynakları, gelişmiş endüstriyel süreçler, enerji geri kazanımları gibi etkinliği artırıcı önlemlerin bütünüdür (Gökoğlu, 2013).

Bu çalışmada bir süt işletmesinde bulunan kaşar peyniri üretim hattında üretimi yapılan, eritme peyniri üretimi ile çalışılmış olup, 1 kg eritme peyniri üretimi için gerekli enerji maliyeti hesaplanmıştır. Toplam eritme peyniri maliyeti içerisindeki enerji maliyeti oranı çıkarılmıştır. Üretim hattında ölçümler elektrik, buhar ve soğutma suyu ölçümleri olarak yapılmıştır. Ölçümler yapılırken hat ve makine bazında çalışılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 ENERJİ KAYNAKLARI

İnsanoğlunun hayatını devam ettirebilmesi için gerekli olan enerji kaynakları, dünyada eşit bir dağılım göstermemektedir. Fosil ya da, yenilenebilir enerji kaynaklarının rezerv, üretim ve ticareti, dünya siyasî ve ekonomik koşullarına ve ilişkilerine yön verecek kadar önemlidir.

Elektrik enerjisi ikamesi güç olan ve günlük yaşamda hemen her alanda ihtiyaç duyulan özellikle üretim sürecinde önemli bir girdi niteliği taşıyan bir enerji türüdür. Bu bağlamda ekonomik gelişmeye bağlı olarak talebi her geçen gün artan elektrik enerjisinin her geçen gün daha fazla üretilmesi gerekmektedir. Bunun yanında elektrik enerjisi depolanamadığı için üretildiği anda tüketilmesi gereken özel bir niteliğe sahiptir (Çetintaş ve diğ., 2017).

Enerji üretim kaynakları; birincil ve ikincil enerji kaynakları ve nükleer enerji olarak değerlendirilmiştir. Birincil enerji kaynakları ise kendi içinde, fosil yakıtlar ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak sınıflandırılmıştır (Erdal, 2011).

2.1.1 BİRİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI

Birincil enerji kaynakları, enerjii doğrudan veya yakma işlemi ile ortaya çıkaran ve insanlığın hizmetine sunan değerlerdir (Erdal, 2011).

Enerjinin herhangi bir değişim ya da dönüşüme uğramamış hali birincil (primer) enerji olarak bilinmektedir. Birincil enerji kaynakları fosil yakıtlar olarak adlandırılan petrol, kömür, doğal gaz; yenilenebilir kaynaklar olarak adlandırılan hidrolik, biyokütle, dalga-gelgit, jeotermal, güneş ve rüzgâr ve diğer kaynak olan nükleer enerji kaynağıdır (Koç ve Kaya, 2015).

2.1.1.1 Fosil Yakıtlar

Milyonlarca yıl önce toprağa gömülmüş olan, bitki ve hayvan artıklarının yerin derinliklerinde kaya ve toprak altında kalması ile birlikte, ısı ve basınç altında oluşan enerji kaynaklarına fosil yakıtlar denir. Fosil yakıtların en önemli özelliği, hidrokarbon ve yüksek oranlarda karbon içeren organik maddelerden meydana gelmesidir (Küçükkaya, 2017).

2.1.1.1.1 Petrol

Petrol, hidrojen ve karbondan oluşan ve içerisinde az miktarda nitrojen, oksijen ve kükürt bulunan bir bileşim olup; gaz, sıvı ve katı halde bulunabilir. Gaz halindeki petrol, imal edilmiş gazdan ayırt etmek için genelde doğal gaz olarak adlandırılır. Ham petrol ve doğal gazın ana bileşenleri hidrojen ve karbon olduğu için bunlar "Hidrokarbon" olarak da isimlendirilirler (Küçükkaya, 2017).

2017 yılı dünya ispatlanmış petrol rezervi 1.696,6 milyar varil olarak tespit edilmiştir olup, Tablo 2.1'de rezervlerin bulunduğu yerler ve rezerv miktarları verilmiştir. 2017 yılında dünya petrol üretimi 97,4 milyon varil/gün'e ulaşmıştır. Birincil enerji kaynakları arasında stratejik konuma sahip olan ham petrol 2017 yılı itibarıyla dünya enerji talebinin %33,7'sini karşılamıştır.

Tablo 2. 1: Dünya Petrol Rezervi (Enerji ve Tabii kaynaklar bakanlığı, 2017)

| Bulunan yer | Milyar varil | % Rezerv |
|-----------------------|--------------|----------|
| Orta Doğu ülkeleri | 807,7 | 47,6 |
| Güney ve Orta Amerika | 303,1 | 17,9 |
| Kuzey Amerika | 226,1 | 13,3 |
| Diğer | 304,6 | 21,2 |

2.1.1.1.2 Doğal gaz

Bir petrol türevidir olan doğal gaz: yanıcı, havadan hafif, renksiz ve kokusuz bir gazdır. Başta metan (CH₄) ve etan (C₂H₆) olmak üzere çeşitli hidrokarbonlardan

oluşur. Yer altında, genellikle petrol ile birlikte veya gaz rezervuarlarında bulunur. Kaynağından çıkarıldığı hali ile işleme gerek duyulmaksızın çıkarılabilen doğal gaz, boru hatları ile veya sıvılaştırılarak tankerlerle taşınır. Dünya doğal gaz rezervleri ve bulunma oranları Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2. 2: Doğal Gaz Rezervleri (Enerji ve Tabii kaynaklar bakanlığı, 2017)

| Bulunan yer | Trilyon metreküp | % Rezerv |
|---------------------------------|-------------------------|-----------------|
| Orta Doğu ülkeleri | 79,1 | 40,9 |
| Avrupa ve Avrasya ülkeleri | 62,2 | 32,1 |
| Afrika/Asya Pasifik ülkelerinde | 33,1 | 17,1 |
| Diğer | 19,1 | 9,9 |

2.1.1.1.3 Kömür

Kömür başlıca karbon, hidrojen ve oksijen gibi elementlerin bileşiminden oluşmuş olup, diğer kaya tabakalarının arasında uzunca bir süre (milyonlarca yıl) ısı, basınç ve mikrobiyolojik etkilerin sonucunda meydana gelmiştir (Maden Tetkik ve Arama, 2019).

Dünya kömür rezervlerinin miktarları ve bulunduğu yerler Tablo 2.3’te verilmiştir.

Tablo 2. 3: Dünya Kömür Rezervi Dağılımı (Enerji ve Tabii kaynaklar bakanlığı, 2017)

| Bulunan yer | Milyar ton | % Rezerv |
|------------------------------|-------------------|-----------------|
| Avrupa ve Avrasya ülkeleri | 323,6 | 31,3 |
| Asya-Pasifik ülkelerinde | 424,2 | 41 |
| Kuzey Amerika ülkeleri | 258,7 | 25 |
| Afrika-doğu Akdeniz ülkeleri | 14,4 | 1,4 |
| Orta ve Güney Amerika | 13,9 | 1,3 |

Dünyada elektrik üretiminde en yaygın olarak kullanılan kaynak, kömür olarak karşımıza çıkmaktadır. Nedenleri ise; kömür rezervlerinin petrol ve doğal gaz rezervlerine göre daha yaygın ve kolay ulaşılabilir olması ve fiyattaki değişkenlikler, nükleer kaynakların kullanımına insanlık tarafından tepki gösterilmesi ve nükleer kaynakların atık depolama problemi, yeni yeni kullanılmaya başlanan yenilenebilir kaynakların yüksek maliyetli olması sayılabilir.

Bugün elektrik üretiminde kömürün payı, iklim değişikliği endişeleri ile azalmakta ve yerini daha temiz ve ucuz yakıt olan doğal gazla bırakmaktadır. Buna karşın, kömürün, elektrik üretiminde en yüksek oranda kullanılan yakıt olma niteliğinin 2030 yılına kadar değişmeyeceği öngörülmektedir (Erdal, 2011).

Kömürün önemli olmasının sebepleri;

Kömür Dünyada en eskiden beri bulunan, güvenilir aynı zamanda düşük maliyetlerle elde edilebilen fosil yakıttır.

Yaygın: Kömür Dünya'da 50 den fazla ülkede üretilmekte olup, kömür rezervleri dünyada yaygın bir şekilde bulunmaktadır.

Emniyetli: Kömür kullanımı, depolaması ve nakliyesi açısından daha emniyetlidir.

Güvenilir: Dünyada yaygın bir şekilde bulunması ve birçok ülkede bulunması nedeni ile endüstriyel ve diğer alanlarda elektrik enerjisinin temininde güvenilir bir kaynaktır.

Ucuz: Elektrik Enerjisi Üretiminde ucuz olması nedeniyle dünya elektrik üretiminin yaklaşık % 40 'ı kömürden karşılanmaktadır (Erdal, 2011).

2.1.1.2 Yenilenebilir Kaynaklar

Yenilenebilir enerji, sürekli olarak yenilenen doğal süreçlerden elde edilen enerji olarak tanımlanmaktadır. Yenilenebilir enerji kavramı, doğada bulunan rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, hidro (okyanus, gel-git, dalga) ve hidrojen gibi çok çeşitli enerji kaynaklarına denilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının, ülkeleri dış enerji kaynaklarına olan bağımlılığı azaltması, kesintisiz ve temiz enerji kaynakları olmaları nedenleriyle sürdürülebilir enerji açısından özel bir önem taşımaktadırlar. Bu nedenle, dünya ülkelerinin pek çoğunda yenilenebilir enerjilerin yaygınlaştırılmasına yönelik teşviklerin verilmesi ile birlikte, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında son yıllarda artış meydana gelmiştir (Bayraç ve Çildir, 2017).

2.1.1.2.1 Hidroelektrik

Yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından biri hidrolik enerjisi genellikle; nehirler üzerine barajlar inşa ederek suyu rezervuarda biriktirmek sureti ile, biriken suyun potansiyel enerjisinden yararlanarak türbinde elektrik enerjisi üretilmesi prensibine dayanır ve amaçla hidroelektrik santrallerden (HES) yararlanılmaktadır (Koç ve Kaya, 2015).

2.1.1.2.2 Rüzgar

Rüzgâr, güneş kaynaklı radyasyonun yer yüzeyini farklı ısıtmasından kaynaklanır. Yer yüzeyinin farklı ısınması, havanın sıcaklığının, neminin ve basıncının farklı olmasına, bu farklı basınç da havanın hareketine neden olur. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık %2'si kadarı rüzgâr enerjisine dönüşür (Çevik ve Çunkaş, 2018).

Rüzgar enerjisi, güneş enerjisi ile birlikte yenilenebilir enerjiler içinde en fazla paya sahip olan enerji türüdür. Güneş enerjisi ile karşılaştırıldığında, rüzgar enerjisi daha fazla sürekliliğe sahip olması sebebi ile güneş enerjisinden daha avantajlıdır. (Çevik ve Çunkaş, 2018)

2.1.1.2.3 Güneş enerjisi

Güneş enerjisi, kullanımı ve kurulumu kolay olan ve atık oluşturmayan yenilenebilir enerji kaynaklarından. Günümüzde güneş enerjisinden çok farklı biçimlerde ve alanlarda yararlanılmakla birlikte, elektrik enerjisi üretiminde genelde iki farklı teknoloji kullanılmaktadır.

Güneş Hücreleri: Fotovoltaik (PV) güneş elektriği sistemleri de denilen güneş hücreleri, yarı iletken malzemelerden yapılmış olup, güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine çevirirler.

Isıl Güneş Teknolojileri ve Odaklanmış Güneş Enerjisi (CSP): Güneş enerjisinden ısı elde edilen bu sistemlerde, ısı doğrudan kullanılabilceği gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir (Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

2.1.1.2.4 Jeotermal enerji

Jeotermal santrallerde yer kabuğunun çeşitli katmanlarındaki buhar, sıcak su ve gazlardan yararlanılarak elektrik enerjisi üretilmesi işleme jeotermal enerji denilmektedir (Kaya ve Koç, 2015).

Jeotermal enerji, yenilenebilir, temiz, ucuz ve çevre dostu olan enerji kaynaklarından bir diğeridir. Ülkemiz aktif tektonik kuşakta yer almasından dolayı, jeotermal açıdan zengin ülkeler arasında yer almaktadır. Ülkemizin her tarafında yayılmış yaklaşık 1.000 adet doğal çıkış şeklinde değişik sıcaklıklarda jeotermal kaynaklar mevcuttur.

Dünyada jeotermal enerji kurulu gücü 2018 yılı Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre 14.369 GWe düzeyindedir. Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk beş ülke; ABD, Filipinler, Endonezya, Türkiye ve Yeni Zelanda şeklindedir (Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

2.1.1.2.5 Biyokütle

Dünyanın çoğalan nüfusu ve sanayileşmesi ile giderek artan enerji gereksinimini çevreyi kirletmeden ve sürdürülebilir olarak sağlayabilecek kaynaklardan belki de en önemlisi biyokütle enerjisidir (Topal ve Arslan, 2008).

Biyokütle, ana bileşen maddesi karbonhidrat bileşikleri olan bitkisel veya hayvansal tüm maddeler, hayvan atıkları, besin endüstrisi ve orman ürünleri ve kentsel atıkları içeren tüm organik maddeler olarak tanımlanırken, bunlardan elde edilen enerjiye biyokütle enerjisi adı verilir (Erdal, 2011).

2.1.1.2.6 Dalga enerjisi

Dalga enerjisi, dünyanın en büyük enerji kaynağıdır. Dünyanın $\frac{3}{4}$ ünün sularla kaplı olduğu düşünüldüğünde, gelecekte enerji kaynağının dalga enerjisi olacağını söylemek mümkündür.

İlk yatırım maliyeti bakıldığında birincil enerjiye bedel ödemediği temiz sınırsız enerji kaynağıdır,

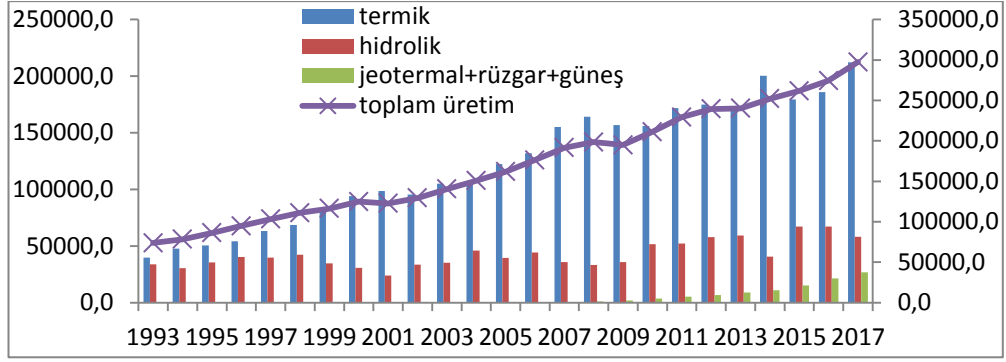
- Nüfus yoğunluğu kıyılarda toplanmış olan yerleşim yerlerinde enerji, üretilen yerde tüketilecek ve ayrıca uzun iletim hattına gerek olmayacaktır,
- Deniz üzerinde kurulduğu için, tarım arazilerini yok etmeyecek ve dalyan görevi görerek, deniz canlıları neslinin devamı ve ekolojik dengeye katkı sağlayacaktır,
- Dalgalardan elde edilecek ucuz elektrik enerjisi, yoğun nüfuslu büyük şehirlerde ısınma amaçlı kullanılarak, hava kirliliğini önleyecektir,
- Yerli teknoloji ve yerli imalat ile ithalat bağımlılığını azaltacaktır,
- Sabit frekans ve sabit voltaj ile her zaman kesintisiz ve kaliteli enerji üretimi sağlanacaktır (Erdal, 2011).

2.1.2 İKİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI

Birincil enerjinin dönüştürülmesi sonucu elde edilen enerji ise ikincil (sekonder) enerji olarak bilinmektedir. Elektrik, benzin, mazot, motorin, kok kömürü, ikincil kömür, petrokok, hava gazı ve sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) bu tip enerji kaynaklarıdır (Koç ve Kaya, 2015).

2.1.2.1 Elektrik enerjisi

Grafikte Türkiye'nin yıllara göre elektrik üretim kaynakları ve toplam elektrik üretim miktarı Şekil 2.1'de verilmiştir (GWh).



