

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORTA ÖLÇEKLİ BİR ÇİĞ SÜT İŞLEME TESİSİNDE ÜRETİM VERİMLİLİĞİNİN
BELİRLENMESİ AMACIYLA ÜRETİM AŞAMALARINDAKİ ISI VE KÜTLE
DENKLİKLERİNİN HESAPLANMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Yasin ÖZDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Bu tez 12.02.2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Şefik KURULTAY
(Danışman)

Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU

Yard. Doç. Bilal BİLGİN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ORTA ÖLÇEKLİ BİR ÇİĞ SÜT İŞLEME TESİSİNDE ÜRETİM VERİMLİLİĞİNİN
BELİRLENMESİ AMACIYLA ÜRETİM AŞAMALARINDAKİ ISI VE KÜTLE
DENKLİKLERİNİN HESAPLANMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

YASİN ÖZDEMİR

Trakya Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Aralık 2006, 81 sayfa

Gerek enerji kaynaklarının giderek tükenmesi, gerekse üretim proseslerinde harcanan enerjinin büyük maliyet kalemlerine tekabül etmesi, enerjiyi en verimli şekilde kullanmayı önemli kılmaktadır. Ayrıca sızma, damlama, buharlaşma, yanma, hatalı üretim gibi birçok nedenden dolayı ısıtma akışkanı, ham madde ve üründe kayıplar meydana gelmektedir. Önemsiz gibi görünen bu kayıpların, üretici firmalara getirdiği yıllık maliyetler ise büyük miktarlara ulaşabilmektedir. Enerjinin dikkatsiz ve verimsiz kullanılmasının ve yanlış üretim sistemlerinin getirebileceği fazla maliyetlerin tespiti amacıyla bu çalışmada, yılda 1350 ton çiğ süt işleyerek yarım yağlı yoğurt ve yarım yağlı ayran üreten bir tesiste üretim hattı boyunca meydana gelen ısı ve kütle değişimleri denklıklar kullanılarak açıklanmaya çalışılmış, gerçekte meydana gelen enerji tüketimi ile teorikte gerekli olan enerji miktarı arasında bulunabilecek farklılıklar ortaya konularak, verimliliği arttırmak amacıyla çözüm önerileri sunulmuştur.

Tesis içinde üretimde kullanılmadan atılan süt buharının içerdiği enerji, pastörizasyonda kullanılan toplam buhar enerjisinin %64,97'si kadardır. Fermantasyon odasının ısıtılması için harcanan enerjiden ise 19 kat kadar büyük olduğu, pastörizasyon işleminde toplu ısı transfer katsayısının $340 \text{ j m}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ($59,88 \text{ Btu ft}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{F}^{-1}$) olduğu belirlenmiştir. Ayrıca pastörizasyon işleminde ısı verimliliğinin %44,37, soğuk hava deposundaki soğutma etkinliği oranının 2,91 olduğu, fermantasyon odası için ısıtma veriminin ise %22 gibi düşük bir değer olduğu anlaşılmıştır. Soğuk hava ve fermantasyon odalarının duvar ve tavan yalıtımının $2,45 \text{ m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C W}^{-1}$ ısı dirence sahip 90 mm kalınlığında cam yünü kullanılarak yapılması durumunda, yalıtımsız duruma kıyasla gerek fermantasyon odasında, gerekse soğuk hava deposunda %50,30 civarında ısı tasarrufu sağlanabileceği belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Temel işlemler, Enerji denklığı, Enerji verimliliği, Üretim verimliliği, Isı transferi, Kütle denklığı, Süt işletmesi

ABSTRACT

M. SC. THESIS

A RESEARCH ON CALCULATION OF HEAT AND MATERIAL BALANCES
THROUGH THE PROCESS LINE OF A MEDIUM SIZED DAIRY PLANT TO
DETERMINE PRODUCTIVITY

YASİN ÖZDEMİR

Trakya University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

December 2006, 81 pages

The distinction of energy sources and high amounts of energy spent in the production processes requires the consumption of energy in the most effective way. Leakage, dripping, evaporation, burning, malfunction in manufacturing processes to losses in raw material and product. These losses can be seen as trivial, but the annual cost can be in great amounts. In this study, the exceeded costs resulting from careless and ineffective usage of energy in a plant which processes 1,350 tons of raw milk per year and produce low-fat yoghurt and low-fat ayran is calculated by the help of heat and material balances. The differences between the ideal and practical energy consumption values were obtained. Thus, solution proposals were explained in order to increase efficiency.

The energy of unprocessed milk vapor was 64,97 % of total steam energy. This energy value is 19 times higher than the energy needed for heating fermentation room. Total heat transfer coefficient was determined as $340 \text{ j m}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ($59,88 \text{ Btu ft}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{F}^{-1}$). Furthermore, the heat efficiency in pasteurization process is found as 44,37 %, cooling efficiency ratio of chilling room is 2,91 and the heat efficiency of fermentation room is 22 %, which is very low. In the case of isolating the wall and ceiling with 90 mm thick glass wool with $2,45 \text{ m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C W}^{-1}$ heat resistance, both in fermentation room and cold storage room an energy saving about 50,30 % can be obtained.

KEYWORDS: Unit operations, Energy balance, Energy efficiency, Heat transfer, Productivity, Material balance, Dairy plant

ÖNSÖZ

Ülkemizdeki küçük işletmelerin birçoğu mühendislik hesaplamalarından, bilimsel verilerden ve teknolojiden uzak olarak çalışmaktadır. Tez çalışmam çerçevesinde; bu gibi küçük bir işletmeye ait üretim verimliliğini belirlemek, mühendislik hesaplamalarına dayanılarak, eski üretim yöntemlerinde yapılacak küçük değişiklikler ile enerji kullanımındaki verim artış düzeyini ve aynı zamanda üründe sağlanabilecek muhtemel kalite artışlarını tespit edilmek istenmiştir. Bu araştırmadan elde edilen sonuçlara dayalı olarak, bilimsel verilere dayanılarak hareket edilmesi durumunda; standart ve yüksek kalitede ürünün daha az iş gücü kullanılarak, daha kısa sürede üretilebileceği ve aynı zamanda, sanayi için peşin para olarak adlandırılabilen, enerjiden tasarruf sağlanarak, üretimin daha karlı bir hale getirilebileceği görülmüştür.