Şekil 2. 1: Yıllara göre elektrik üretim miktarı (GWh) ve kullanılan enerji kaynakları (TEİAŞ, 2017)

Elektrik üretimi Tablo 2.4'te de görüldüğü üzere her yıl artarak devam etmiş olup; 2000'li yıllardan sonra yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik enerjisi miktarında artış görülmüştür. (TEİAŞ, 2017)

Tablo 2. 4: Yıllara Göre Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Kullanımı ve Kullanım Dağılımı (TEDAŞ, 2018)

| Yıl | Toplam | Mesken | Ticaret | Resmi daire | Sanayi | Aydınlatma | Diğer |
|------|---------|--------|---------|-------------|--------|------------|-------|
| | (GWh) | (%) | | | | | |
| 2007 | 155.135 | 23,5 | 14,9 | 4,5 | 47,6 | 2,6 | 6,9 |
| 2008 | 161.948 | 24,4 | 14,8 | 4,5 | 46,2 | 2,5 | 7,6 |
| 2009 | 156.894 | 25,0 | 15,9 | 4,5 | 44,9 | 2,5 | 7,2 |
| 2010 | 172.051 | 24,1 | 16,1 | 4,1 | 46,1 | 2,2 | 7,4 |
| 2011 | 186.100 | 23,8 | 16,4 | 3,9 | 47,3 | 2,1 | 6,5 |
| 2012 | 194.923 | 23,3 | 16,3 | 4,5 | 47,4 | 2,0 | 6,5 |
| 2013 | 198.045 | 22,7 | 18,9 | 4,1 | 47,1 | 1,9 | 5,3 |
| 2014 | 207.375 | 22,3 | 19,2 | 3,9 | 47,2 | 1,9 | 5,5 |
| 2015 | 217.312 | 22,0 | 19,1 | 3,7 | 47,6 | 1,9 | 5,7 |
| 2016 | 231.204 | 22,2 | 18,8 | 3,9 | 46,9 | 1,8 | 6,4 |
| 2017 | 249.023 | 21,8 | 19,8 | 4,1 | 46,8 | 1,8 | 5,7 |

Son 10 yılın elektrik tüketim verilerine göre ülkemizin elektrik tüketimi sürekli artış gösterirken, tüketim dağılımına bakıldığında, çok değişiklik olmadığı, sanayideki elektrik tüketiminin en her zaman en büyük paya sahip olduğu görülmektedir.

2.1.3 NÜKLEER ENERJİ

Nükleer enerji, 1789 yılında Uranyum'un keşfi ile başlayan ve 1934 yılında atomun parçalanması ile devam eden süreçte politikacılar, bilim adamları ve sanayicilerin gündemine girmiştir. Diğer birçok teknolojik gelişmede olduğu gibi

önce askeri savunma alanında başlayan çalışmalar daha sonra ticari olarak devam etmiştir. ABD ve Rusya başta olmak üzere birçok ülke nükleer enerjiden faydalanılması yönünde yoğun çalışmalar gerçekleştirmiş, bu çalışmaların neticesinde atomların parçalanması sonucu açığa çıkan ısı enerjisini elektrik enerjisine dönüştürecek sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemler, diğer bir deyişle nükleer santraller, nükleer enerjinin güvenli, kontrollü ve sürdürülebilir bir şekilde elde edilmesini sağlamaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

2.2 ÜRETİM AŞAMALARINDA KULLANILAN EKİPMANLAR

İşletmeye sütün kabulünden itibaren kullanılan ekipmanlar hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Bu süreçte ekipmanlara ait olarak verilen fotoğraflar çalışmanın gerçekleştirildiği Aynes Gıda Sanayi ve Ticaret AŞ'ye aittir.

Çiğ süt alım ünitesi; balans tankı, filtreler, santrifüj pompa, plakalı ısı değiştirici, klarifikatör ve çiğ süt depolama tankından oluşmaktadır.

Pastörizasyon ünitesi; balans tankı, santrifüj pompalar, seperatör, baktöfugatör, plakalı ısı değiştirici ve sütün belirli süre istenilen sıcaklıkta tutulmasını sağlayan holderden oluşmaktadır. Bunların dışında pastörize süt tankları ve çiğ süt ve pastörize süt tankları arasında bulunan ve sütün yönlendirilmesinde önemli rol oynayan vana tarlaları bulunmaktadır.

2.2.1 Balans tankı

Balans tankları (Şekil 2.2) genellikle proseslerde pompa önlerine konularak pompanın çalışma sırasında pompanın etkin bir biçimde çalışmasını sağlayarak, süte hava karışmasını önlemeye yardımcı olur.



Şekil 2. 2: Balans tankı

Sütte özellikle dağılmış olarak hava olması;

- Sütün akışölçer (flowmetre) yardımı ile hacmi doğru ölçülemez
- Krema seperatörlerinin verimsiz çalışmasına sebep olur
- Yoğurt gibi fermente süt ürünlerinde serum ayrılmasına neden olur
- Pastörizasyon ve UHT gibi ünitelerde ısı transferini olumsuz etkiler

Birçok süt işletmesinde UHT, yoğurt, tereyağı gibi ünitelere süt gönderilmeden önce deaeratör denilen bir ekipman yardımı ile sütün havası alındığı gibi, sütte var olan kötü kokular da uzaklaştırılır (Üçüncü, 2010).

2.2.2 Filtreler

Çiğ sütün işletmeye kabulünden sonra süt ilk olarak kaba temizleme işlemine tabi tutulur. Bunun için genellikle boru hattına monte edilmiş boru tipi filtreler kullanılır (Şekil 2.3). Süt filtrelerden geçerek kıl, saman, ot ve benzeri organik ve inorganik yabancı maddelerden temizlenir (Üçüncü, 2010).



Şekil 2. 3: Filtreler

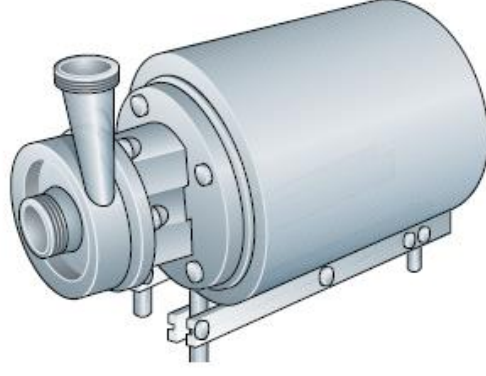
Filtreler ayrıca işletme içerisinde sütün mamule dönüşmeden önceki son noktalara konularak, süte conta gibi hattan bulaşabilecek fiziksel bulaşmaları önlemek amacı kullanılmaktadır. Filtreler seçilirken, filtrelerin nereye konulacağı ve gözenek çapının ne olacağı kararı işletmelerde yapılan risk analizine göre belirlenmektedir. Çalışmanın yapıldığı süt işletmesinde 80 mikron ve altındaki gözenek çapına sahip filtreler kullanılmaktadır.

2.2.3 Santrifüj pompalar

İşletmelerde ürün çeşidine göre çeşitli pompalar kullanılmakta olup, bu nedenle doğru pompayı doğru yerde kullanmak yani pompa seçimi çok önemlidir. Pompa tipi ve kapasitesi seçilirken aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir;

- Akış hızı
- Ürün
- Ürün Viskozitesi
- Ürün yoğunluğu
- Sıcaklık
- Sistemdeki basınç
- Pompanın yapıldığı materyal

Süt endüstrisinde çeşitli pompalar kullanılmakla birlikte en çok santrifüj pompa (Şekil 2.4) kullanılmaktadır. Bu pompalar düşük viskoziteli ürünlerde kullanılmakla birlikte, genellikle hava almasını önlemek için önlerinde bir balans tankı ile hatta montajları yapılır (Tetra Pak, 1995)



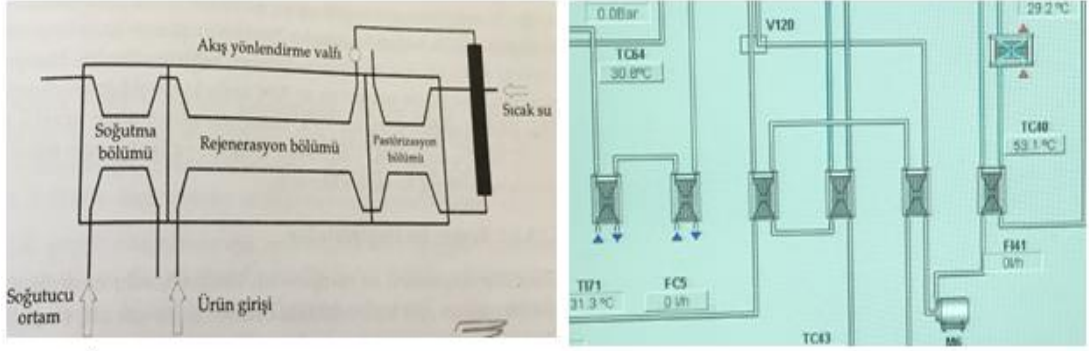
Şekil 2. 4: Santrifüj pompa (Tetra pak, 1995)

2.2.4 Plakalı ısı Değiştiriciler (Eşanjör)

Plakalı ısı değiştirici, ortalama logaritmik sıcak farkının (ΔTL) sabit tutulduğu ve süt endüstrisinde yaygın olarak kullanılan gelişmiş ısı aktarım düzenekleridir. Plakalar genellikle paslanmaz çelikten imal edilirken, bazen Cr-Ni, Ni-Mo, St-Ti gibi alaşımlardan da imal edilebilir.

Plakalılar optimum ısı alışverişini sağlayacak şekilde dizayn edilirler. Yalnızca ürünün ısıtılması veya soğutulması amacı ile kullanılabilirdikleri gibi, aynı anda hem ısıtma hem de soğutma işlemi yapabilecek şekilde bölmeli olarak tasarlanmış eşanjörler de mevcuttur.

Bölmeli olarak tasarlanan ısı değiştiriciler 3 ana bölümden oluşmaktadır. (Şekil 2.5). Soğutma bölümü, sütün pastörizasyon işlemi sonrası en son soğutulduğu aşamayı; pastörizasyon bölümü, sütün ısıtıldıktan sonra istenilen pastörizasyon sıcaklığına ulaştığı bölümü ve rejenerasyon bölümü ise, sıcak süt ile soğuk sütün birbirleri için ısıtma ve soğutma ajanı olduğu kısmı ifade eder. Isıtma ve soğutma işlemleri aynı plakalı ısı değiştiricide gerçekleştirildiği için, enerji tüketiminde tasarruf sağlanması kaçınılmaz hale gelmiştir (Saldamlı ve Saldamlı, 2004)



Şekil 2. 5: Bölmeli olarak tasarlanmış ısı değiştirici genel görünümü

Şekil 2.6’da bölmeli plakalı ısı değiştiriciye ait şekil verilmiş olup, şekilde de görüldüğü üzere, plakalar baskı plakaları yardımı ile birbirlerine sıkıca bağlanırken, plakalar arasında sızdırmazlığı sağlamak amacı ile genellikle özel kauçuk malzemeden yapılmış contalar kullanılır (Üçüncü, 2010)



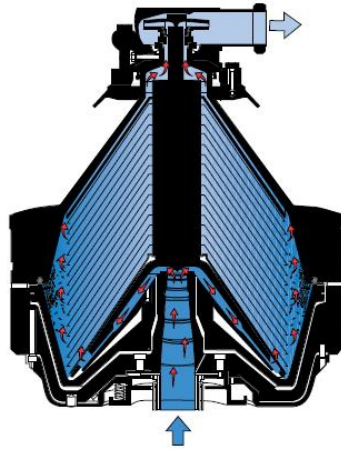
Şekil 2. 6: Bölmeli plakalı ısı değiştiricinin görünümü

Sistemlerde ısıtıcı akışkan olarak, vakum buhar veya sıcak su; soğutucu akışkan olarak ise ürünün istenilen çıkış sıcaklığına göre soğuk su, buzlu su, salamura ya da propilenglikol kullanılmaktadır.

Pastörizasyon: Mikroorganizmaları inaktive etmek için 100°C’nin altında yapılan ısıl işlemdir. Pastörizasyon işlemi ile bütün patojen mikroorganizmalar yok edilirken, diğer mikroorganizmaların vejetatif formunun bir kısmı yok edilir. Bakteri sporları ve bazı ısıya dayanıklı termofilik mikroorganizmalar canlılıklarını devam ettirir. Süt teknolojisinde hedef patojen mikroorganizma *Coxiella burnetii*’dir. (Üçüncü, 2010).

2.2.5 Klarifikatör

Klarifikasyon işlemi, süttten kaba temizlik ile uzaklaştırılmayan katı, yarı katı ve yarı sıvı fazların yani süttteki epitel hücreler, kan pıhtıları, lökositler, büyük bakteriler, bakterilerle zenginleşmiş protein yığınları ve diğer kirlilik etmenlerinin uzaklaştırılmasını sağlamakla birlikte; bir miktar süt proteini, süt yağı, laktoz gibi süt bileşenleri de uzaklaştırılmasına da neden olur. Normal koşullarda 10.000 litre süttten 1 kg kirlilik uzaklaştırılmaktadır (Üçüncü, 2010).



Şekil 2. 7: Klarifikatör kesiti

İşletmelerde genellikle, seperatör çamuru denilen pisliği otomatik olarak dışarı atan, yani kendi kendini temizleyebilen modern klarifikatörler (Şekil 2.7) kullanılmaktadır (Üçüncü, 2010).

2.2.6 Seperatör

Sıvı faz içerisinde emülsiyon halde bulunan sıvı, yarı sıvı ya da yarı katı haldeki öğelerin santrifüj seperasyon işlemi ile ayrılması işlemine seperasyon işlemi, bu işlemi yapan makinelere ise seperatör adı verilmektedir. Süt yağını kısmen veya tamamen ayırmak için kullanılır (Saldamlı ve Saldamlı, 2004).

Süt yağının seperasyon işlemi ile ayrılmasının dayandığı temel ilke, polidispers bir gıda olan sütte yağı emülsiyon halde bulunması ve süt yağı

yoğunluğunun 0,93 g/cm³ iken yağsız süt yoğunluğunun 1,035 g/cm³ olması, yani yoğunluk farkının bulunmasıdır (Üçüncü, 2010).

Seperasyon işlemi sırasında sütün seperasyon sıcaklığı kremanın ayrılma derecesini etkilemektedir. Krema ayırma işlemi optimum 50-60°C'lerde yapılırken; bu değerlerden sapma durumunda bir takım sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Krema seperasyon sıcaklığı arttıkça, yağı süttten ayırma işlemi zorlaşır, çünkü sütün sıcaklığı arttıkça viskozite değeri azalır ve 75-80°C'lerde minimum düzeye ulaşır. Ayrıca bu sıcaklık değeri serum proteinleri denatüre olmaya başlar ve süt viskozitesi bir miktar yükselmeye başlar. Bu durum yağsız süte yağ kaçmasına sebep olduğu gibi, seperatör çamur miktarının da artmasına neden olur ki, bu da işletmeler açısından ham madde kaybına bağlı olarak, maliyet artışını beraberinde getirir (Üçüncü, 2010).

2.2.7 Baktöfügator

Özel seperatörler olan baktöfügatorler, genellikle, ultraseperatör veya baktöfügator olarak adlandırılırlarken, süttten belirli düzeyde mikroorganizmaların arındırılmasını sağlarlar. Bu işleme santrifügal temizleme, soğuk temizleme, mekanik temizleme veya baktöfügasyon denir.

Ayırma işlemi süt ile bakterilerin farklı yoğunlukta olmasıyla sağlanır. Bakterilerin büyüklüğü, 0,5-0,8 µm ve yoğunluğu 1,07-1,13 g/ cm³ iken, sütün yoğunluğu 1,03 ve kazein misellerinin büyüklüğü 0,01-0,06 µm kadardır.

Baktöfügasyon işlemi, özellikle spor oluşturulan bakteriler üzerimde etkili olmakta ve peynirde geç şişmeye neden olan *Clostridium* türlerinin %85-98'ini süttten uzaklaştırılır (Üçüncü, 2010).

3. ERİTME PEYNİRİ

Kaşar peyniri; dilimlenebilen yarı sert peynirlerden olup, “pasta filata” yani telemenin belirli bir düzeyde asitlendirilmesinin ardından, sıcak suda haşlanıp yoğrulması işlemi ile yapılan peynirlerdendir.

Kaşar peynirinin tarihine bakılacak olunursa, bu tip peynirlerin Balkan ülkeleri ve İtalya’da ortaya çıktığı ve ilk defa Selanik’te, bir Musevi kız tarafından yapıldığı söylenmektedir. Türkler ise kaşar peyniri yapımını Anadolu’ya geldikten sonra öğrenmiş olup, en kaliteli kaşar peynirleri koyun sütünden üretilmektedir (Özer, 2006).

Ülkemizde 2015 yılında Peynir Tebliği yayınlanana kadar “kuru haşlama” denilen yöntemle eritme tuzları kullanılarak yapılan blok halindeki peynirler satışa sunulurken, kaşar peyniri olarak adlandırılmaktaydı. 2015 yılında Peynir tebliğinin yayınlanması ile birlikte bu tip peynirlerin etiketi üzerinde “Kaşar peyniri” ibaresi yazılamamaktadır.

Peynir tebliğine göre;

Kaşar peyniri: Hammaddenin peynir mayası kullanılarak pıhtılaştırılması ile elde edilen telemenin tekniğine uygun olarak işlenmesi ile üretilen, üretim aşamalarındaki farklılıklara göre taze veya olgunlaştırılmış olarak tanımlanabilen ve çeşidine özgü karakteristik özellikler gösteren telemesi haşlanan peyniri ifade eder

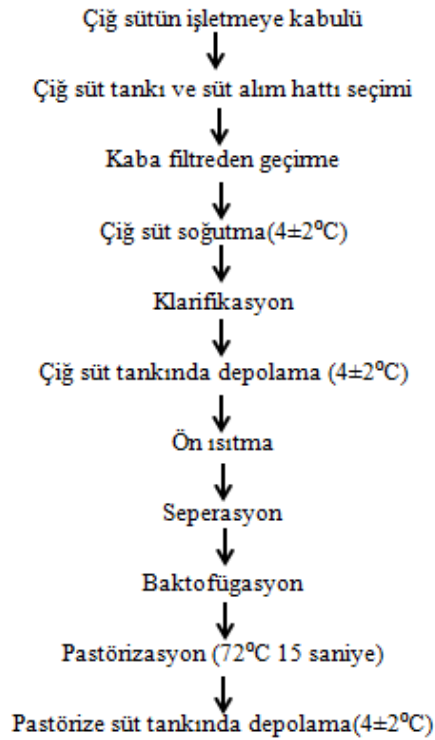
Eritme peyniri: Telemenin, bir veya bir kaç çeşit peynirin, doğrudan doğruya veya bu ürünlere gerektiğinde süt tozu, peyniraltı suyu tozu, tereyağı, krema gibi süt ürünleri katılarak elde edilen karışıma emülsifiye edici tuzlar ilave edilerek, karışımın pastörizasyon normunda veya daha yüksek sıcaklıklarda ve sürelerde ısıtma işlemi uygulanması ile elde edilen, dilimlenebilir veya sürülebilir nitelikler gibi çeşidine özgü karakteristik özellikler gösteren peynirleri ifade eder (Peynir tebliği, 2015).

Günümüzde işletmelerin büyük bir kısmı eritme peynirinin maliyetinin kaşar peynire göre daha düşük olması sebebi ile üretimlerinde ağırlıklı olarak bu tip peyniri tercih etmektedirler.

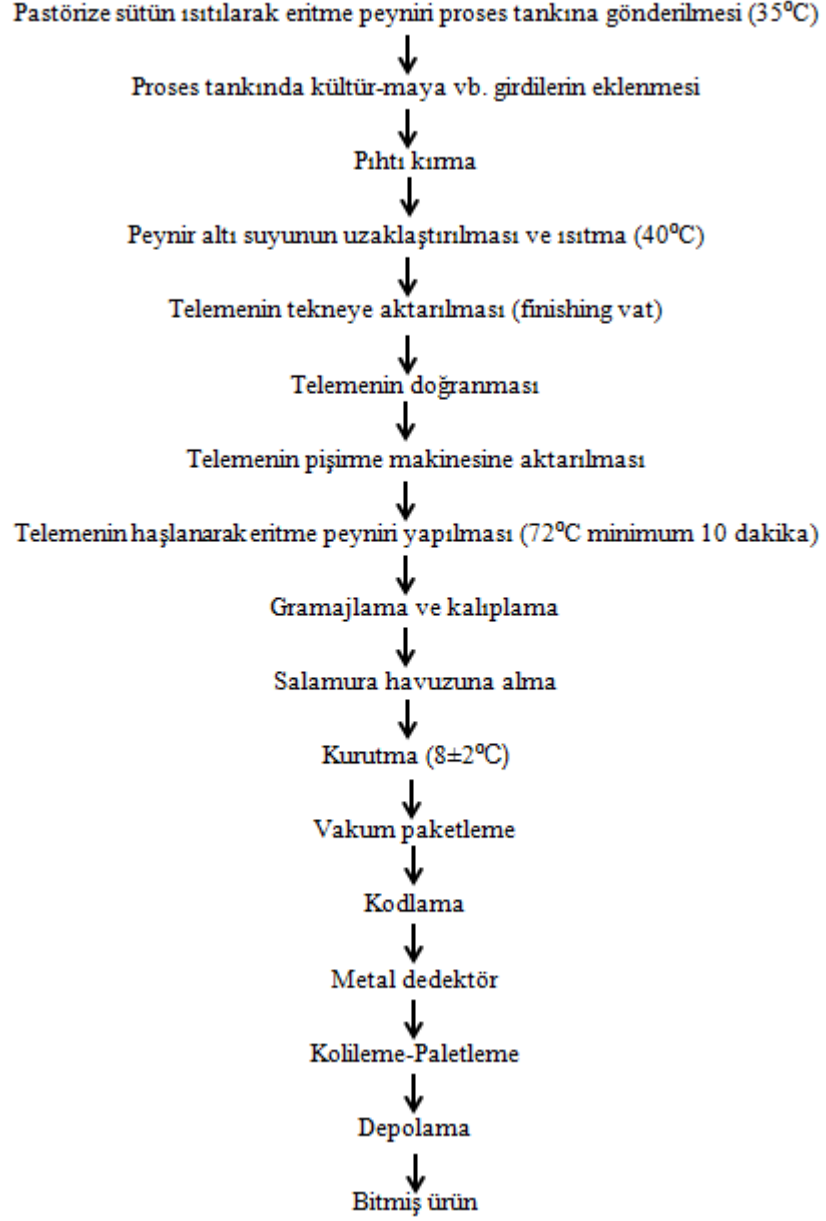
Bu tez çalışması sırasında da ağırlıklı olarak eritme peyniri yapılması sebebi ile eritme peynir üzerine çalışılmıştır. Prosesin süt alımından son ürüne kadar farklı olan tek işlem basamağı, teleminin haşlanması işlemi olup, sulu haşlama yerine eritme tuzlar kullanılarak kuru haşlama yapılmakta ve sonrasında kaşar peynirindeki gibi işlemler devam etmektedir.

3.1 ÜRETİM BASAMAKLARI

Fabrikaya sütün kabulünden mamulün sevkiyata hazır mamul haline kadar geçen bütün işlem basamakları aşağıdaki Şekil 3.1’de gösterilmiş olup, detaylı olarak bölüm bölüm anlatılmıştır.



Şekil 3. 1:Eritme peyniri üretim basamakları



Şekil 3.1'in devamı

3.1.1 Çiğ sütün İşletmeye kabulü

İşletmeye süt kamyonları ile taşınan süt, süt alım laboratuvarında analizleri yapıldıktan sonra; çıkan sonuçlara göre, kabul kriterleri dâhilinde ise, hangi ürüne işleneceği ve hangi çiğ süt tankına alınacağı kararı verilir.

Çiğ süt laboratuvarında yapılan analizler:

Antibiyotik testi: Antibiyotik test kitleri yardımı ile yapılır, eğer sütte antibiyotik varlığı tespit edilirse süt işletmeye kabul edilmez.

Alkol testi: % 74-76-80'lik konsantrasyona sahip alkol kullanılarak, süt ile alkol bire bir oranında karıştırılarak yapılan testtir. Sütün kalitesi hakkında bilgi verir, eğer süt alkolde kesiliyorsa protein stabilitesi zayıflamıştır.

Asitlik tayini: 0,25N NaOH kullanılarak yapılır ve sonuç SH cinsinden verilir. Süt kalitesi hakkında bilgi verir.

pH testi: pH metre yardımı ile pH ölçümü yapılır. İşletmeye kabul edilen sütün pH değerinin 6,65-6,80 arasında gelmesi gerekir

Kaynatma testi: İşletmeye sütün kabul kriterleri arasında olan kaynatma testi, bir cezve vb. yardımı ile sütün ısıtılarak sıcaklık kontrolü yapılması prensibine dayanır. 100°C'nin altında kesilmeyen süt pastörizasyon işlemine dayanır.

Yoğunluk tayini: İşletmelerde süt yoğunluğunu ölçmek için özel laktodansimetreler tasarlanmıştır. Bir litrelik mezür içerisine alınan süt içerisine laktodansimetre daldırılarak okuma yapılır ve süt sıcaklığı kontrol edilir. Sıcaklık düzeltme tabloları yardımı ile yoğunluk hesaplanır.

Yağ oranı tayini: Yağ tayininde Gerber yöntemi kullanılmasının yanı sıra hızlı analiz metodları da kullanılabilir.

Kurumadde tayini: Klasik etüv yönteminin kullanılmasının yanı sıra hızlı analiz yöntemleri de kullanılmaktadır.

Protein tayini: Klasik yöntem olan Kjeldal analiz yönteminin kullanılmasının yanı sıra hızlı analiz metodları da kullanılabilir.

Kurumadde, Protein ve Yağ tayini Foss firmasına ait milkoscan adı verilen ve hemen sonuç veren cihazla aynı anda yapılmaktadır. İstenirse klasik yöntemlerle de bakılabilir, fakat uzun sürdüğü için tercih edilmemektedir. Cihaz doğrulamaları klasik yöntemler kullanılarak belirli periyotlarda yapılmaktadır.

Aflatoksin analizi: Test kitleri yardımı ve ELİZA yöntemi ile yapılmaktadır.

Toplam canlı sayımı: Çiğ sütte Çiğ süt ve Isıl işlem görmüş İçme sütleri tebliğine göre Maksimum toplam canlı sayısı sütte 100.000 kob/g olarak verilmiştir. Mikrobiyolojik ekim yapılarak tespit edilmektedir.

Somatik hücre sayımı: İşletme içerisinde sayım için Milkana somatik hücre sayım cihazı kullanılmaktadır.

İşletmeye kabul kararından sonra, Kamyonu flexible hortum bağlanır ve bu hortum yardımı ile süt alım işlemi gerçekleştirilir (Şekil 3.2).



Şekil 3. 2: Flexible hortum yardımı ile süt alım işlemi

3.1.2 Kaba fitreden geçirme ve çiğ süütün soğutulması

Kamyondan alınan süt öncelikli olarak balans tankına gelir ve ardından 2 mm çapındaki kaba filtre yardımı ile temizlenir (Şekil 3.3). Bu sayede süt ile gelebilecek; saman, kıl, çöp taş vb. fiziksel bulaşma etmenleri süttten uzaklaştırılır.

Filtreden geçen süt santrifüj pompa yardımı ile eŐanjöre (plakalı ısı değiştirici) ve klarifikatre beslenir.



Şekil 3. 3: Hat filtresi ve balans tankı

3.1.3 Çiğ sütün soğutulması

Filtre yardımı ile kaba kirlerden uzaklaŐtırılan sütün sıcaklığı; plakalı ısı değiştirici (Şekil 3.4) yardımı ile 4 ± 2 °C'ye getirilir.



Şekil 3. 4: Plakalı ısı değiştirici (süt alım)

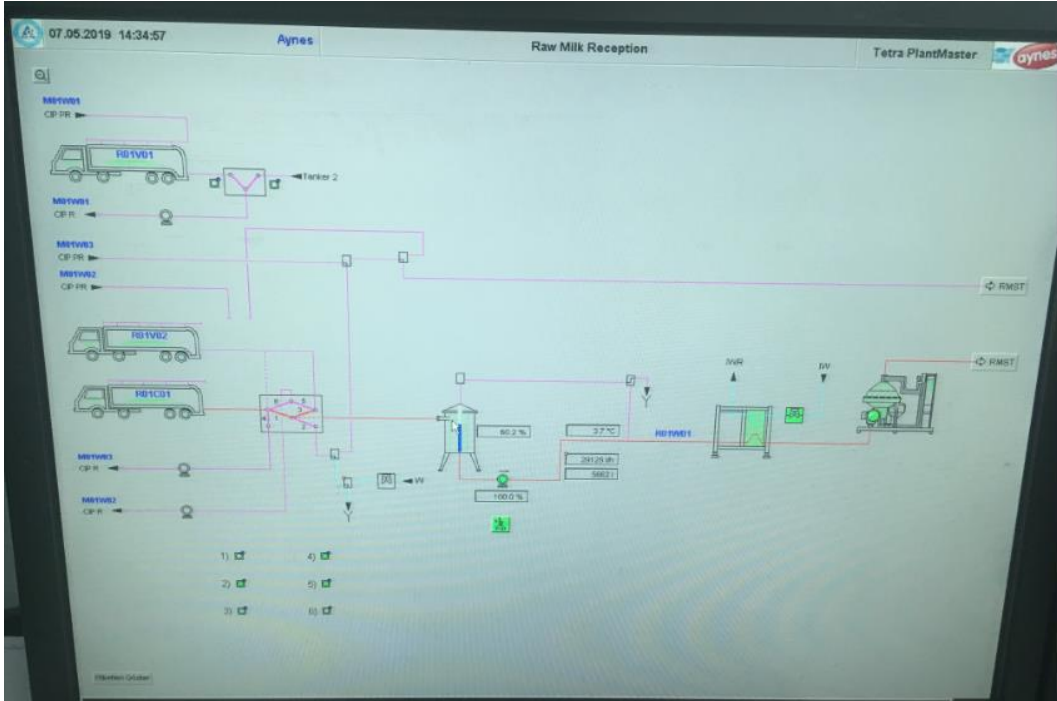
3.1.4 Klarifikasyon işlemleri ve çiğ süt depolama

Plakalı ısı değiştiricide soğutulan süt, TetraPak firmasına ait maksimum 5069 rpm devir hızına sahip, klarifikatre gelerek temizlenir ve ardından çiğ süt depolama tankında depolanır (şekil 3.5).



şekil 3. 5: Klarifikatörün görünümü (süt alım)

Sütün kamyonlardan çiğ süt tankına alımını gösteren genel şema şekil 3.6'te verilmiştir.



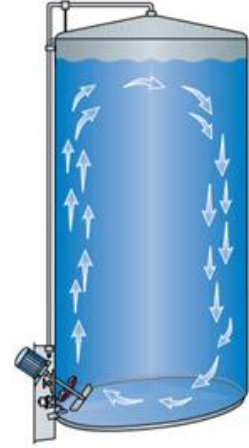
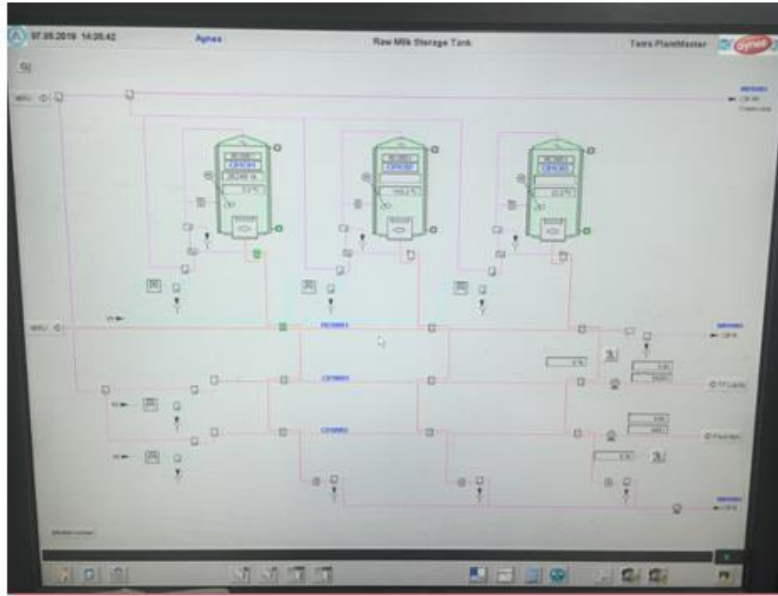
şekil 3. 6: Süt alım akış şeması

3.1.5 Çiğ ve pastörize süt depolama tankları

Hem çiğ süt hem de pastörize süt depolamada 80 tonluk izolasyonlu ve pervaneli karıştırıcı tanklar kullanılmaktadır. Tank özellikleri aşağıdaki gibidir.