Çalışmam süresince, bana işletmelerini açan ve bilgilerini çekinmeden paylaşan Özlem Süt Mamulleri LTD ŞTİ sahibi Sayın Muhammed BAYRAM'a ve çalışanlarına, yüksek lisans eğitimim boyunca her konuda yardımını gördüğüm, değerli bilgi ve fikirlerinden istifade ettiğim danışman hocam Sayın Doç. Dr. Şefik KURULTAY'a, çalışmalarım sırasında desteklerini ve dostluklarını esirgemeyen mesai arkadaşlarıma, yüksek lisans eğitimime başlamama beni teşvik eden değerli mesai arkadaşım, ağabeyim Sayın Pasin AKBULUT'a, her zaman bana çalışma hırsı veren kadim dostum, sıra arkadaşım Sayın E. Olcay SAYIN'a ve aileme sonsuz şükranlarımı sunar, çalışmamın küçük ve orta ölçekli süt işletmecilerine ve enerji tasarrufu çalışmasında bulunan araştırmacılara faydalı olmasını dilerim.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
2.1. Çift Cidarlı Kazanda Pastörizasyon	6
2.2. Vakum Evaporasyon	8
2.3. Diskli Separatör ile Krema Separasyonu	10
2.4. Homojenizasyon	12
3. MATERYAL VE METOD	14
3.1. Materyal	14
3.1.1. Araştırma yeri ve özellikleri	14
3.1.2. Süt materyali	15
3.1.3. Starter kültür materyali	16
3.1.4. Su materyali	16
3.1.5. Enerji materyalleri	16
3.1.6. Ambalaj materyali	16
3.1.7. Araştırmada kullanılan araç ve gereçler	17
3.2. Metot	18
3.2.1 Üretim Aşamaları	18
3.2.1.1. Çiğ sütün kabulü ve süzülmesi	18
3.2.1.2. Pastörizasyon	18
3.2.1.3. Evaporasyon	19
3.2.1.4. Fermantasyon Sıcaklığına Soğutma	21
3.2.1.5. Kremanın ayrılması	21
3.2.1.6. Homojenizasyon	22
3.2.1.7. Fermantasyon	23
3.2.1.8. Soğuk Havada Depolama	24
3.2.2. Araştırma planı	24
3.2.3. Sıcaklık, pH, debi, sütte kuru madde ve basınç ölçülmesi	25
3.2.4. Enerji tüketimlerinin ölçülmesi	25
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	26
4.1. Pastörizasyon ve Soğutma ile İlgili Bulgular	26
4.2. Evaporasyon ile İlgili Bulgular	32
4.3. Krema Separasyonu ile İlgili Bulgular	35
4.4. Fermantasyon Odası ile İlgili Bulgular	37
4.5. Soğuk Hava Deposu İle İlgili Bulgular	41
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	46
5.1. Sütün Pastörizasyonu ve Soğutulması ile İlgili Sonuçlar	46
5.2. Evaporasyon ile İlgili Sonuçlar	49
5.3. Krema Ayrılması ile İlgili Sonuçlar	52
5.4. Homojenizasyon ile İlgili Sonuçlar	54
5.5. Fermantasyon Odası ve Soğuk Hava Deposu ile İlgili Sonuçlar	55
6. ÖNERİLER	57
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	69
EKLER	70

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 2.2. Yoğurturucu çeşitleri	9
Çizelge 2.4. Homojenizasyonun süt içindeki yağ damlacıklarına etkisi	13
Çizelge 3.1.1. Yıllık üretim kapasitesi	15
Çizelge 3.1.2. Fiili üretim miktarı	15
Çizelge 3.1.3. Tam kapasite için yıllık tüketilen ana, yardımcı ve ambalaj malzemesi	15
Çizelge 3.1.4. Personel durumu	15
Çizelge 3.1.5. Elektrik enerjisinin kullandığı araçlar ve yerler	16
Çizelge 3.1.7. Araştırmada kullanılan araç ve gereçler	17
Çizelge 4.1.1. Pastörizasyon ve soğutma işlemi boyunca süt sıcaklığının zamanla değişimi	28
Çizelge 4.1.2. Pastörizasyon sonrası sütün fermantasyon sıcaklığına sırasında soğutma suyu sıcaklığının zamanla değişimi	31
Çizelge 5.1.1. Çift cidarlı kazanlardaki toplu ısı transfer kat sayıları	47
Çizelge 5.1.2. İşletmedeki pastörizasyon işlemi ile ilgili bulgular	48
Çizelge 5.2.1. Evaporatör sistemlerinde farklı yöntemler kullanılarak sağlanabilecek enerji tasarrufları	50
Çizelge 5.2.2. İşletmedeki evaporasyon sistemi ile ilgili bulgular	51
Çizelge 5.3. İşletmedeki süt krema standardizasyonu ile ilgili bulgular	53
Çizelge 5.5.1. Fermantasyon odası için ısı kayıplarının belirlenmesi	55
Çizelge 5.5.2. Soğuk hava deposu için ısı kayıplarının belirlenmesi	56

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. İdeal bir çift cidarlı ve karıştırılmalı kazanın yapısı	6
Şekil 2.2. Karşıt akışlı yüzey tip borulu yoğuşturucu	9
Şekil 2.3. Diskli santrifüj separatörün yapısı ve çalışması	11
Şekil 3.1.1. Fabrika Krokisi	14
Şekil 3.2.1.2. İşletmede bulunan çift cidarlı karıştırılmalı kazanın görünümü	19
Şekil 3.2.1.3. İşletmede bulunan vakum evaporatörün görünümü	20
Şekil 3.2.1.5. İşletmede bulunan diskli separatörün görünümü	22
Şekil 3.2.1.6. İşletmede bulunan tek kademeli ve pistonlu homojenizatörün görünümü	22
Şekil 3.2.1.7. İşletmenin fermantasyon odasının görünümü	23
Şekil 4.1.1. Pastörizasyon işleminde kütle ve enerji giriş çıkışları	26
Şekil 4.1.2. Soğutma işleminde kazana kütle ve enerji giriş çıkışları	30
Şekil 4.2.1. Evaporasyon işlemi kütle giriş çıkışları	32
Şekil 4.2.2. Yoğuşturucuda enerji ve kütle giriş çıkışları	33
Şekil 4.3. Krema ayrılması işlemindeki süt akışları	35
Şekil 4.4. İzolasyonsuz ve izolasyonlu durumlardaki dirençlerin gösterimi	37
Şekil 5.1. Karıştırıcının iki farklı konumda yerleştirildiği şaşırtmasız tank içerisindeki sıvı hareketi	46
Şekil 5.3. Tam otomatik krema ve süt standardizasyon sistemi	52
Şekil 5.4. Tek ve iki kademeli homojenizasyon sistemleri	54
Şekil 6.1. İdeal karıştırılmalı kazan ölçüleri	60
Şekil 6.2. Tek ve çift kademeli homojenizasyonun, yağ damlacıkları üzerine olan etkisinin ışık mikroskobu altında gözlemlenmesi	63

SİMGELER DİZİNİ

A	: Etki yüzey alanı
C_p	: Isı kapasitesi
d	: Parçacık çapı
D	: Kazan iç çapı
D_a	: Karıştırıcı çapı
h	: Isı transfer katsayısı
h_i	: İç ortam ısı transfer katsayısı
h_o	: Dış ortam ısı transfer katsayısı
h_s	: Yüzey ısı transfer katsayısı
k	: Isıl iletkenlik katsayısı
m_s	: Kızgın buhar kütlesi
m_v	: Süt buharı kütlesi
m_{krema}	: Krema kütlesi
m_s'	: Kızgın buhar debisi
m_c	: Soğutma suyu kütlesi
N_{Re}	: Reynold sayısı
N	: Karıştırıcının dönme hızı
P	: Akışkan yoğunluğu
Q_m	: Sütün pastörizasyonu için gerekli ısı enerjisi
Q_s	: Kızgın buharın taşıdığı ısı enerjisi
Q_v	: Süt buharının taşıdığı ısı enerjisi
r	: Döngü yarıçapı
$R_{\text{değeri}}$: Betonarme duvarın ısı transfer direnci
R_i	: İç ortam ısı transfer direnci
R_o	: Dış ortam ısı transfer direnci
$R_{\text{izolasyon}}$: İzolasyon malzemesinin ısı transfer direnci
t	: İşlem süresi
T_s	: Buhar sıcaklığı
T_1	: İlk sıcaklık

T_2	: Son sıcaklık
T_{c1}	: Soğutucu su giriş sıcaklığı
T_{c2}	: Soğutucu su çıkış sıcaklığı
T_{v2}	: Yoğunlaşmış süt buharı çıkış sıcaklığı
$T_{\infty 1}$: Ortalama dış ortam sıcaklığı
$T_{\infty 2}$: Ortalama iç ortam sıcaklığı
U	: Toplu ısı transfer katsayısı
v	: Parçacık hızı
V	: Hacim
w	: Açısal hız
X_1	: Sütün ilk kuru madde yüzdesi
X_2	: Sütün son kuru madde yüzdesi
Y	: Son ürünün yağ içeriği yüzdesi
Y_1	: Giren sütün yağ içeriği yüzdesi
Y_2	: Çıkan sütün yağ içeriği yüzdesi
Y_c	: Kremanın içerdiği yağ yüzdesi
λ	: Yoğuşma ısısı
ρ_d	: Ayrılan fazın yoğunluğu
ρ_c	: Sürekli fazın yoğunluğu
μ	: Sıvı vizkositesi
μ_w	: Kazan materyalinin vizkositesi
η	: Sürekli fazın vizkositesi

1. GİRİŞ

Enerji tüketimi içinde %35, elektrik tüketiminde %54 tüketim payına sahip olan ülkemizdeki sanayi sektörü; hem yüksek enerji potansiyeli hem de tükettiği enerjinin tümüne yakınının ticari enerji olması sebebiyle, enerji tasarrufu çalışmalarında öncelikli sektördür. Ayrıca 1996 yılında %34,7 olan sanayi enerji tüketim payının 2000 yılında %37; 2010 yılında da %56 olması beklenmektedir (Anonim, 1998 a).

Mevzuatımız içinde, sanayide enerji verimliliği çalışmalarının gerçekleşmesi için önemli girişimleri gerekli kılan bir yönetmelik ve bu yönetmeliği destekleyen iki önemli duyuru söz konusudur. Bununla birlikte, bu yönetmelik ve duyurulara uyulması konusunda, 11.12.1997 tarihli Başbakanlık Genelgesi yayımlanmıştır (Anonim, 1998 b). Yine, enerji verimliliği ile ilgili olarak, “Sanayi Kuruluşlarının Enerji Tüketiminde Verimliliğin Arttırılması İçin Alacakları Önlemler” hakkında yönetmeliğin, üç yılı aşkın bir süredir yürürlükte olmasına karşın, bu yönetmeliğin uygulanmasına geçiş aşamasında bazı zorluklar yaşanmaktadır (Hepbaşlı, 1999 a).

Ülkemizde halen, günümüz koşullarında ekonomik olma özelliğini kaybetmiş sanayi tesisleri mevcuttur. Bu tesisler, maliyet kriterlerine göre fazla enerji tüketen ve teknolojik gelişmelere ayak uyduramamış tesisler olarak kalmışlardır. Birçok endüstriyel proses, enerjinin başka şekle dönüştürülerek kullanılmasını gerektirmekte ve bu da genellikle önemli miktarlarda dönüşüm kayıplarına neden olmaktadır. Bazı kayıplar kaçınılmazdır. Ancak sanayi sektörümüzde bu kayıpların yer yer büyük miktarlara ulaştığı gözlemlenmiştir. Son yıllardaki teknolojik gelişmeler ve enerji fiyatlarındaki artış, kayıp enerjiyi geri kazanmak için yapılacak yatırımları karlı hale getirmiştir. Ayrıca, enerji tasarrufu çalışmaları ile sadece enerji tüketimi azalmakla kalmamakta, bu çalışmalar sırasında bakım, onarım işletme alışkanlıkları gibi fonksiyonların yeniden düzenlenmesi ile üretim ve işletme verimlerinde de artışlar sağlanmaktadır. İşletmelerde enerji tasarrufu çalışmalarını gerçekleştirebilmek için, öncelikle Enerji Yönetim Sistemlerinin doğru anlaşılıp, işletmeye en üst derecede yarar sağlayacak şekilde uygulanması gerekmektedir. Enerji Yönetim Sistemlerinin en önemli iki konusu elektrik yönetimi ve ısı yönetimidir (Hepbaşlı vd., 2001).