- Pervaneli karıştırıcı.
- Tank içindeki ürün miktarını gösteren ağırlıkölçer (loadcell)
- Sıcaklık göstergesi
- Alt ve üst seviye kontrol sensörleri

Çiğ süt Şekil 3.7'da görülen karıştırıcı çiğ süt depolama tanklarında pastörizasyon işlemine kadar $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ derece arasında depolanmaktadır.



Şekil 3. 7: Çiğ ve pastörize süt depolama tankları

3.1.6 Pastörizasyon ünitesi

Pastörizasyon ünitesi Tetrapak firması tarafından kurulmuş olup; çeşitli bölümlerden oluşmaktadır. Bu üniteye Separatör yardımı ile sütün yağı ayrılmakta, Baktöfügator yardımı ile sütte bulunan sporlu bakteriler uzaklaştırılmaktadır. Plakalı ısı değiştirici kısmında ise sütün 72°C 'de 15 saniye pastörizasyon işlemi yapılmakta ve ardından $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'ye soğutulmaktadır. Soğutulan süt, Pastörize süt tankında depolanmaktadır.

3.1.7 Plakalı ısı değiştirici ile ısıtma

TetraPak firması için Alfa Laval tarafından yapılan 316 kalite paslanmaz çelikten yapılmış plakalı ısı değiştirici kullanılır. Burada ısıtma işlemi için önce buhar ile su ısıtılır (şekil 3.8). Daha sonra ısınmış olan su süt ısıtılır.

Eritme peynirine işlenecek süt burada 35°C'ye ısıtılarak kaşar peyniri proses tankına gönderilir.



şekil 3. 8: Plakalı ısı değiştirici ve ısıtma eşanjörü

3.1.8 Eritme Peyniri Proses tankı

Proses tankına alınan süte öncelikli olarak starter kültür ve kalsiyum ekleme işlemi yapılır (şekil 3.9). Starter kültür olarak çeşitli kültür kombinasyonları kullanılmaktadır. *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* (*Streptococcus thermophilus*) *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (*Lactobacillus bulgaricus*) ya da *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus casei* veya *Streptococcus lactis*, *Lactobacillus casei* kombinasyonları şeklinde kullanılabilir.

45 dakika n olgunlaştırma işlemi yapıldıktan sonra pH kontrolü ve mayalama testi yapılarak maya ilavesi yapılır. Mayalama işleminde 45 dakika sonra pıhtı kırma işlemi yapılır.



Şekil 3. 9: Eritme peyniri proses tankı

Tank içerisinde pıhtı kırımı ve pıhtının suyunu atması için özel dizayn edilmiş karıştırıcı bulunmaktadır.

Tanka ait dijital pano bulunmakta ve bu pano yardımı ile karıştırıcı hızı, ürün sıcaklığı, pas alma işlemleri anlık olarak takip edilebilmekte ve ayarlanabilmektedir (Şekil 3.10)



Şekil 3. 10: Eritme peyniri proses tankı içi ve kontrol paneli

Ayrıca tanka ait cidardan buharla ısıtma sistemi bulunmakta ve sütün soğuk olarak alınması gerektiği bazı prosesler de ve pıhtının suyunu atması işlemi sırasında tankın cidarından geçen buhar ile ısıtma yapılmaktadır. Bu sırada 35°C olan sıcaklık yaklaşık 8 dakika içerisinde 40°C'ye çıkarılmaktadır.

Teleme kırım işleminden sonra yeterli olgunluğa geldikten sonra, peynir altı suyu (PAS) tanktan uzaklaştırılmaktadır. Daha sonra telemeden suyu uzaklaştırmak için dizayn edilmiş olan karıştırıcılı teleme teknesine (Finishing vat) alınmaktadır.

3.1.9 Karıştırıcılı Teleme Teknesi (Finishing vat)

Bu aşamada tanktan indirilen telemenin sistemde bulunan karıştırıcı ile suyunun iyice uzaklaşması sağlanır (Şekil 3.11).



Şekil 3. 11: Karıştırıcılı teleme teknesi (finishing vat)

3.1.10 Pişirme işlemi

Yeterli olgunluğa ulaşan teleme (pH: 5,50) içinde helezon bulunan taşıma sistemi ile karıştırıcılı teleme teknesinden (finishing vat) eritme peyniri haşlama makinesine aktarılır.

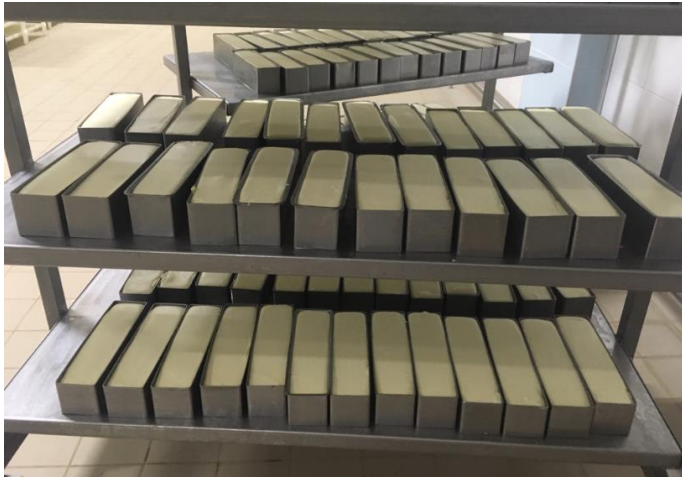
Kromel firmasına ait olan haşlama makinesinde hem sulu hem de kuru haşlama yapılabilen olup, ağırlıklı olarak kuru haşlama yöntemi ile çalışılmaktadır. Haşlama işlemi ise hem ürüne direkt buhar verilmesi hem de cidardan ısıtma şeklinde yapılabilmektedir.

Zamandan tasarruf etmek ve ürünü daha çabuk pişirmek için direkt buhar ile haşlama işlemi yapılmakta ve bu işlem sırasında 125-130 °C civarında doygun buhar kullanılmaktadır. Makine bir defada 300 kg'a kadar ürün pişirebilmektedir. İçerisinde 2 adet yoğurucu helezon bulunmakta ve makinenin kontrolü dijital pano ile yapılmaktadır. Bu panodan, ürün gramajı, sıcaklık, helezon dönüş yönü gibi parametreler kontrol edilmektedir. Pişirme işlemi 72°C'de minimum 10 dakika

yapılmaktadır. Pişirme işlemi biten peynirin yapısı yaprak açma veya sicim çekme işlemleri ile operatör tarafından kontrol edilir.

3.1.11 Eritme peynirinin gramajlanması, kalıplara alma, soğutma işlemi ve salamura verme işlemi

Peynir hamur haline geldikten sonra operatör tarafından peynirin kontrolü yapılarak ve peynir gramajlama makinesine aktarılarak, istenilen gramajlarda otomatik olarak kesilir ve peynir kalıplarına alınır (Şekil 3.12).



Şekil 3. 12: Kaşar peyniri kurutma arabası

Kalıplara alınan peynir soğutma odasına alınarak 60°C'den 20°C'ye gelmekte ve bundan sonraki aşamada peynir salamura havuzuna (Şekil 3.13) alınmaktadır. Salamura sıcaklığı 4±2°C olup, tuz oranı 13 bomedir. En az 30 dakika olmak şartı ile ortalama 1 saat salamurada bekletme işlemi uygulanmakta ve bu esnada sıcaklık 15°C'ye düşmektedir.



Şekil 3. 13: Salamura havuzu

3.1.12 Kurutma ve paketleme İşlemi

Salamurada bekletme işleminin ardından ürünler tekrar soğutulmak üzere soğutma odasına alınmakta ve yaklaşık 5 saat içerisinde sıcaklığın 10°C'ye düşmesi sağlanmaktadır.

Bu işlemin ardından peynirler başka bir kurutma odasına (Şekil 3.14) alınarak peynirin sıcaklığının 8°C'ye kadar düşmesi sağlanır. Kurutma odasında ayrıca peynirin kuruması sağlanarak istenilen % kurumadde değerine (%55 kurumadde) ve gramaja gelmesi beklenir. Bu sırada peynir yüzeyinde sararmanın oluşması sağlanmış olmakla birlikte peynir paketleme olgunluğuna gelmektedir.



Şekil 3. 14: Kaşar Peyniri kurutma odası

3.1.13 Paketleme işlemi

Kurutma işlemi tamamlanan peynirler analize alınır ve uygunluk durumuna göre vakum paketleme işlemine geçilir. Paketlenmiş ürün konveyör yardımı ile kolileme ve paletleme işlemi yapılarak soğuk hava deposuna çekilir

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1 MATERYAL

4.1.1 Süt materyali

Peynir üretiminin ham maddesi olan süt; dişi memeli hayvanın meme bezlerinden doğumdan sonra salgılanması ile elde edilen, polidispers bir yapıya sahip olan oldukça besleyici bir gıdadır. Yani sütün yağı emülsiyon, proteini kolloidal dispersiyon, mineral ve laktoz ise gerçek çözelti halinde bulunmaktadır (Üçüncü, 2010).

Tüm memeli hayvanlardan salgılanabilen sütün, kaynağına göre bileşimi farklılık göstermekle birlikte içerisinde; su, protein, süt şekeri (laktoz) yağ, mineraller, vitaminler, enzimler ve iz elementleri farklı oranlarda bulundurmaktadır (Özer, 2006).

% 87-88 su içeren sütte % 12-13 kurumadde vardır. Kaşar peyniri üretiminde inek sütü kullanılmakta olup, inek sütü bileşimi aşağıdaki Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4. 1: İnek Sütünün Bileşimi(Üçüncü, 2010)

| İnek sütünün bileşimi | |
|------------------------------|---------------|
| Bileşen | % oran |
| Su | 87-88 |
| Laktoz | 4,7 |
| Yağ | 3,6-3,7 |
| Azotlu maddeler | 3,4 |
| Mineral maddeler | 0,75 |

4.1.2 Soğutma suyu

Fabrikada kullanılan soğutma suyu, amonyak kullanılarak soğutulmaktadır. Bu işlemde su amonyak ile soğutulur ve hatta soğutulmuş su verilerek sistemlerde soğutma işlemi yapılır. Bu şekilde yapılmasının sebebi, herhangi bir kaçak vb durumda amonyağın ürüne bulaşmasını engellemektir. Fabrikada kullanılan soğutma suyu $1\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ve 4 bar basınç ile hatta beslenmektedir.

4.1.3 Buhar materyali

İşletmede fabrika geneli kullanım için, kojenerasyon ünitesinde (buhar tesisi) 9 bar basınçta doygun buhar elde edilmekte ve fabrikanın ana buhar hattına verilmektedir. Bölümlere giden buhar ise bölümde çalışan makinelerin ihtiyaçlarına göre belirli basınçlara düşürülerek dağıtılmaktadır.

4.1.4 Elektrik materyali

İşletmenin kendine ait kojenerasyon ünitesi olmakla birlikte, elektrik enerjisi sürekli olarak buradan sağlanmamaktadır. Elektrik 380 volt sanayi elektriği olup, Aydem veya EPIAŞ'tan alınmaktadır.

4.1.5 Ölçüm sırasında kullanılan yardımcı ekipmanlar

4.1.5.1 Pens Ampermetre

Elektrik ölçümlerinde TES marka pens ampermetre kullanılmıştır. (Şekil 4.1).



Şekil 4. 1: Pens ampermetre

4.1.5.2 Dijital Termometre



Şekil 4. 2: Dijital Termometre

TFA marka dijital termometre, ürün ve ortam sıcaklıklarını ölçmede kullanılmıştır (Şekil 4.2).

4.1.5.3 İnfared termometre

Boru çapı büyük olan hatlarda FLUKE marka 59 Max model infrared termometre ile ölçüm yapılmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4. 3: İnfared termometre

4.1.5.4 Pens termometre

Hatlardan geçen buhar, ürün ve su sıcaklığını ölçmede TESTO marka pens termometre kullanılmıştır (Şekil 4.4). Belirli çap üzerindeki borularda ölçüm yapılamadığı için yerine infrared termometre kullanılmıştır.



Şekil 4. 4: Pens termometre

4.2 YÖNTEM

4.2.1 Çiğ süt alım ünitesi

Çiğ süt alım ünitesinde Tablo 4.2’de verilen ekipmanlarda enerji hesaplamaları yapılmıştır.

Tablo 4. 2: Çiğ Süt Alım Ünitesi Hesaplama Yapılan Ekipmanlar

| | |
|------------------------|-----------------|
| Santrifüj pompa | Elektrik |
| Klarifikatör | Elektrik |
| Plakalı ısı değiştirci | Soğuk su |
| CIP ünitesi | Elektrik, buhar |

4.2.1.1 Çiğ süt alımı sırasında harcanan elektrik enerji hesabı

Santrifüj pompa ve klarifikatörde 3 farklı kamyon boşaltma işlemi sırasında pompanın çektiği akım miktarı Pens Ampermetre yardımı ile ölçülmüş olup ölçüm değerleri ve ortalaması Tablo 4.3'te verilmiştir. Elimizdeki verilere göre Denklem 4.1'deki formül kullanılarak ortalama elektrik enerji tüketimi hesaplanmıştır.

Tablo 4. 3: Pompa Ve Klarifikatör Ölçüm Sonuçları

| | 3 fazlı santrifüj pompa | | | Klarifikatör Amper (I) | Klarifikatör devri (rpm) | |
|-----------------|-------------------------|-------------|-------------|------------------------|--------------------------|-------------|
| | Akış hızı (L/saat) | Z Amper (I) | X Amper (I) | | | Y Amper (I) |
| 1. ölçüm | 28.666 | 15,1 | 15,1 | 14,8 | 37,4 | 5004 |
| | 28.281 | 14,8 | 14,8 | 14,6 | 35,7 | 5002 |
| | 28.186 | 14,7 | 14,7 | 14,5 | 37,5 | 5000 |
| 2. ölçüm | 23.650 | 13,0 | 12,8 | 13,4 | 36,5 | 5007 |
| | 23.451 | 12,9 | 12,8 | 13,3 | 36,0 | 5007 |
| | 23.200 | 12,9 | 12,7 | 13,4 | 33,9 | 5007 |
| 3. ölçüm | 23.427 | 13,1 | 13,0 | 12,6 | 32,0 | 5007 |
| | 23.333 | 12,9 | 12,8 | 13,0 | 33,5 | 5007 |
| | 23.287 | 12,9 | 12,8 | 12,7 | 34,7 | 5007 |
| ORTALAMA | 25.053 | 13,6 | | | 35,2 | 5005 |

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos \theta \quad (\text{Denklem 4.1})$$

P: Güç (W)

U: Gerilim (Volt): 380 Volt sanayi gerilimi alınmıştır.

I: Akım (Amper)

Cosθ: sabit

P/1000= kW

Süt alım pompası ve klarifikatöre ait elektrik hesabı aşağıdaki gibidir. Gerilim =U= 380 volt sanayi gerilimi alınmıştır. Hesaplama yapılırken Watt (W) olan sonucu kW değerine çevirmek için 1000'e bölüm işlemi yapılmıştır. Sonuçlar kW cinsinden verilmiştir.

$$P = \sqrt{3} * 380 * 13,6 * 0,88 / 1000 = 7,87 \text{ kW}$$

$$P = \sqrt{3} * 380 * 35,2 * 0,88 / 1000 = 20,38 \text{ kW}$$

Tablo 4. 4: Süt Alım Pompası Ve Klarifikatörün Çektiği Güç

| | Amper (I) | Saat | Çekilen güç (kW) | İşlenen süt miktarı (L/saat) |
|------------------|-----------|------|------------------|------------------------------|
| Süt alım pompası | 13,6 | 1 | 7,87 | 25.053 |
| Klarifikatör | 35,2 | 1 | 20,38 | 25.053 |

Süt alım pompası ve klarifikatörün bir saatlik çalışma sonucu çektiği güç Tablo 4.4’de verilmiştir. Hattın kapasitesi 30.000 L/saat olmasına karşın, ölçümlerde ortalama 25.000 L/saat ile çalıştığı tespit edilmiştir.