Sanayi işletmelerinde ısı yönetiminin en önemli inceleme konusu ısı denklidir. Isı denkliliğinin anlamı, ısının nerede ve hangi şekilde sisteme verildiğinin belirlenmesi ve enerjinin korunumu yasasının sistemde uygulanmasının sağlanmasıdır. Isı denkliliği; denge şartlarında sisteme verilen enerji miktarı ile sistemden çıkan enerji miktarı arasında bir denklik kurulmasıdır. Isı denkliliğinin amacı; giren ve çıkan enerjiyi belirlemek ve sistemi verimli hale getirebilmek için, kullanılabilir ortak verileri hazırlamaktır. Bunun dışında, ısı denkliliği yardımıyla, ısı sisteminin planlanmasında, sistemin ısı verimi ve tükettiği yakıt miktarı tam ve doğru şekilde tahmin edilebilir (Saibu, 1998).

Enerji tasarrufu olanaklarının karlılığının çok yönlü olmasına karşın, yine de önlemler gerektiğince alınamamaktadır. Maliyetlerin fiyatlara hemen yansıdığı piyasa ekonomilerinde bile; sanayi ve diğer sektörlerde, enerji tasarrufu yatırımları oldukça yavaş uygulanmaktadır. Bu yavaşlık az gelişmiş ülkelerde daha da fazladır ve bu durumun başlıca nedenleri şu şekilde ifade edilebilir (Anonim, 1998 a):

- Fiyat değişmelerine olan tepkinin yavaş olması, mevcut işletmelerin verimli çalıştığı kanısının hâkim olması,
- Enerji tasarrufu yatırımlarının kompleks oluşu, önerilen yeni donanımlara tam güvenilmemesi ve gerekli revizyonlar nedeniyle üretimin aksamasının istenmemesi,
- Enerji tasarrufu yatırımlarının, çok sayıda küçük yatırımlardan oluşması,
- Son yıllarda, ekonomik şartların ağırlaşması nedeniyle yeni yatırımlara yeterli kaynak ayrılamaması,
- Verimin iyileştirilmesinden çok, üretim artışına önem verilmesi ve üst yönetimlerin enerji tasarrufuna yeterince ilgi göstermemesi.

Bu nedenlere ek olarak; sanayide enerji tasarrufu çalışmaları teknik ve mali engellerle karşılaşmaktadır. Tesis bazında, uygun teknik imkânların bilinmemesi, enerji yönetimi konusunda uzman kadroların bulunmayışı, ölçü ve kontrol aletlerinin eksikliği gibi faktörler teknik engelleri oluşturmakta ve enerji tasarruf çalışmalarını geciktirmektedir. Mali engeller ise, sermaye kıtlığı, yüksek faiz oranları ve enerji tasarrufu donanımları için orta vadeli basit finansman imkânlarının bulunmayışıdır. Bu

engeller gelişmekte olan ÷lkelerde sanayileşmiş ÷lkelere oranla daha ciddi boyutlardadır (Hepbaşlı vd., 2001).

Enerji tasarrufu et÷d÷n÷n detaylı y÷ntemleri, sanayiden sanayiye ve hatta bir sanayi içinde tesisten tesise değişse bile, işletmenin yapısı ve boyutu ne olursa olsun, belirli temel unsurlar t÷m enerji tasarrufu et÷tleri için geçerlidir. Dikkate alınması gereken bu temel unsurlar aşağıda belirtilmiştir (Hepbaşlı, 1999 b):

- Enerjiyle ilgili geçmiş kayıtların g÷zden geçirilmesi,
- Esas enerji kullanan bileşenleri belirlemek, enerji tasarrufu et÷d÷ takımıyla prosesin genel enerji ve malzeme akışları arasında ilişki kurmak ve önemli enerji atık kaynakların ortaya koymak için tesisin planlanması,
- Veri ihtiyaçlarının detaylı tanımlanması,
- Enerji ve k÷tle akışlarının hesaplanması, enerji kayıplarının tahmin edilmesi,
- Verimliliği arttırıcı olanakların ayrıntılı listesinin çıkarılması,
- Her olanak için enerji tasarruf potansiyelinin tahmin edilmesi,
- Tasarruf çalışmasının y÷r÷t÷lmesi için gider ve kar potansiyelinin belirlenmesi,
- Verimliliği arttırmak için önem sırasına g÷re önerilerin oluşturulması,
- Esas enerji kullanım sistemleri için s÷rekli izleme çabasının oluşturulması.

÷lkemizde k÷ek işletmelerin birçoğu m÷hendislik hesaplamalarından, bilimsel verilerden ve teknolojidenden uzak olarak çalışmaktadır. Çalışmada, bu gibi, k÷ek bir işletmeye ait üretim verimliliğinin belirlenmesi, m÷hendislik hesaplamalarına dayanılarak eski üretim y÷ntemlerinde yapılacak k÷ek değişiklikler ile enerji kullanımındaki verim artış d÷zeyinin ve aynı zamanda ÷r÷n kalitesinde sağlanabilecek artışlarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla; 1350 ton/yıl s÷t işleme kapasitesine sahip bir s÷t işleme tesisinde, üretim hattı boyunca gerçekleşen t÷m ısı ve k÷tle değişimleri, denkliklerin kurulmasıyla hesaplanacaktır. Teorik ve gerçek değerlerin kıyaslanması ile kayıp enerji ve k÷tle miktarları ile bu kayıpların hangi proses kademelerinde olduğu tespit edilecektir. B÷ylelikle en verimli ÷retime ulaşabilmek için gerekli tedbirler önerilecektir.

2. KURAMSAL TEMELLER VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Konuya ilişkin olarak literatürde süt endüstrisi içindeki enerji kullanımını ve enerji verimliliği çalışmaları ile ilgili bazı çalışmaların sonuçları sunulmuştur.