Soğutma suyu miktarının hesaplanması

İşletmeye kabul edilen sütler, tanka almadan önce $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ’ye plakalı ısı değiştirici yardımı ile soğutulmaktadır. Ölçümler sırasında infrared termometre kullanılmış olup, ölçüm sonuçları Tablo 4.5’te verilmiştir. Harcanan soğutma suyu miktarını bulmak için Denklem 4.2’de verilen formül kullanılmıştır (Saldamlı ve Saldamlı, 2004).

$$V_1 * \rho_1 * C_{p1} * \Delta T_1 = V_2 * \rho_2 * C_{p2} * \Delta T_2 \quad (\text{Denklem 4.2})$$

- V_1 : Isıtılan sıvının akış hızı (L/saat)
 ρ_1 : Isıtılan sıvının yoğunluğu (kg/m^3)
 C_{p1} : Isıtılan sıvının özgül ısısı (kJ/kg.K)
 ΔT_1 : Isıtılan sıvının sıcaklık farkı ($^{\circ}\text{C}$)
 V_2 : Isıtıcı sıvının akış hızı (L/saat)
 ρ_2 : Isıtıcı sıvının yoğunluğu (kg/m^3)
 C_{p2} : Isıtıcı sıvının özgül ısısı (kJ/kg.K)
 ΔT_2 : Isıtıcı sıvının sıcaklık farkı ($^{\circ}\text{C}$)

Tablo 4. 5: Sütün Soğutulması Sırasında Ölçülen Süt ve Su Giriş Çıkış Sıcaklık Değerleri

| | Akış hızı (l/saat) | Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) | | | |
|----------|--------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | | T1 (süt giriş sıcaklığı) | T2 (süt çıkış sıcaklığı) | T3 (soğuk su giriş sıcaklığı) | T4 (soğuk su çıkış sıcaklığı) |
| 1. ölçüm | 23.601 | 6,1 | 3,6 | 2,1 | 3,6 |
| | 23.458 | 6,1 | 3,4 | 2,7 | 3,7 |
| | 23.344 | 6,2 | 3,8 | 2,6 | 3,7 |
| 2. ölçüm | 23.140 | 7,5 | 4 | 3 | 4 |
| | 23.377 | 7,1 | 3,8 | 2,8 | 4,3 |
| | 23.287 | 7 | 3,7 | 2,8 | 4,1 |
| | 23.143 | 7 | 3,6 | 2,8 | 4,1 |
| Ortalama | 23.336 | 6,71 | 3,70 | 2,69 | 3,93 |

Sütün yoğunluğu ρ_1 : 1030 kg/m³
Suyun yoğunluğu ρ_2 : 999,87 kg/m³
 $C_{p_{süt}}$: 3,85 kJ/(kg.K)
 $C_{p_{su}}$: 4,22 kJ/(kg.K)
 $\Delta T_{1süt}$: (T₂-T₁)

$$23.336 \cdot 1030 \cdot 3,85 \cdot (6,71 - 3,70) = V_2 \cdot 999,87 \cdot 4,22 \cdot (3,93 - 2,69)$$

$$V_2 = 53.237 \text{ L/saat (su tüketimi)}$$

Plakalı ısı deęiřtiriciden çıkan su, fabrikaya ait amonyaklı soęutma sistemine giderek 1±0,5°C'ye dūřürölmektedir. Yukarıda V_2 : 53.237 L/saat olarak sütü soęutmada kullanılan su 3,93°C'ye çıktıktan sonra fabrika soęutma sistemine giderek 1±0,5°C'ye dūřürölmektedir.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (\text{Denklem 4.3})$$

Denklem 4.3 kullanılarak ısınan suyu soğutmada kullanılan enerji hesaplanmıştır.

$$Q = 53.237 (\text{kg/saat}) \cdot 4,22 (\text{kJ/kgK}) \cdot (3,93 - 1)^\circ\text{C}$$

$Q = 651.514 \text{ kJ/saat} = 180,9 \text{ kW}$ olarak 30.000 litre sütü soğutmak için kullanılan enerji hesaplanmıştır.

Süt alım hattında süt alım işleminin bitmesinin ardından, günde bir defa hattan kostik-asit geçmek sureti ile CIP işlemi yapılmaktadır. CIP işlemi sırasında, elektrik ve buhar tüketimi yapılmaktadır.

4.2.1.2 Süt alım CIP ünitesi elektrik ve buhar tüketim hesabı

CIP ünitesi elektrik tüketimi

CIP sırasında CIP ünitesinin bağlı olduğu ana panodan ölçüm yapılmıştır. Pano üç fazlı girişe sahiptir ve L1-L2-L3 (R-S-T) olarak ölçümler yapılmıştır. Ayrıca CIP işlemi sırasında klarifikatör ve süt alım pompası da çalıştığı için bu cihazlara ait değerler de ölçölmüştür. Ölçüm değerleri Tablo 4.6'da ve hesaplamalar Denklem 4.4'e göre yapılmış olup, sonuçlar Tablo 4.7'de verildiği gibidir.

Tablo 4. 6: Cıv İşlemi Sırasında Yapılan Elektrik Ölçümleri

| | Akış Hızı (L/Saat) | CIP Ana Panosu (Amper) | | | Amper Klarifikatör | Süt Alım Pompası (Amper) | | |
|----------|-----------------------|---------------------------|------|------|-----------------------|-----------------------------|-------|-------|
| | | L1 | L2 | L3 | | Z | X | Y |
| 1. Ölçüm | 31.245 | 4,5 | 5 | 5,3 | 40,5 | 15,1 | 15,1 | 14,8 |
| 2. Ölçüm | 30.714 | 4,6 | 5,7 | 6,2 | 32,2 | 14,8 | 14,8 | 14,6 |
| 3. ölçüm | 30.114 | 4,3 | 6,2 | 6,5 | 30,3 | 14,7 | 14,7 | 14,5 |
| ORTALMA | 30.691 | 4,47 | 5,63 | 6,00 | 34,33 | 14,87 | 14,87 | 14,63 |

$$P = U \cdot I \quad P_{\text{toplam}} = P_{L1} + P_{L2} + P_{L3} \text{ (W)} \quad (\text{Denklem 4.4})$$

P: güç (W)

U: Gerilim (Volt)= 380 volt sanayi gerilim alınmıştır.

I: Akım (Amper)

P/1000= kW

$$P_{\text{toplam}} = (380 \cdot 4,47 \cdot 1/1000) + (380 \cdot 5,63 \cdot 1/1000) + (380 \cdot 6 \cdot 1/1000) = 6,12 \text{ kW}$$

Klarifikatör için denklem 4-1 kullanılmış olup, $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \theta$

$$P_{\text{klarifikatör}} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 34,33 \cdot 1 \cdot 0,88 / 1000$$

$$P_{\text{klarifikatör}} = 19,89 \text{ kW}$$

Süt alım pompası için denklem 4-1 kullanılmış olup, $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \theta$

$$P_{\text{pompa}} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 14,79 \cdot 0,88 \cdot 1/1000$$

$$P_{\text{pompa}} = 8,56 \text{ kW}$$

Tablo 4. 7: CIP İşlemi Sırasında Harcanan Elektrik Enerjisi

| | Güç (kWh) | Çalışma saati |
|------------------|-----------|---------------|
| Cıv ünitesi | 6,12 | 1 saat |
| Klarifikatör | 19,89 | 1 saat |
| Süt alım pompası | 8,56 | 1 saat |
| Toplam | 34,56 | 1 saat |

Süt alım ünitesi buhar tüketimi

Buhar hattına 3 Bar buhar basıncı gelmekte olup, bu üniteye ısı değiştiricinin yeri yüksekte olduğu için ölçüm yapılamamıştır. Bu nedenle CIP ünitesine ait teorik veriler, makineye ait teknik kullanama kılavuzundan alınmış olup 50 kg/ saat ortalama buhar tüketimi alınmıştır.

4.2.2 Pastörizasyon ünitesi

4.2.2.1 Elektrik enerjisi tüketimleri

Pastörizasyon ünitesi 30.000 L/saat süt işleme kapasitesine sahip olup, hat içerisinde 4 adet santrifüj pompa, 1 adet seperatör, 1 adet baktöfugatör bulunmaktadır. Pastörizatör ana panosuna pompalar bağlı olmakla birlikte, seperatör ve baktöfugatöre ait ayrı elektrik panoları mevcuttur.

Elektrik ölçümleri (Şekil 4.5) hat üretime hazırlanırken ve hat üretimdeyken olmak üzere 2 şekilde yapılmıştır. Tablo 4.8’de baktöfugatör ve seperatör hariç ana elektrik panosu ölçümleri yer almaktadır.

Tablo 4. 8: Pastörizasyon Ünitesi Hazırlık ve Üretim Sırasında Yapılan Elektrik Ölçümleri

| Pastörizatör ünitesi | | | | Açıklama |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|---|
| | Akım (amper) | | | |
| | L1 | L2 | L3 | |
| 1. ölçüm | 47,9 | 50,3 | 49,7 | Makine üretime hazırlanırken, yaklaşık 1 saatlik işlem |
| 2. ölçüm | 45,3 | 46,5 | 47,5 | |
| ORTALAMA | 46,60 | 48,40 | 48,60 | |
| 1. ölçüm | 35,5 | 36,5 | 35,8 | Üretim aşamasında |
| 2. ölçüm | 30,7 | 30 | 32,1 | |
| 3. ölçüm | 33,1 | 36,1 | 33 | |
| ORTALAMA | 33,10 | 34,20 | 33,63 | |



Şekil 4. 5: Pastörizasyon ünitesi pens ampermetre ile elektrik ölçümü

$$P = U \cdot I; \quad P_{\text{toplam}} = P_{L1} + P_{L2} + P_{L3} \text{ (W) (Denklem 4-4'e göre hesaplama yapılmıştır)}$$

$$P_{\text{üretim hazırlık}} : ((380 \cdot 46,60) + (380 \cdot 48,40) + (380 \cdot 48,6)) / 1000$$

$$P_{\text{üretim hazırlık}} : 54,56 \text{ kW}$$

$$P_{\text{üretim}} : ((380 \cdot 33,10) + (380 \cdot 34,20) + (380 \cdot 33,63)) / 1000$$

$$P_{\text{üretim}} : 38,35 \text{ kW (30.000 L = 1 saatlik üretim)}$$

Tablo 4. 9: Seperatör ve Baktöfügator Üretim Hazırlık ve Üretim Esnasında Çekilen Güç

| Seperatör | | | | Baktöfügator | | |
|--------------|--------------|-------------|-----------------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Amper (I) | kW | Devir (rpm) | | Amper (I) | kW | Devir (rpm) |
| 33,4 | 18,4 | | Üretime hazırlık aşaması (1 saat) | 38,5 | 19,6 | |
| 32,9 | 18 | | | 38,5 | 19,1 | |
| 33,5 | 18,5 | | | 39 | 20 | |
| 33,27 | 18,30 | | ORTALAMA | 38,67 | 19,57 | |
| 34,5 | 19,4 | 3912 | Üretim aşaması | 39,8 | 20,3 | 4237 |
| 34,3 | 19,2 | 3915 | | 39,3 | 20,2 | 4237 |
| 34,6 | 19,4 | 3914 | | 39,1 | 20,4 | 4236 |
| 34,47 | 19,33 | 3914 | ORTALAMA | 39,40 | 20,30 | 4237 |

Seperatör ve baktöfügator ünitesinin kendine ait ayrı bir elektrik panosu olmakla birlikte, bu panolarda çekilen elektrik akımlarının yanı sıra güç miktarları da otomatik olarak görülmektedir. Bu nedenle bu iki ekipmana ait hesaplanan güç ile ekranda okunan güç değerleri aynı olduğu için, ayrıca bir güç hesabı yapılmamış olup, bu cihazların güçleri hem Tablo 4.9'da hem de aşağıda verilmiştir.

$P_{\text{seperator}}: 19,33 \text{ kW}$

$P_{\text{baktöfugator}}: 20,30 \text{ kW}$

4.2.2.2 Çiğ ve pastörize süt vana tarlaları elektrik ölçümleri

Çiğ süt tankından çekilen süt, pastörizasyon işlemi yapıldıktan sonra pastörize süt tankına alınmaktadır. Sütün yönlendirme işlemi vana tarlaları (Şekil 4.6) adı verilen ve üzerinde yönlendirme vanalarının bulunduğu ekipmanlar yardımı ile yapılmaktadır.



Şekil 4. 6: Vana tarlası

Vana tarlalarına ait panolardan pens ampermetre yardımı ile tek fazdan ölçümler yapılmış olup, sonuçlar Tablo 4.10'teki gibidir.

Tablo 4. 10: Çiğ ve Pastörize Süt Vana Tarlasına Ait Elektrik Ölçümleri

| Çiğ süt vana tarlası | Akım (amper) | Pastörize süt vana tarlası | Akım (amper) |
|----------------------|--------------|----------------------------|--------------|
| 1. ölçüm | 0,47 | 1. ölçüm | 0,51 |
| 2. ölçüm | 0,36 | 2. ölçüm | 0,53 |
| 3. ölçüm | 0,36 | 3. ölçüm | 0,47 |
| ORTALAMA | 0,40 | ORTALAMA | 0,50 |

$P= U \cdot I$ (Denklem 4-4'e göre hesaplama yapılmıştır)

P : güç (W)

U: Gerilim (V)= 380 volt sanayi gerilimi

I : Amper

$P/1000= \text{kW}$

$P_{\text{Çiğ süt vana tarlası}}: 380*0,40/1000$

$P_{\text{Çiğ süt vana tarlası}}: 0,15 \text{ kW}$

$P_{\text{Pastörize süt vana tarlası}}: 380*0,50/1000$

$P_{\text{Pastörize süt vana tarlası}}: 0,19 \text{ kW}$

4.2.2.3 Çiğ ve pastörize süt tankları karıştırıcıları elektrik tüketimi

Çiğ ve pastörize süt tanklarının yan taraflarında 7,5 kW güce sahip karıştırıcılar bulunmaktadır (Şekil 4.7).



Şekil 4. 7: Çiğ ve pastörize süt tankı

Karıştırıcı çalışması 20 saniye çalışma, 90 saniye durma şeklindedir. Buna göre karıştırıcı motorunun gücü ve sütün tankta bekleme süreleri dikkate alınarak 30.000 L süt için gereken güç miktarları hesaplanmıştır (Tablo 4.11).

Tablo 4. 11: Çiğ ve Pastörize Süt Tankı Çalışma Süreleri Ve Çekilen Elektrik Miktarı

| | Çiğ süt tankı | Pastörize süt tankı |
|--|---------------|---------------------|
| Süt bekleme süresi (saat) | 2 | 6 |
| Karıştırıcı çalışma süresi (saniye) | 20 | 20 |
| Karıştırıcı durma süresi (saniye) | 90 | 90 |
| Toplam bekleme süresi (saniye) | 7200 | 21600 |
| Toplam karıştırıcı çalışma süresi (dakika) | 22 | 65 |
| Karıştırıcı gücü (KW) | 7,5 | 7,5 |
| 30.000 l süt için çekilen güç (KW) | 2,73 | 8,18 |

4.2.2.4 Pastörizatör ünitesi buhar tüketimi

Pastörizasyon işlemi sırasında harcanan buhar miktarını bulmak için buharın belirli basınçtaki entalpi değişimi hesaplanmıştır. Tablo 4.12’de verilen değerler, Denklem 4.5’te verilen eşitlikte yerine konularak hesaplamalar yapılmıştır (Papar ve diğ. 2017).

$$Q_{\text{süt}}=Q_{\text{su}}=Q_{\text{buhar}}$$

$$V_{\text{süt}} \cdot \rho_{\text{süt}} \cdot C_{p_{\text{süt}}} \cdot \Delta T_{\text{süt}} = V_{\text{su}} \cdot \rho_{\text{su}} \cdot C_{p_{\text{su}}} \cdot \Delta T_{\text{su}} = m_{\text{buhar}} \cdot (h_{\text{buhar}} - h_{\text{kondens}}) \quad (\text{Denklem 4.5})$$

- $V_{\text{süt}}$: Isıtılan sıvının akış hızı (L/saat)
 $\rho_{\text{süt}}$: Isıtılan sıvının yoğunluğu (kg/m^3)
 $C_{p_{\text{süt}}}$: Isıtılan sıvının özgül ısısı (kJ/kg.K)
 $\Delta T_{\text{süt}}$: Isıtılan sıvının sıcaklık farkı ($^{\circ}\text{C}$)
 V_{su} : Isıtıcı sıvının akış hızı (L/saat)
 ρ_{su} : Isıtıcı sıvının yoğunluğu (kg/m^3)
 $C_{p_{\text{su}}}$: Isıtıcı sıvının özgül ısısı (kJ/kg.K)
 ΔT_{su} : Isıtıcı sıvının sıcaklık farkı ($^{\circ}\text{C}$)
 m_{buhar} : doymuş buharın miktarı (kg/s)
 h_{buhar} : doymuş buharın belirli basınçtaki entalpisi (kJ/kg)
 h_{kondens} : belirli sıcaklıktaki kondensin entalpisi (kJ/kg)

Tablo 4. 12: Pastörizasyon Ünitesi Sütün Isıtılması Sırasında Ölçülen Süt ve Su Giriş Çıkış Değerleri

| Buhar basıncı | Buhar ile su ısıtma | | | | Sütün sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) | |
|-----------------|--|--|---|--------------------------|--|--|
| | Buhar sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) | Kondens sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) | Sıcak su gidiş sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) | Sıcak su dönüş sıcaklığı | Süt giriş sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) | Süt çıkış sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) |
| 4 bar | 121,5 | 74,8 | 70 | 60 | 26 | 71 |
| | 121 | 69,9 | 70,4 | 60 | 25,5 | 73 |
| | 121 | 69,1 | 70,5 | 60,9 | 26 | 72,8 |
| ORTALAMA | 121,2 | 71,3 | 70,3 | 60,3 | 25,8 | 72,3 |

$$Q_{\text{süt}}=Q_{\text{buhar}}$$

$$V_{\text{süt}} \cdot \rho_{\text{süt}} \cdot C_{p_{\text{süt}}} \cdot \Delta T_{\text{süt}} = V_{\text{su}} \cdot \rho_{\text{su}} \cdot C_{p_{\text{su}}} \cdot \Delta T_{\text{su}} = m_{\text{buhar}} \cdot (h_{\text{buhar}} - h_{\text{kondens}})$$

$$V=30.000(\text{L/saat})/3600(\text{s}) \cdot 0,001(\text{m}^3/\text{L})=0,00833 \text{ m}^3/\text{s}$$

h_{buhar} : 2738,1 (kJ/kg) (4 bar basınçta doymuş buhar entalpisi) (Çengel ve diğ. 2008)

h_{kondens} : 289,27 (kJ/kg) (70 $^{\circ}\text{C}$ 'de kondensin entalpisi)(Çengel ve diğ. 2008)

$$0,00833*1030*3,85*(72,3-25,8)=m_{\text{buhar}}*(2738,27-289,27)$$

$$M_{\text{buhar}}: 0,6272 \text{ kg/s}=0,6272*3600=2.257 \text{ (kg/saat)}$$

4.2.2.5 Pastörizatör Ünitesi Soğutma Suyu Tüketimi

Pastörizasyon işlemi tamamlanan süt öncelikle plakalı ısı değiştiricide bulunan rejenerasyon bölümlerine gelmekte ve sıcaklığı 17°C'ler kadar düşmektedir.

Burada soğutma suyu giriş ve çıkış sıcaklığı ile birlikte sütün plakalı ısı değiştiricinin soğutma aşamasına girmeden önceki sıcaklığı ve çıkış sıcaklığı ölçülmüştür. Ölçüm değerleri Tablo 4.13'de verilmiştir.

Tablo 4. 13: Pastörizasyon İşlemi Sonrası Sütün Soğutulması Sırasında Ölçülen, Süt Giriş-Çıkış ve Su Giriş-Çıkış Sıcaklık Değerleri

| | Buzlu su giriş (°C) | Buzlu su çıkış (°C) | Süt giriş sıcaklığı (°C) | Süt çıkış sıcaklığı (°C) |
|-----------------|---------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. ölçüm | 0,8 | 6,5 | 17 | 3,3 |
| 2. ölçüm | 0,6 | 8 | 17,5 | 4 |
| 3. ölçüm | 0,7 | 6,8 | 17,2 | 3,8 |
| ORTALAMA | 0,7 | 7,1 | 17,2 | 3,7 |

$V_{\text{süt}}*\rho_{\text{süt}}*C_{p_{\text{süt}}}\Delta T_{\text{süt}}=V_{\text{su}}*\rho_{\text{su}}*C_{p_{\text{su}}}\Delta T_{\text{su}}$ (Denklem 4.2'ye göre hesaplama yapılmıştır).

Sütün yoğunluğu ρ_1 : 1030 kg/m³

Suyun yoğunluğu ρ_2 : 999,87 kg/m³

$C_{p_{\text{süt}}}$: 3,85 kJ/(kg.K)

$C_{p_{\text{su}}}$: 4,22 kJ/(kg.K)

$$30.000*3,85*1030*(17,2-3,7)=V_{\text{su}}*4,22*999,87*(7,1-0,7)$$

$$V_{\text{su}}=59.472 \text{ L/saat}$$

Plakalı ısı değiştiriciden çıkan su, fabrikaya ait amonyaklı soğutma sistemine giderek 1±0,5°C'ye düşürülmektedir. Yukarıda V_{su} : 59.472 L/saat olarak sütü soğutmada kullanılan su 7,1°C'ye çıktıktan sonra fabrika soğutma sistemine giderek 1±0,5°C'ye düşürülmektedir.

$Q= m*c*\Delta T$ (4.3 denklemini kullanılarak ısınan suyu soğutmada kullanılan enerji hesaplanmıştır).

$$Q=59.472(\text{kg/saat}) * 4,22 (\text{kJ/kgK}) * (7,1-1)^{\circ}\text{C}$$

$Q=1.530.928 \text{ kJ/saat}$, 425,2 kW olarak 30.000 litre sütü pastörize etmek için kullanılan enerji hesaplamıştır.

4.2.3 Pastörize sütün kaşar peyniri proses tankına ısıtılarak gönderilmesi

Pastörize tankta soğuk olarak ($4 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$) bekleyen süt, kaşar peyniri proses tankına 35°C 'de, plakalı ısı değiştirici ile ısıtılarak gönderilme işlemi sırasında, pompa vasıtası ile gönderildiği için elektrik tüketimi yapılırken, ısıtma işleminde buhar tüketimi yapılır.

Buhar ile ısıtılan su, süt ısıtma eşanjörüne gönderilmekte ve sıcak su ile süt ısıtılmaktadır. Buhar basıncı 3,5 bar olup, doymuş buhar kullanılmaktadır. Buna göre buhar miktarın hesaplama için entalpi hesabı yapılacaktır. Ölçülen değerler Tablo 4.14'de verilmiştir.

Tablo 4. 14: Prosesse Gönderilen Sütün Isıtılması Sırasında Ölçülen Süt ve Su Giriş Çıkış Değerleri

| Saat | Süt ısıtma eşanjörü | | | | | Saat | Su ısıtma eşanjörü | | | |
|-----------------|---------------------|--|--|---|---|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------------------|
| | Akış hızı (L/saat) | T1 (süt çıkış sıcaklığı $^{\circ}\text{C}$) | T 2 (sıcak su giriş sıcaklığı $^{\circ}\text{C}$) | T3 (sıcak su çıkış sıcaklığı $^{\circ}\text{C}$) | T4 (ürün giriş sıcaklığı $^{\circ}\text{C}$) | | T1 (su giriş $^{\circ}\text{C}$) | T 2 (kondens $^{\circ}\text{C}$) | T3 (sıcak su çıkış $^{\circ}\text{C}$) | T4 (buhar $^{\circ}\text{C}$) |
| 1. ölçüm | 24.957 | 34,4 | 43,9 | 13,4 | 6,6 | 1. ölçüm | 12,6 | 24,3 | 43,3 | |
| | 24.989 | 34,3 | 43,8 | 13,1 | 6,6 | | 12,6 | 24,5 | 43,9 | 125 |
| | 25.001 | 35 | 44,4 | 12,6 | 6,7 | | 12,9 | 25,5 | 44,4 | 125,9 |
| | 25.003 | 35,1 | 44,4 | 13,4 | 6,6 | | 12,8 | 25,5 | 44,6 | 125,8 |
| | 24.996 | 35 | 44,6 | 13,5 | 6,7 | | 12,8 | 25,3 | 44,3 | 128 |
| 2. ölçüm | 24.983 | 33,9 | 43,8 | 12,5 | 5,5 | 2. ölçüm | 12,74 | 25,02 | 44,1 | 126,1 |
| | 24.980 | 34,9 | 44,4 | 12,7 | 5,6 | | 12,4 | 25,4 | 43,6 | 125,1 |
| | 24.971 | 34,8 | 44,3 | 12,9 | 6 | | 12,1 | 25,8 | 43,8 | 126 |
| | 24.989 | 34,3 | 44,3 | 12,9 | 6,1 | | 12,3 | 25,8 | 44,5 | 125 |
| Ortalama | 24.985 | 34,6 | 44,2 | 13,0 | 6,3 | Ortalama | 12,6 | 25,2 | 44,1 | 125,9 |

$$V_{\text{süt}} * \rho_{\text{süt}} * C_{p_{\text{süt}}} * \Delta T_{\text{süt}} = V_{\text{su}} * \rho_{\text{su}} * C_{p_{\text{su}}} * \Delta T_{\text{su}} = m_{\text{buhar}} * (h_{\text{buhar}} - h_{\text{kondens}}) \quad (\text{Denklem 4.5})$$

kullanılarak hesaplama yapılmıştır)

Sütün yoğunluğu ρ_1 : 1030 kg/m³

$C_{p_{\text{süt}}}$: 3,85 kJ/(kg.K)

h_{buhar} : 2732 kJ/kg (Çengel Ve ark, 2008)

h_{kondens} : 100,98 kJ/kg (Çengel Ve ark, 2008)

$V_{\text{süt}}$: 24.985 L/saat (Tablo 4.14)

$(24.985/3600*0,001)*1030*3,85*(34,6-6,3)=m_{\text{buhar}}^*$ (2732-100,98)

M_{buhar} : 0,29603 kg/s

M_{buhar} : 1065,7 kg/saat

Süt gönderme sırasında çalışan pompanın güç ve amper değeri pompaya bağlı sürücü panosundan okunmuştur. Tablo 4.15’de güç değeri ortalaması; P: 2,8 kW olarak bulunmuştur.

Tablo 4. 15: Prosesse Gönderilen Sütün Isıtılması Sırasında Kullanılan Pompanın Çektiği Güç

| | Süt akış hızı (L/saat) | Pompa Amperi | Pompa kW | Devir (rpm) |
|-----------------|------------------------|--------------|------------|--------------|
| 1. ölçüm | 24.980 | 5,45 | 2,78 | 2.527 |
| | 24.971 | 5,44 | 2,77 | 2.529 |
| | 24.989 | 5,44 | 2,78 | 2.531 |
| 2. ölçüm | 25.001 | 5,49 | 2,7 | 2.532 |
| | 24.990 | 5,46 | 2,77 | 2.531 |
| | 24.987 | 5,43 | 2,78 | 2.533 |
| ORTALAMA | 24.986 | 5,5 | 2,8 | 2.531 |

4.2.4 Kaşar peyniri Proses aşamaları enerji tüketim hesaplamaları

4.2.4.1 Kaşar peyniri Proses tankı

Kaşar peyniri proses tankına 35°C’de 15 ton süt alınmaktadır. Bundan sonraki süreçte süte starter kültür, kalsiyum klorür (CaCl_2) ve Peynir mayası (enzim) ekleme işlemleri yapılır.

Süt alımının başlaması ile birlikte karıştırıcıda çalıştırılmakta ve karıştırma işlemi peynir mayası ekleme işlemine kadar devam etmektedir. Sütün alımından, telemenin oluşup, karıştırıcılı teleme teknesine (finishing vat) indirilmesine kadar toplam 2,5 saat geçmekte, bunun sade 45 dakikasında mayalama işlemi nedeni ile karıştırıcı durdurulmaktadır. Tank içindeki üretim basamaklarında elektrik ölçümleri yapılmış olup aşağıdaki formülle tüketilen güç hesaplanmıştır. Toplamda 2,5 saatte tank için harcanan elektrik tüketimi 3,55 KW olarak ölçülmüştür Tablo 4.16’da verilmiştir.

$P = U \cdot I$ (Denklem 4.4'e göre hesaplama yapılmıştır)

P : güç (W)

U: Gerilim (V) 380 volt sanayi gerilimi alınmıştır.

I : Amper

P/1000: kW

Tablo 4. 16: Proses Tankı Elektrik Enerjisi Tüketimi

| İşlem basamakları | Dakika | | Akım (Amper) | | | P (güç) kW | | | Toplam GÜÇ (kW) |
|---|--------|--------------------------------------|--------------|------|-------|------------|------|------|-----------------|
| | | | L1 | L2 | L3 | P1 | P2 | P3 | Ptoplam |
| Süt alımdan mayalamaya kadar geçen süre | 45 | Karıştırıcı çalışıyor | 1,1 | 1,3 | 1,4 | 0,31 | 0,37 | 0,40 | 1,08 |
| Mayalama süresi | 45 | Karıştırıcı kapalı | | | | | | | |
| Kırım | 25 | Karıştırıcı çalışıyor | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 0,19 | 0,21 | 0,21 | 0,60 |
| Peynir altı suyu alma (PAS) | 10 | Karıştırıcı ve pas pompası çalışıyor | 6,115 | 6,19 | 6,075 | 0,39 | 0,39 | 0,38 | 1,16 |
| Tankta telemenin ısıtılması | 10 | Karıştırıcı çalışıyor | 1,3 | 1,3 | 1,05 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,23 |
| Telemenin indirilmesi | 15 | Karıştırıcı çalışıyor | 1,875 | 1,8 | 1,275 | 0,18 | 0,17 | 0,12 | 0,47 |

4.2.4.1 Karıştırıcılı teleme teknesi (Finishing Vat) ve salamura havuzu

Tanktan karıştırıcılı teleme teknesi (finishing vat) teleme aktarıldıktan sonra telemenin karıştırılması sureti ile suyunun atılması sağlanmaktadır. 2,5 saat süren bu işlem için; P=7,5 KWh enerji harcanmaktadır.

Ayrıca peynirin alındığı ve yaklaşık 60 dakika beklediği salamura havuzu devir daim pompasının (Tablo 4.17) gücü ise aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

Tablo 4. 17: Salamura Havuzu Pompası Elektrik Ölçümü

| Salamura havuzu pompası (amper) | | |
|---------------------------------|-----|------|
| L1 | L2 | L3 |
| 8,5 | 8,4 | 8,7 |
| 8,6 | 8,7 | 8,7 |
| 8,4 | 8,7 | 8,2 |
| ORTALAMA | | 8,54 |

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos \theta \text{ (Denklem 4.1'e göre hesaplama yapılmıştır)}$$

$$P_{pompa} = \sqrt{3} * 380 * 8,54 * 1 * 0,88 / 1000$$

$$P_{pompa} = 4,94 \text{ kW}$$

4.2.4.2 Kaşar peyniri Haşlama ve gramajlama işlemi

4.2.4.2.1 Buhar tüketimi

İstenilen kimyasal değerlere gelmiş olan teleme (pH: 5,50 Kurumadde: 52), haşlama makinesine helezonlu taşıma sistemi (deveboynu) ile aktarılmaktadır.

Üretim reçetesine göre girdileri eklenen teleme, haşlama makinesi içerisine buhar verilmek sureti ile $72 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de 10 dakika haşlama işlemine tabi tutulur. Pişirme işlemi sırasında ölçülen değerler Tablo 4.18'de verilmiştir.