Kang ve Tseng (2006), ısı değiştiricilerin verimlilik ve basınç düşüşü analizleri üzerine bir çalışma yapmışlardır. Elde ettikleri analitik sonuçlar, benzer verimlilik derecelerinde dahi, sıcak ve soğuk akımların ortalama sıcaklıklarının ısı transfer oranına ve basınç düşüşüne önemli derecede etki ettiğini göstermiştir. Değişen verimlilik seviyelerinin ısı transfer oranlarına ve basınç düşüşlerine etkisinin büyük olduğu anlaşılmıştır. Isı değiştiricinin yapıldığı materyal değiştikçe ısı iletkenlik değerinin 148-400 W/mK arasında değiştiği saptanmıştır.

Stephens ve Mackley (2000) tarafından kesikli ısı transfer sistemlerinin performansları üzerine yapılan çalışmada elde edilen verilere göre sıvının boru içindeki kargaşalı akışı ile kazan içerisinde karıştırılarak ısıtılmasıyla ölçülen ısı transfer performanslarının birbirine yakın değerler olduğu anlaşılmıştır. Verimli ve etkin enerji kullanımını için boru içindeki sıvı akışlarının kargaşalı olması, kazan sistemlerinde ise karıştırma yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Westphalen ve ark. (2006), çalışmasına göre ısı değiştirici verimliliğinin klimalar, ısı pompaları, soğutma ekipmanları ve buzdolaplarındaki buhar basıncı döngüsüne büyük etkisi bulunur. Soğutucu akışkan en uygun ısı transfer ortamında buharlaşma veya yoğuşma noktalarına ulaştığında (örneğin havayla soğutulan bir yoğuşturucu için dış hava sıcaklığı) buhar basıncı döngüsünde sıcaklık farkı azalır. Bu da sırasıyla kompresör boyunca mevcut olan basınç oranını düşürür (performansı katsayısını -COP- yükseltir) ve enerji tüketimini azaltır.

Ramírez ve ark. (2004), Avrupa süt endüstrisindeki enerji kullanımını ve enerji etkinliğini inceledikleri çalışmalarında günümüzde pastörizasyon işlemi için tüketilen enerji toplam enerjinin ancak az bir bölümünü oluşturur. UHT ve sterilizasyon işlemlerinde pastörizasyon işlemine olduğundan daha fazla enerji harcanır. Sterilizasyon işleminde sıcaklık çok yüksek olup, genellikle sterilize edilecek süt ile ısı

kaynağı arasındaki sıcaklık farkı pastörizasyonda olduğundan çok daha fazladır. Pastörize süt üretmek yerine UHT süt üretmek, sıvı süt üretiminde litre başına daha fazla enerji harcanması anlamına gelmektedir.

Cox ve Miller (1986), Avustralya ve Yeni Zelanda'daki süt ve ürünleri üretim endüstrilerinde kendine özgü enerji tüketimi ve iki ülke arasındaki özel ürünler bazında değişiklikleri incelemişlerdir. Avustralya pazarında süt fabrikalarında yakıt tüketimi süt karton kutulara paketlenildiğinden daha düşüktür. Yeni Zelanda da ise süt şişelenmekte ve bunun için de daha çok enerji tüketen şişe yıkama makineleri gerekmektedir.

Helikson ve ark. (1991)'nın, Florida'daki süt endüstrisinin enerji etkinliği ile ilgili çalışmalarına göre, süt işletmesinin enerji etkinliğinin geliştirilmesi için elektrikli aletlerin düzenli bakımı yapılmalıdır. Besleme dönüşüm etkinliğini artırabilmek için püskürtmeli fan soğutma sistemleri düşünülebilir. Aşırı yüklemelerin önlenmesi için elektrikli aletlerin çalışmasını bir programa bağlamak gerekir. Arttırılmış enerji etkinliği ve aşırı yüklemenin engellenmesi maliyetleri düşürür ve tesisin karlılığını arttırır.

Marriot (2006)'un çalışmasında, artan enerji maliyetlerine karşı geri ödeme sürelerini kısaltmak için bina tasarımlarında enerji performansı yüksek tutulmak zorundadır. Çok büyük miktarlardaki enerjinin atmosfere bırakıldığı tesisler mevcuttur. Tesislerde ortaya çıkan her birim ısının %25'den fazlası kompresör ve diğer aletlerden ortama geçiş yapmaktadır.

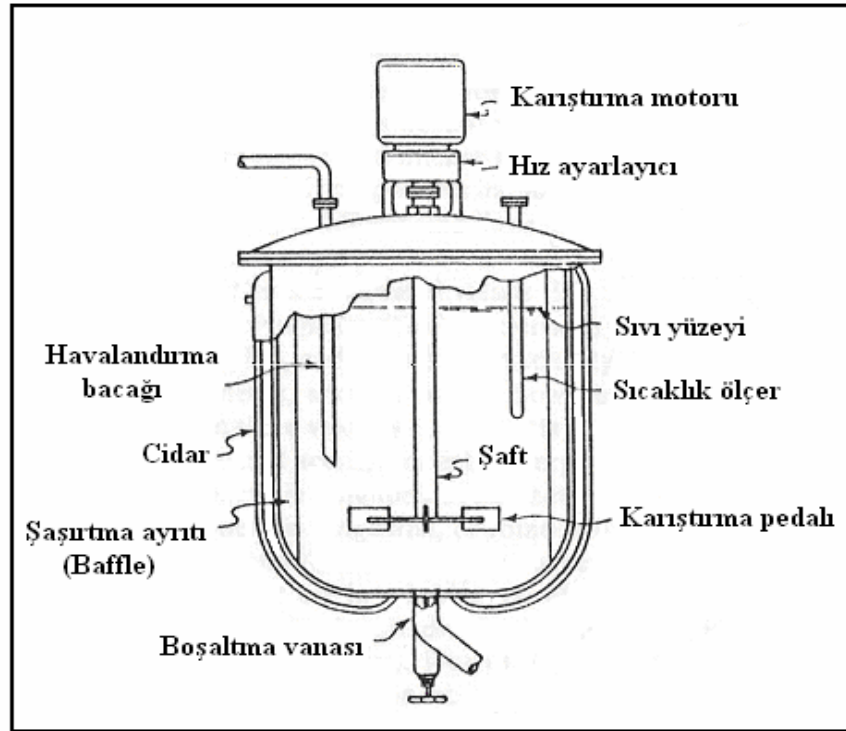
Jun ve Puri (2005)'nin, süt endüstrisinde kullanılan ısı değiştiricilerinde meydana gelen kalıntı birikmesini incelediği çalışmasına göre, kalıntı oluşumunun, süt endüstrisindeki ısı işlem proseslerinde kullanılan ısı değiştiricilerde yaygın olarak karşılaşılan sorunlardan olduğunu belirtmiştir. Kalıntı oluşumunun direkt olarak, proseslerin enerji maliyetini arttırarak ve üretim kayıplarına sebep olmaktadır. Ayrıca enerji, su, emek ve bakım – onarım maliyetlerini arttırmaktadır. Kalıntı maliyeti özellikle; fazladan enerji tüketimine sebep olmakla birlikte, ekipman harcamalarında artışa, proses ve tamir için fazla zaman gereksinimine, üretim kayıplarına, fazladan su ve temizlik elemanı kullanımına da neden olmaktadır.