Tablo 4. 18: Teleme Haşlama Sırasında Ölçülen Buhar Ve Ürün Sıcaklıkları

| | |
|---|-----|
| Telem sıcaklığı ($^\circ\text{C}$) | 32 |
| Ürün miktarı (kg) | 250 |
| Buhar sıcaklığı ($^\circ\text{C}$) | 125 |
| Son ürün sıcaklığı ($^\circ\text{C}$) | 71 |
| Kondens sıcaklığı ($^\circ\text{C}$) | 90 |
| Haşlama süresi (dk) | 10 |

$$W_s * (h_s - C_{pc} * T_2) = W_p * C_p * (T_2 - T_1) \quad (\text{Denklem 4.6})$$

W_s : buhar akış hızı (kg/saat)

W_p : ürün akış hızı (kg/saat)

C_p : ürünün spesifik ısısı (kJ/kg.K)

T_1 : ürünün başlangıç sıcaklığı

T_2 : ürünün son sıcaklığı

H_s : buharın entalpisi (kJ/kg), sabit basınçta

C_{pc} : Kondensin spesifik ısısı (kJ/kg)

Öncelikle peynirin % km, %yağ ve % nem içeriğine (Tablo 4.19) göre C_p 'si Denklem 4.7 kullanılarak hesaplanmıştır (Özkan, 2019). Ardından Denklem 4.6 kullanılarak 3,5 bar basınçta ne kadar buhar kullanılacağına hesabı yapılmıştır (Prabhakar ve diğ. 2015).

$$C_p=1,67472_{my}+0,83736_{myk}d+4,1868_{ms}) \quad (\text{Denklem 4.7})$$

C_p : Önemli miktarda yağ içeren gıdanın donma noktasındaki özgül ısısı (kJ/kg.K)

M_y : Gıdadaki yağın kütle fraksiyonu

M_{ydk} : Gıdadaki yağ dışındaki kayı maddelerin kütle fraksiyonu

M_s : Gıdadaki suyun kütle fraksiyonu

Tablo 4. 19: Peynirin Kimyasal Değerleri

| Peynirin kimyasal değerleri | | | |
|-----------------------------|-------|-------|-------|
| % KM | % Yağ | % YKM | % Nem |
| 52,93 | 26,66 | 26,27 | 47,07 |

$$C_p \text{ kaşar peyniri: } 1,67472*0,2666+0,83736*0,2627+4,1868*0,4707$$

$$C_p \text{ kaşar peyniri: } 2,6371 \text{ kJ/kgK}$$

$$W_s*(h_s-C_{pc}*T_2)=W_p*C_p*((T_2-T_1)$$

$$H_s:2743,52 \text{ kJ/kg (3,5 bar)}$$

$$C_{pc}:4,22 \text{ kJ/kgK}$$

$$W_s*(2743,52-(4,22*71))=1500*2,6371*(71-32)$$

$$W_s: 63,08 \text{ kg/saat (1500 kg ürün için gerekli buhar)}$$

4.2.4.2.2 Elektrik tüketimi

Elektrik ölçümleri haşlama makinesinde (Tablo 4.20), ürün aktarma makinesi (Tablo 4.21) ve gramajlama makinesinde (Tablo 4.22) ayrı ayrı panodan yapılmıştır. Hesaplamalar aşağıdaki formül kullanılarak yapılmış olup, Sonuçlar tek tablo halinde Tablo 4.23’de verilmiştir. $P= U*I$ Denklem 4.4’e göre hesaplama yapılmıştır.

P : güç (W)

U: Gerilim (V)

I : Amper

P/1000: kW

$P_{\text{Toplam}}=PL1+PL2+PL3$

Tablo 4. 20: Haşlama Makinesi Elektrik Ölçümleri

| Peynir haşlama makinesi | | | |
|--------------------------------|------------------|-------------|-------------|
| | Amper (i) | | |
| | L1 | L2 | L3 |
| 1. ölçüm | 3,7 | 3,8 | 3,7 |
| | 4,8 | 4,7 | 4,4 |
| | 4,5 | 4,4 | 4,4 |
| | 4,2 | 4 | 4 |
| 2. ölçüm | 3,5 | 3,6 | 3,4 |
| | 3,2 | 3,2 | 2,9 |
| | 3,9 | 3,6 | 3,6 |
| Ortalama | 3,97 | 3,90 | 3,77 |

Tablo 4. 21: Ürün Aktarma Pompası Elektrik Ölçümleri

| Ürün aktarma panosu (Amper) | | | |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | L1 | L2 | L3 |
| 1. ölçüm | 1,1 | 0,8 | 0,7 |
| 2. ölçüm | 1,12 | 1,05 | 1,12 |
| Ortalama | 1,11 | 0,93 | 0,91 |

Tablo 4. 22: Gramajlama Makinesi Elektrik Ölçümleri

| Gramajlama makinesi (Amper) | | | |
|------------------------------------|------------|-------------|-------------|
| | L1 | L2 | L3 |
| 1. ölçüm | 2,5 | 1,7 | 1,5 |
| 2. ölçüm | 2,5 | 1,6 | 1,4 |
| Ortalama | 2,5 | 1,65 | 1,45 |

Tablo 4. 23: Kaşar Peyniri Haşlama ve Gramajlama Sırasında Çekilen Güç

| | Güç hesabı (kW) |
|-------------------------|------------------------|
| Peynir haşlama makinesi | 4,42 |
| Ürün aktarma panosu | 1,12 |
| Gramajlama makinesi | 2,13 |

4.2.5 Üretim alanı havalandırma ve kurutma odaları

Kaşar peyniri ünitesine bağlı ayrı havalandırma sistemi bulunmaktadır. Bu havalandırma sistemine ayrıca kaşar peyniri kurutma odaları da dâhildir.

Havalandırma ve kurutma odaları için iki ayrı elektrik panosu mevcut olup, iki panodan da ölçümler yapılmış (Tablo 4.24) ve formüle göre güç miktarı hesaplanmıştır. $P= U \cdot I$ Denklem 4.4'ten yararlanılmıştır.

P : güç (W)
U: Gerilim (V)
I : Amper
P/1000: kW
PToplam=PL1+PL2+PL3

Tablo 4. 24: Havalandırma Ünitesi Elektrik Tüketim Ölçümleri

| Paketleme+ Kurutma 1 | | |
|----------------------|------|------|
| L1 | L2 | L3 |
| 21,4 | 21,6 | 20,5 |
| Kurutma 2 | | |
| L1 | L2 | L3 |
| 18,9 | 21,4 | 20,3 |

$$P_{\text{toplam}} = ((380 \cdot 21,4 + 380 \cdot 21,6 + 380 \cdot 20,5) + (380 \cdot 18,9 + 380 \cdot 21,4 + 380 \cdot 20,3)) / 1000$$

$$P_{\text{toplam}} = 24,13 + 23,02 = 47,15 \text{ kW}$$

30000 L süttten 3055 kg peynir elde edilmektedir. Saatte 47,15 kW tüketim yapılıyorsa, 3055 kg için 20 saatte: $47,15 \cdot 10 = 943 \text{ kW}$ ise,

1 kg peynir için 0,3 kW tüketim gerçekleşir.

Havalandırma ünitesine bağlı ayrıca 4 adet $P = 1,1 \text{ kW}$ güce sahip, emiş pompası bulunmaktadır. Buna göre;

$$P_{\text{güç emiş}} = 4 \cdot 1,1 = 4,4 \text{ kW}$$

$$10 \text{ saatte} : 4,4 \cdot 10 = 44 \text{ kW}$$

1 kg peynir için: 0,0144 kW güç çekilir.

4.2.6 CIP işlemleri

Pastörizasyon CIP ünitesinden CIP yapılan objeler;

- Pastörizatör ünitesi,
- Pastörize süt tankları,
- Kaşar peyniri proses tankıdır.

Çiğ süt tankı Çiğ Süt CIP ünitesinden CIP yapılmaktadır. Tablo 4.25’de elektrik ve buhar tüketimleri verilmiştir.

Pastörizatör için CIP işlemi 2 saat sürmekte olup;

Pastörize ünitesi CIP işlemi sırasında elektrik tüketimi saatte 55 kW olarak alınmıştır. Bağlı olduğu CIP ünitesi saatte 17 kW elektrik tüketmektedir.

$P_{\text{toplam}}: (17+55)*2=144 \text{ kW}$ (2 saatte çekilen güç)

Tablo 4. 25: CIP İşlemleri Sırasında Tüketilen Elektrik Enerjisi

| CIP yapılan obje | Süt miktarı | Elektrik tüketimi (kW) | Buhar Tüketimi (kg) |
|-------------------------------------|-------------|------------------------|---------------------|
| Pastörizatör CIP | 30000 | 144 | 1675 |
| Çiğ süt tankı CIP | 30000 | 6,12 | 400 |
| Pastörize süt tankı | 30000 | 17 | 400 |
| Kaşar peyniri proses tankı ve hattı | 30000 | 17 | 400 |

4.2.7 Paketleme makineleri

Kurutma işlemi tamamlanan peynirler, paketleme alanına alınarak vakum paketleme makinesinde paketleme işlemi yapılır.

Paketleme makinesinde, folyo açma, vakum yapma, folyo yapıştırma şeklinde sıra ile giden işlemler olduğu için, makine içinde çalışan kısma göre geçen akım değişmektedir. Bundan dolayı akım değişimleri göz önüne alınarak aşağıdaki tablo 4.26'daki gibi ortalama bir değer çıkartılmış olup, hesaplamalar buna göre yapılmıştır.

Tablo 4. 26: Paketleme Makinesi Elektrik Ölçümleri

| Paketleme makinesi (Akım (Amper)) | | | |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | L1 | L2 | L3 |
| | 3,95 | 2,55 | 2,2 |
| | 7,87 | 6,25 | 8,4 |
| | 5,54 | 9,42 | 7,1 |
| | 3,43 | 3,39 | 5,2 |
| Ortalama | 5,20 | 5,40 | 5,73 |

$P= U*I$ (Denklem 4.4'e göre hesaplama yapılmıştır)

P : güç (W)

U: Gerilim (V)

I : Amper

$P/1000$: kW

$P_{\text{Toplam}}=PL1+PL2+PL3$

P_{toplam} : 6,20 kW olarak tespit edilmiştir.

4.2.8 Aydınlatma

Üretim ve paketleme alanında aydınlatma işlemi için 54 watt güce sahip 70 adet lamba bulunmaktadır.

Toplam güç;

$P_{\text{toplam}} = 54 \cdot 70 / 1000$

$P_{\text{toplam}} = 3,78 \text{ kW}$

3055 kg için 3,78 kW ise; 1 kg için 0,001237 kW

4.2.9 Arıtma tesisi elektrik enerjisi tüketim maliyeti

Firmaya ait arıtma tesisi bulunmakta olup, arıtma işlemi için gerekli elektrik enerjisi tüketimi, aylık olarak tesisin kendine ait elektrik sayacından okunarak maliyet hesabı yapılmaktadır. Sayaçtan aylık elektrik tüketim miktarı: 53.549 kW olarak okunmuştur. Fabrikaya ortalama aylık 20.000.000 L süt geldiği düşünüldüğünde 1 litre süt için arıtma tesisi elektrik maliyeti 0,0026 kW olarak hesaplanmıştır. 1 kg eritme peynirinin 9,82 L süttten yapıldığı düşünüldüğünde;

$P = 0,0263 \text{ kW}$ elektrik tüketimi/ 9,82 litre süt için hesaplanmıştır.

5. BULGULAR

Toplam 1 kg eritme peyniri için üretim aşamalarında kullanılan ekipmanlar ve bunların kullanımına bağlı olarak meydana gelen elektrik, buhar ve su maliyeti tablosu tablo 5.1’de verilmiştir. Ayrıca üretim aşamalarında kullanılmasına rağmen bazı ekipmanlarda ölçüm yapılamamıştır. Bu ekipmanlar için ayrıca teorik maliyet hesabı çıkarılmıştır. (Tablo 5.2)

Tablo 5.2’de 30 ton süt işlenmesi sonucunda 1 kg eritme peyniri elde edilmesine kadar geçen süreçte elektrik ve buhar maliyetleri çıkarılmıştır. 1 kg eritme peyniri için 0,25 TL elektrik maliyeti oluşurken, 0,31 TL buhar maliyeti oluşmuştur İşletme içerisinde kullanılan su işletme tarafından çıkarıldığı için, su ekstra maliyet oluşturmamaktadır. Ancak amonyak ile soğutulmuş olan suya ait enerji maliyeti çıkarılmış olup 0,02 TL enerji maliyetine sahip olduğu hesaplanmıştır.

Fabrikanın maliyet muhasebesi sisteminden 1 kg eritme peyniri için hesaplanan teorik maliyet alınmıştır. Buradan; Sistemde görünen, ölçülebilen ve ölçülebilen +teorik hesaplanan enerji maliyetleri karşılaştırılmıştır (Tablo 5.3). İşletmenin maliyet muhasebesi sistemindeki teorik kg eritme peyniri maliyeti 0.75 TL/kg eritme peyniri iken, ölçülen değer 0,57 TL’dir. Bu değer teorik maliyetten daha düşük çıkma sebeplerinden biri soğutma suyu maliyetinin hesaplanamamış olmasıdır.

Üretim aşamalarında soğutma suyu dışında ölçülemeyen ve teorik olarak hesaplanan; tankta sütün ısıtılması ve haşlama makinesi ile salamura havuzu CIP işlemleridir. Soğutma suyu ile birlikte bu ekipmanlara CIP işlemi sırasında kullanılan elektrik, buhar da dahil edilince, bunlara ait 0,45 TL’lik maliyet ortaya çıkmıştır. Bu maliyeti ölçülebilen maliyete dahil ettiğimizde 1 kg eritme peyniri için 1,02 TL enerji maliyetinin oluştuğunu ve bu maliyetin ise toplam maliyetin %4,86’lık kısmını oluşturduğu Tablo 5.3’te detaylı olarak görülmektedir.