2.1. Çift Cidarlı Kazanda Pastörizasyon

Isıl işlem uygulanacak ham madde, işleme başlamadan önce çift cidarlı kazan içerisine toplanır. Kazana monte edilmiş bir karıştırıcı sayesinde, kazan içindeki sütün ısı transfer yüzeyinde hareket kazanması mümkün olmaktadır. Isı kaynağı için yaygın olarak buhar kullanılmaktadır. Buharın kazan cidarı içerisinde yoğunlaşmasıyla ortaya çıkan ısıнын süte aktarılmasıyla, pastörizasyon işlemi gerçekleşmektedir. Kazan çalışmasında dikkat edilmesi gereken üç önemli nokta mevcuttur.

- Kazan cidarına buhar ile birlikte girebilecek hava miktarı mümkün olduğunca düşük tutulmaya çalışılmalıdır.
- Buharın kızgın buhar ısısına ulaşması gerekmektedir. Aksi durumunda, ısı transferi yüzeyi üzerine yüksek yoğunlaşma katsayısından ziyade, düşük gaz ısı transferi katsayısı etki eder.
- Buhar tuzakları, yoğunlaşım ve havanın dengeli olarak cidarlardan tahliye edilmesini sağlamalıdır (Anonim, 2006 a).

Şekil. 2.1. İdeal bir çift cidarlı ve karıştırmalı kazanın yapısı (McCabe vd., 1985)



Bir çok kimyasal ve biyolojik proses karıştırılmalı kazan içerisinde gerçekleştirilebilir. Sıvı, silindirik kazan içerisindeki, elektrikli motora şaft ile bağlı bir karıştırıcı ile karıştırılabilir. Newtonian sıvı için ısı transfer sabitini veren korelasyon aşağıdaki gibidir.

$$\frac{hD_t}{k} = a \left(\frac{D_a^2 N \rho}{\mu} \right)^b \left(\frac{c_p \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^m$$

h: Sıvı için ısı transfer katsayısı ($\text{W m}^{-2} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1}$)

D: Kazanın iç çapı (m)

Da: Karıştırıcı çapı (m)

k: ısı iletkenlik katsayısı ($\text{W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1}$)

N: Karıştırıcının dönme hızı (devir/saniye)

ρ : Akışkan yoğunluğu (kg m^{-3})

μ : sıvı vizkositesi (Pas)

μ_w : Kazan materyalinin vizkositesi (Pas)

Pedal karıştırıcılı ve şaşırtmasız kazanlar için kat sayı değerleri aşağıdaki gibidir (Geankoplis, 1993);

$$N_{Re} = 300 - 300000 \text{ değerleri arasında olmak üzere, } a = 0,36 \quad b = \frac{2}{3} \quad m=0,21$$

Kazan içindeki sıvı akışı; karıştırıcı çeşidi, akışkan karakteri, tank boyutu, tank-karıştırıcı-baffle boyutlarının oranlarına bağlı olarak değişmektedir. Akışkanın tank içerisinde herhangi bir noktadaki hızı, üç hız bileşeninden oluşmaktadır. Kazan içinde akışkanın tüm hareketi bu üç hız bileşeninin varyasyonlarına bağlıdır. İlk hız bileşeni yatay hız vektörüdür ve karıştırıcı şaftına dik yöndedir. İkinci hız bileşeni, dikey hız vektörüdür ve karıştırıcı şaftına paralel yöndedir. Üçüncüsü ise dögüsel hız bileşenidir. Şaft kazan içine genellikle dikey olarak yerleştirilir. Bu durumda şafta paralel ve dik olan hız bileşenleri yatay düzlemde olurken, dögüsel hız bileşeni ise dikey düzlemde olur. Yatay ve dikey olan bileşenler karıştırma için gerekli olan akışı sağlarlar. Şaft dikey olarak tank merkezine yerleştirildiğinde, dögüsel hız bileşeninin karıştırmaya

sağlayabileceği yarar azalır. Döngüsel akış şaft etrafında dönen bir yol izleyerek, vorteks oluşmasına neden olabilir. Bu şekilde sıvının döngüsel hareketi laminar bir akış şeklinde devam eder. Sıvı içerisinde katı parçacıkların bulunması durumunda, döngü içinde santrifüj kuvveti ile parçacıklar kazan çeperine savrulur, daha sonra aşağıya doğru inerek tank tabanı merkezinde birikirler. Yani karıştırma yerine tam aksi olarak, bir ayırıştırma meydana gelmiş olur (McCabe vd., 1985).

2.2. Vakum Evaporasyon

Evaporasyon işlemi temel olarak; sıvının kaynama noktasına ısıtılması ile içeriğindeki suyun buharlaşarak uzaklaştırılmasıdır. Süt ısıya duyarlı bir gıdadır. Sütün ıstıdan doğabilecek zararlara uğramasını önlemek amacıyla, evaporasyon işlemi vakum altında gerçekleştirilir. Bu sayede kaynama noktası düşürülür ve sütün yüksek sıcaklıktan zarar görerek özelliklerini kaybetmesi minimize edilmiş olur. Bu proses için ısı değiştirici, vakum pompası, buhar ayırıcı ve yoğuşturucu olmak üzere dört temel ekipman gereklidir. Evaporasyonda kullanılan, ısı değiştirici büyük bir hazneye sahiptir ve ısı, ısıtıcı akışkandan süte transfer edilir. Genel olarak ısıtıcı akışkan görevini, düşük basınçlı buhar yerine getirir. Isı transferi endirekt olarak temas yüzeyinden gerçekleşir. Vakum, sütün sıcaklığının işlem boyunca düşük tutulmasını sağlar. Buhar ayırıcı, buharın sütün ayrılmasını sağlar. Buharı ayrılan süt, ısı değiştiriciye geri beslenir. Buhar ise yoğuşturucuya geçer. Eski evaporasyon sistemlerinde ısı değiştirici, evaporasyon sisteminin birleşik bir parçası iken yeni sistemlerde bu ekipmanlar ayrı birer ünite olarak tasarlanmaktadır (Anonim, 2006 b).

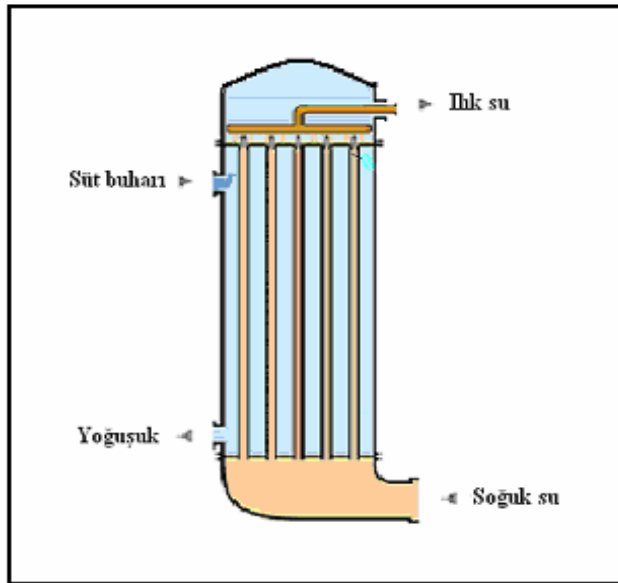
Evaporatör gövdesine ilaveten, her bir evaporatör sisteminde bulunması gereken çeşitli yardımcı cihazlara gereksinim vardır. Bunların başında yoğuşturucu gelmektedir. Bir evaporatör, vakum altında çalıştırıldığında açığa çıkan buharın yoğuştırulması için çeşitli yoğuşturucular kullanılmaktadır. Yoğuşturucular bir kaç grup içinde çizelge 2.2' de olduğu gibi sınıflandırılabilirler.

Çizelge 2.2 Yoğuşturucu çeşitleri

A. Yüzey tipi yoğuşturucular	B. Temas tipi yoğuşturucular
Paralel-akışlı veya Karşit-akışlı	Paralel-akışlı veya Karşit-akışlı
Islak tip (barometrik, düşük-seviye)	Islak tip (barometrik, düşük-seviye)
Kuru tip (barometrik, düşük-seviye)	Kuru tip (barometrik, düşük-seviye)

Temas tipi yoğuşturucularda, buhar ve soğutma suyu doğrudan karışırken, yüzey tipi yoğuşturucularda yoğuşturulacak buhar ve soğutma suyu, metal bir duvar aracılığı ile ayrılmaktadır. Karşit-akışlı bir yoğuşturucuda, yoğuşmayan gazlar yoğuşturucuyu, yoğuşturucuya giren soğutma suyu sıcaklığında terk ederken; paralel-akışlı bir yoğuşturucuda, yoğuşmayan gazlar yoğuşturucuyu yoğuşturucudan çıkan soğutma suyu sıcaklığında terk etmektedir. Islak tip yoğuşturucuda, yoğuşmayan gazlar ve soğutma suyu aynı pompayla ortamdandan uzaklaştırılırken; kuru tip yoğuşturucuda, farklı pompalar yardımıyla ortamdandan uzaklaştırılmaktadırlar. Barometrik tip yoğuşturucuda ise; su yeterli yüksekliğe sahip bir barometrik bacak yardımıyla ortamdandan uzaklaştırılırken; düşük-seviye tipi yoğuşturucuda, su bir pompa yardımıyla ortamdandan uzaklaştırılmaktadır. Bu çeşit sınıflandırmalar, temas tipi yoğuşturucuları için olduğu kadar, yüzey tipi yoğuşturucuları için de teorik olarak uygun ve ayrı ayrı düzenlenebilmektedir. Aynı zamanda çeşitli alt sınıflandırmaların, çeşitli kombinasyonları da mümkün olmaktadır (Badger ve Julius, 1955).

Şekil 2.2. Karşit akışlı yüzey tip borulu yoğuşturucu



2.3. Diskli Separatör ile Krema Separasyonu

Süt dönen bir silindir içersine konduğunda ve santrifüj kuvveti uygulandığında ise, süt yağı ve katı kirlilikler süttten hızlı şekilde ayrılacaktır. Santrifugal ayırma, hemen her süt işletmesinde kullanılan temel bir prosestir. Başlıca kullanım amaçları şunlardır (Anonim, 2006 c);

- Klarifikasyon
- Süt yağının süttten ayrılması
- Standardizasyon
- Süt yağının peynir altı suyundan ayrılması
- Bakterilerin süttten uzaklaştırılması
- Lorun peynir altı suyundan ayrılması
- Süt yağından serumun uzaklaştırılması