Tablo 5. 1: Genel Enerji Maliyeti Tablosu

| Enerji maliyeti tablosu | | | | | | 9,82 l süt için | | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
| Ünite | Ekipman | İşlenen süt (l) veya kg peynir | Harcanan güç (kW) | Harcanan buhar (kg) | Harcanan soğuk su (kg) | Harcanan güç (kW) | Harcanan buhar (kg) | Harcanan soğuk su (kg) | Harcanan soğuk su (kW) |
| Süt alım işlemi | Süt alım pompası | 25.000 | 7,88 | | | 0,0031 | | | |
| | Klarifikatör | 25.000 | 20,39 | | | 0,0080 | | | |
| | Plakalı ısı değtirci | 25.000 | | | 53.237 | | | 20,91 | 0,01 |
| Cıp işlemi | Cıp ünitesi | 30.000 | 6,12 | 400 | | 0,0020 | 0,13 | | |
| | Klarifikatör | 30.000 | 19,89 | | | 0,0065 | | | |
| | Süt alımpompası | 30.000 | 8,56 | | | 0,0028 | | | |
| | Kamyon cıp işlemi | 30.000 | 6,12 | 400 | | 0,0020 | 0,13 | | |
| Pastörizasyon ünitesi hazırlık | Üretim hazırlık | 30.000 | 54,56 | 2257 | 59472 | 0,0179 | 0,74 | 19,47 | 0,01 |
| | Seperatör | 30.000 | 18,3 | | | 0,0060 | | | |
| | Baktöfugatör | 30.000 | 19,57 | | | 0,0064 | | | |
| Pastörizasyon üretim aşaması | Üretim | 30.000 | 38,35 | | | 0,0126 | 0,00 | | |
| | Seperatör | 30.000 | 19,33 | | | 0,0063 | | | |
| | Baktöfugatör | 30.000 | 20,3 | | | 0,0066 | | | |
| | Çiğ süt vana tarlası | 30.000 | 0,15 | | | 0,0000 | | | |
| | Pastörize süt vana tarlası | 30.000 | 0,19 | | | 0,0001 | | | |
| | Çiğ süt depolama tankı | 30.000 | 2,73 | | | 0,0009 | | | |
| | Çiğ süt ürün pompası | 30.000 | 5,5 | | | 0,0018 | | | |
| | Pastörize süt depolama tankı | 30.000 | 8,18 | | | 0,0027 | | | |
| | Pastörize süt ürün pompası | 30.000 | 5,5 | | | 0,0018 | | | |
| | Plakalı ısı değtirci | 30.000 | | 2257 | 59472 | 0,0000 | 0,74 | 19,47 | 0,01 |
| | Plakalı ısı değtirci | 25.000 | | 1065,7 | | | 0,42 | | |
| Prosese gönderme işlemi | Pompa | 25.000 | 2,8 | | | 0,0011 | | | |
| Üretim | Proses tankı | 15.000 | 3,55 | | | 0,0023 | | | |
| | Finishing vat | 15.000 | 7,5 | | | 0,0049 | | | |
| | Salamura havuzu pompası | 250 | 4,94 | | | 0,0198 | | | |
| | Peynir haşlama makinesi, buhar | 1.500 | | 63,08 | | | 0,04 | | |
| | Peynir haşlama makinesi, elektrik | 250 | 4,42 | | | 0,0177 | | | |
| | Ürün aktarma panosu | 250 | 1,12 | | | 0,0045 | | | |
| | Gramajlama makinesi | 250 | 2,13 | | | 0,0085 | | | |
| | Kurutma odaları | 1 | 0,31 | | | 0,3087 | | | |
| | Havalandırma emiş pompası | 1 | 0,01 | | | 0,0144 | | | |
| | Paketleme işlemi | 1.260 | 6,20 | | | 0,0049 | | | |
| | Aydınlatma | 1 | 0,00 | | | 0,0012 | | | |
| Cıp işlemi | Pastörizatör cıp | 30.000 | 144 | 1675 | | 0,0471 | 0,55 | | |
| | Çiğ süt tankı cıp | 30.000 | 6,12 | 400 | | 0,0020 | 0,12 | | |
| | Pastörize süt tankı | 30.000 | 17 | 400 | | 0,0056 | 0,12 | | |
| | Kaşar peyniri proses tankı ve hattı | 30.000 | 17 | 400 | | 0,0056 | 0,12 | | |
| Aritma | Aritma maliyeti | 1 | 0,003 | | | 0,0263 | | | |
| | | | | | Toplam | 0,56 | 3,12 | 59,85 | 0,03 |
| | | | | | Birim fiyat(TL) | 0,44 | 0,098 | 0,00 | 0,44 |
| | | | | | Maliyet(TL) | 0,25 | 0,31 | 0,00 | 0,02 |
| | | | | | Toplam maliyeti (TL) | 0,57 | | | |

Tablo 5. 2: Teorik Olarak Hesaplanan Enerji Maliyeti Tablosu

| Enerji Maliyeti Tablosu (TEORİK MALİYETLER) | | | | | | 9,82 L süt için | | |
|---|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------|------------------------|-------------------|---------------------|------------------------|
| Ünite | Ekipman | İşlenen süt (L) veya kg peynir | Harcanan güç (kW) | Harcanan buhar (kg) | Harcanan soğuk su (kg) | Harcanan güç (kW) | Harcanan buhar (kg) | Harcanan soğuk su (kg) |
| Cıp | Salamura havuzu cıp | 250 | 4,94 | 400 | | 0,0198 | 1,60 | |
| Cıp | Peynir haşlama makinesi, elektrik | 1500 | 4,42 | 200 | | 0,0029 | 0,13 | |
| Üretim | Proses tankında sütün ısıtılması | 15000 | | 2,63 | | | 0,0002 | |
| Süt alım ünitesi | Plakalı ısı değtirci | 25.000 | | | 53.237 | | | 20,91 |
| Pastörizasyon ünitesi | Üretim hazırlık | 30000 | | | 59472 | 0,0000 | 0,00 | 19,47 |
| | Plakalı ısı değtirci | 30000 | | | 59472 | 0,0000 | 0,00 | 19,47 |
| TOPLAM | | | | | | 0,02 | 1,73 | 59,85 |
| Birim fiyat (TL) | | | | | | 0,44 | 0,098 | 0,0045 |
| Maliyet | | | | | | 0,01 | 0,17 | 0,27 |
| Toplam maliyet (TL) | | | | | | 0,45 | | |

Tablo 5. 3: Sistemde Görünen ve Ölçülen Maliyet

| Sistemde görünen maliyet (TL) | | | Ölçülen maliyet (TL) | | | Ölçülen maliyet + Teorik hesaplanan maliyet(TL) | | |
|-------------------------------|--------------|-------------|----------------------------|--------------|-------------|---|--------------|-------------|
| Girdiler | Maliyet (TL) | % dağılım | Girdiler | Maliyet (TL) | % dağılım | Girdiler | Maliyet (TL) | % dağılım |
| Hammadde (süt) | 15,76 | 76,28 | Hammadde (süt) | 15,76 | 76,96 | Hammadde (süt) | 15,76 | 75,31 |
| Yardımcı malzeme | 0,71 | 3,44 | Yardımcı malzeme | 0,71 | 3,47 | Yardımcı malzeme | 0,71 | 3,39 |
| Ambalaj malzemesi | 0,37 | 1,79 | Ambalaj malzemesi | 0,37 | 1,81 | Ambalaj malzemesi | 0,37 | 1,77 |
| ENERJİ | 0,75 | 3,63 | ENERJİ | 0,57 | 2,77 | ENERJİ | 1,02 | 4,86 |
| Direkt işçilik | 0,99 | 4,79 | Direkt işçilik | 0,99 | 4,83 | Direkt işçilik | 0,99 | 4,73 |
| Amortisman | 0,61 | 2,95 | Amortisman | 0,61 | 2,98 | Amortisman | 0,61 | 2,91 |
| GUG | 1,47 | 7,12 | GUG | 1,47 | 7,18 | GUG | 1,47 | 7,02 |
| Toplam maliyet (TL) | 20,66 | 100 | Toplam maliyet (TL) | 20,48 | 100 | Toplam maliyet (TL) | 20,93 | 100 |

İşletmede aylık 26 gün üzerinden; 30.000 L/gün ve 120.000L/gün işlenecek şekilde 2 farklı senaryoda yıllık elektrik ve buhar maliyeti için gerekli enerji maliyetleri çıkarılmıştır. (Tablo 5.4)

Tablo 5. 4: Üretim tonajına göre yıllık enerji maliyeti (TL)

| | 1. senaryo (30.000 L/gün) | 2. Senaryo (120.000 L/gün) |
|---------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Yıllık işlenen süt miktarı (L) | 9.360.000 | 37.440.000 |
| Randıman | 9,82 | 9,82 |
| Üretilen peynir miktarı (kg) | 953.157 | 3.812.627 |
| Elektrik enerjisi maliyeti (TL) | 235.720 | 1.000.476 |
| Buhar enerjisi maliyeti (TL) | 291.100 | 1.164.401 |
| Teorik maliyetler (TL) | 428.140 | 1.712.560 |
| Toplam Enerji maliyeti (TL) | 954.960 | 3.877.437 |

Toplam enerji maliyeti 30 ton/gün üretim için yıllık 954.960 TL olurken, 120ton/gün için yıllık 3.877.437 TL enerji tüketim maliyeti oluşmuştur.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak 1 kg eritme peynirinin toplam maliyeti 22,48 TL olarak tespit edilirken, toplam maliyet içerisinde ölçülüp hesaplanabilen enerji maliyetinin ise 0,57 TL olduğu tespit edilmiştir. Teorik maliyette 1 kg eritme peyniri için gerekli enerji maliyetinin 0,75 TL olduğu görülmüştür.

Hesaplamalar yapılırken soğutma suyu tüketim miktarının 24,8 L/ kg eritme peyniri olarak hesaplanmasına rağmen, soğutma suyu birim enerji maliyeti verisine ulaşamadığı için hesaplama yapılamamıştır. Teorik hesaplama yapabilmek adına Acıpayam Belediyesinin 2019 yılı 251 m³ üzeri su tüketen ticari yerler için su tarifesine bakılmış olup, 4,5 TL/m³ (KDV hariç) olarak su fiyatı alınmıştır.

Buna göre 24,8 L su için ödenmesi gereken ücret 0,11 TL olarak hesaplanmıştır.

Eritme peyniri proses tankında cidardan buhar ile ısıtma sistemi mevcut olup, 35°C’de oluşan teleme 40°C’ye kadar cidardan yaklaşık 10 dakika ısıtılmaktadır. Bu kısımda telemeyi ısıtmak için gerekli olan buhar miktarı, tank cidarından giren buharın ortama direk verilmesi sebebi ile ölçülememiştir. Bu nedenle bu prosese ait teorik hesap yapılmıştır. Ayrıca kaşar peyniri haşlama işleminde kullanılan haşlamam makinesi ve peynirin salamuraya alınması kısmında kullanılan salamura havuzunda CIP işlemleri teorik olarak hesaplanmıştır.

Soğutma suyu ve teorik olarak hesaplanan proses tankında ısıtma ve haşlama makinesi ve salamura havuzu CIP işlemleri maliyeti toplamı 0,45 TL olmaktadır.

Ölçülebilen ve teorik hesaplanan maliyetler toplamı 1,02 TL olarak hesaplanmıştır. Toplam üretim maliyeti 20,93 TL iken enerji maliyeti 1,02 TL ile toplam maliyetin % 4,86’sını oluşturmaktadır. Hammadde maliyetinden sonraki en büyük maliyet enerji maliyeti olmuştur.

2002 yılında konsantre meyve suyu fabrikasında yapılan bir çalışmada; 1 kg konsantre portakal suyu üretmek için işletme içerisinde; harcanan yakıttan, kullanılan

elektrik enerjisi, hammadde, ambalaj, işçilik ve pazarlamaya kadar olan maliyetler göz önünde bulundurularak yapılmış olan hesaplamada, portakal suyu konsantresi üretiminde enerji maliyeti payı %7,77 olarak belirlenmiştir. Pratik koşullarda ise bu değer %11,6 olarak belirlenmiştir (Çolak, 2002).

İki çalışma kıyaslandığında, Süt işletmesinde eritme peyniri üretim maliyeti içerisindeki enerji maliyeti % 4,86 iken, Portakal suyu konsantresi için % 11,6 olmuştur. Ayrıca iki çalışmada teorik maliyetlerin pratik maliyetlerden daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durum bize gerçek maliyetlerin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bunun sonucunda işletme kazancı düşmektedir.

İşletme içerisinde üretim sırasında görülen olumsuzluklar ve çözüm önerileri;

Proses tankında telemenin ısıtılması işleminde, normal şartlarda tank cidarına giren buharın, tanktan ayrılırken bir boru yardımı ile tekrar toplanarak buhar geri dönüş hattına geri verilmesi gerekmektedir. Bu kısımda buhar geri dönüşünü sağlayacak şekilde çalışma yapılması gerekmektedir.

Telemenin haşlanarak peynir haline getirilmesi aşamasında ürüne direkt buhar verme işlemi uygulanması nedeni ile bir miktar buhar ortama dağılmaktadır. Normal şartlarda bunun yerine kapalı sistem olan indirekt haşlama kullanılabilir; fakat direkt ve indirekt buhar vererek haşlama arasında yaklaşık 20 dakika kadar zaman farkı olması nedeni ile işletme tarafından tercih edilmemektedir. İndirekt yöntemde toplam üretim kapasitesinin azalması ile birlikte işçilik maliyetleri de artmaktadır. İndirekt buhar ile haşlama yönteminin süresinin kısaltılarak optimize edilmesi sağlanırsa, buhar kayıpları azalacağı için enerji maliyeti de azaltılabilecektir.

7. KAYNAKLAR

Ankara Üniversitesi Ders Notları, Açık ders, (28.06.2019)
https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/62008/mod_resource/content/0/10.%20hafta.pdf

Baskın, N., “Bir Soğuk Hava Deposunda Farklı Kontrol Yöntemlerinin Enerji Verimliliği Yönüyle Karşılaştırmalı Analizi” Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, BALIKESİR, (2017).

Bayraç N. H., Çildir, M., AB Yenilenebilir Enerji Politikalarının Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi, *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(5), 201-212, (2017).

Çengel, Y.A., Turner, R.H., Cimbala, J.M. *Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences*, New York: McGraw-Hill Companies, (2008).

Çetintaş, H., Bicil, M., Türköz, K., “Türkiye’de Enerji üretiminde Fosil Yakıt Kullanımı ve Co2 Emisyon İlişkisi: Bir Senaryo Analizi”, EconWord2017@Rome Proceedings,(2017).

Çevik, H.H., Çunkaş, M., “Daily Total Wind Energy Estimation by Using Weather Forecast of Wind Power Plant Sites”, *5th International Conference on Innovation in Science and Technology*, Barcelona Spain, (2018).

Çolak, N., Portakal Suyu Konsantresi Üreten Bir Tesiste Isı Ve Elektrik Enerjisi İhtiyacının Pratik Koşullarda Ve Teorik Olarak Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, DENİZLİ, (2002).

Erdal, L., “Enerji Arz Güvenliğini Etkileyen Faktörler ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Alternatifi” Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, AYDIN, (2011).

Geankopolis, C.J., Transport Processes and Separation Processes Principles, New jersey: Pearson Education, (2003).

Göçmen, E., “ Aydınlatma Aygıtlarının Enerji Verimliliği Ve Güç Kalitesine Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, KOCAELİ, (2014).

Gökoğlu, M., “ Enerji Verimliliği ve Tasarruf Çalışmaları”, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji ve Çevre Yönetimi, İSTANBUL, (2013).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Verimliliği, (10.05.2019),<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Anasayfa>

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Doğal Gaz, (09.05.2019) <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz>

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Verimliliği, (08.05.2019), <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Enerji-Verimliliği>

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Güneş, (10.05.2019) <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Jeotermal, (10.05.2019) <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal>

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Kömür, (08.05.2019) <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur>

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Nükleer Enerji, (08.05.2019) <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji>

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Petrol, (08.05.2019),
<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol>

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Rüzgar, (09.05.2019),
<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>

Küçükaya, E., Fosil Yakıtlar Nelerdir, (05.05.2019),
<https://www.enerjiportali.com/fosil-yakitlar-nelerdir/> (2017)

Koç, E., Kaya, K., “Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu”, Mühendis ve Makine, 56 (668), 36-47, (2015).

Maden Tetkik ve Arama, Kömür Nedir, (08.05.2019)
<https://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fSayfalar%2fK%C3%B6m%C3%BCr+Nedir-.pdf>

Özer, B., *Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi*, Şanlıurfa: Sidas Medya, (2006).

Papar, R., Harrell, G., Venkatesan, V., Endüstriyel Sistemlerde Optimizasyon-Buhar Sistemleri, YEGM, (2012).

Prabhakar, P.K., Srivastav, P.P., Murari, K., “Energy consumption during manufacturing of different dairy products in a commercial dairy plant: A case study” *Asian J. Dairy & Food Res.*, 34(2), 98-103(2015)

Saldamlı, İ., Saldamlı, E., Gıda Endüstrisi Makineleri, Ankara: Savaş Yayınları, (2004).

TEİAŞ, Türkiye Elektrik Üretim-İletim İstatistikleri, (30.06.2019)
<http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>

TEİAŞ, Türkiye Kurulu Güç ve Yıllar İtibariyle Değişimi, (06.06.2019)
<https://www.teias.gov.tr/tr/ii-turkiye-kurulu-gucunun-kullanim-degerleri-0>

Teknotext AB., *Dairy Processing Handbook*, Lund-Sweden: Tetra Pak Processing Systems AB, (1995).

Topal, M., Arslan, E.I., “Biyokütle Enerjisi ve Türkiye”, Vıı Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu-İstanbul (2008).

Üçüncü, M., *A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi*, İzmir: Meta Basım Matbacılık hizmetleri, (2008).

Üçüncü, M., *Süt ve Mamulleri Teknolojisi*, İzmir: Meta Basım Matbaacılık hizmetleri, (2010).

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sibel SARIKAYIŞ

Doğum Yeri ve Tarihi : 01.07.1987-KALE

Lisans Üniversite : Ege Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi
Gıda Mühendisliği Bölümü

Elektronik posta :sibelsarikayis@hotmail.com

İletişim Adresi :Aşağı Mah. 252 sok. No:3 Daire: 2
Acıpayam/DENİZLİ

Çalıştığı kurum : Aynes Gıda Sanayi ve Tic. AŞ
Fermente Ürünler Yönetmeni