Santrifüj separatörün çalışma prensibi, Stoke denklemine (Stoke's Equation) dayanmaktadır. Döngüsel hız, sıvı bileşenlerinin çaplarına bağılı olarak değışmek üzere, onları yukarı veya aşağı doğru hareket ettirir. Örneğın 2 µm çapında bir yağ damlacığı, 1 µm çapındaki bir yağ damlacığından 4 kat daha hızlı olarak yükselecektir. Stoke denklemini aşağıdaki gibidir (Anonim, 2006 d);

$$V = \frac{d^2(\rho_d - \rho_c)rw^2}{18\eta}$$

V = Parçacık hızı

d = Parçacık çapı

ρ_d = Ayrılan fazın yoğunluğu

ρ_c = Sürekli fazın yoğunluğu

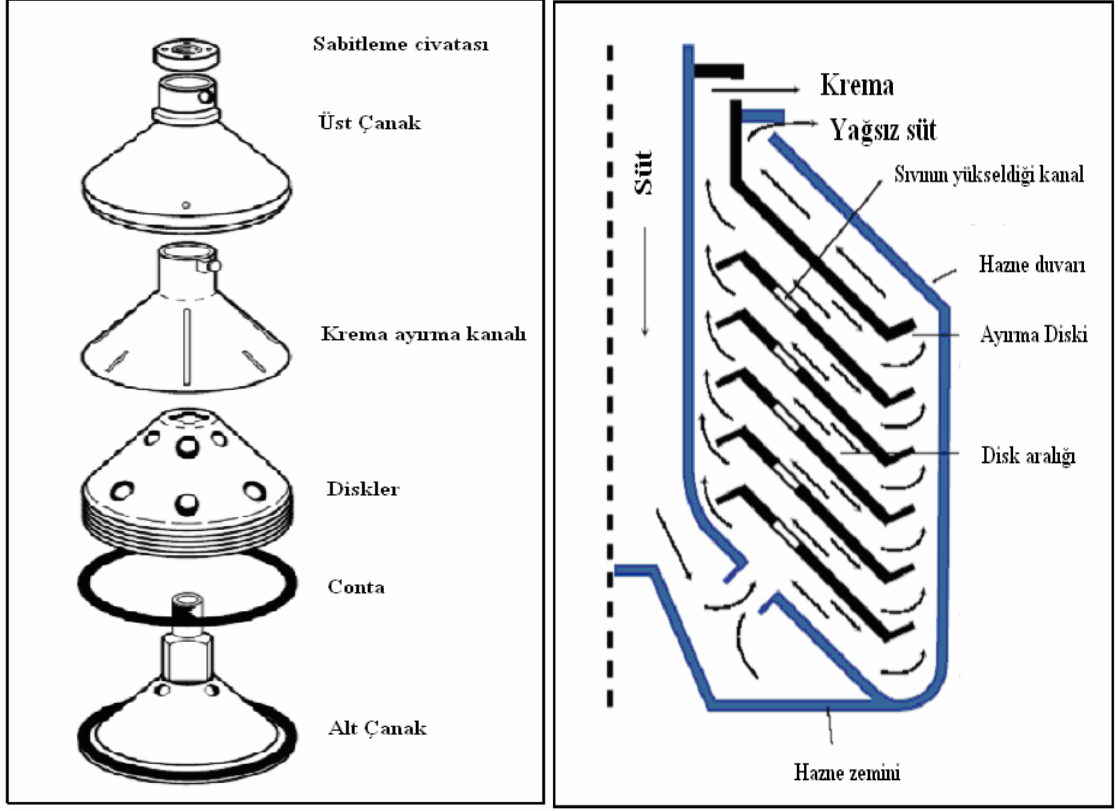
w = Açısız hız

η = Sürekli fazın vizkositesi

r = Döngü yarıçapı

Şekil 2.3 Diskli santrifüj separatörün yapısı ve çalışması (Anonim, 2001)

(a) Ayırma disklerinin yerleştirilmesi, (b) Diskli separatörde kremanın süttten ayrılması



(a)

(b)

Disk santrifüj bazı sıvı-sıvı karışımların ayrılmasında yüksek verimliliğe sahiptir. Kısa ve geniş haznesi 200-500 mm çapına sahiptir. Dikey bir eksenle döner şekilde dizayn edilmiştir. Haznesi düz bir taban ve konik bir tepe kısmına sahiptir. Besleme sabit bir borudan, makine haznenin üst boyun kısmından girer. Haznenin içerisinde Şekil 2.3'te gösterildiği gibi üst üste çok yakın şekilde yerleştirilmiş metal diskler bulunmaktadır. Bu metal diskler, üst üste dizildiklerinde bir kanal oluşturacak deliklere sahiptir. Diskler üstündeki delikler hazne merkezi ile çeperinin ortasında olacak şekilde tasarlanmıştır. Besleme hazneye boyun kısmından girdikten sonra hazne tabanına dökülür. Kanallardan akarak disklerin üst kısımlarına geçer. Makine çalışmaya başladığında, merkez kaç kuvvetinin etkisiyle yoğun sıvı hazne çeperine savrulur. Düşük yoğunluklu sıvı ise hazne merkezine hareket eder. Yoğun sıvı disklerin alt kısımlarına çarparak ilerlerken, düşük yoğunluklu sıvıdan ayrılır. Düşük yoğunluklu sıvı ise merkeze ve yukarı doğru disklerin üst yüzeylerinde hareket eder.

Diskli seperatörün ayırma özelliğine ilaveten iki sıvı arasında göz ardı edilemeyecek seviyede bir sürtünme de meydana getirmektedir. Bir faz bir yöne hareket ederken, diğer faz ters yöne gider. Burada doğan sürtünme, bazı emülsiyon yapılarının kırılmasına yardımcı olur. Diskli santrifüjlerin kremanın diskten ayrılması gibi iki fazın birbirinden tam olarak ayrılması için değil de, bir fazın konsantrasyonunun arttırılması için kullanılması daha uygun olacaktır (McCabe vd., 1985).

2.4 Homojenizasyon

Auguste Gaulin, 1899 yılında 3 piston pompa ile ürünün bir yada daha fazla saç inceliğinde tüpten yüksek basınçla geçirme işleminin patentini almıştır. Oluşan yağ damlacıklarının kullanılan tüplerden 500-600 kat daha küçük olduğu fark edilmiştir. Homojenizasyon ile ilgili yüzden fazla patent mevcuttur. Tasarımlarda mümkün olduğunca daha az enerji kullanılarak, daha küçük çaplara sahip yağ damlacıkları üretmek için çalışılmıştır. İlk homojenizatör; üç silindir pozitif piston pompası (otomobil motorları ile benzer çalışma gösterir) ve homojenizatör vanasından oluşmaktadır. Pompa elektrik motoruna bir mil vasıtasıyla bağlanmıştır. Çalışma mekanizmasını anlayabilmek için, süt benzeri bir emülsiyonun konvansiyonel homojenizasyon vanasında işlendiğini varsayalım. Akış hızı 20.000 litre/saat 14 Mpa (2100 psing) basınçta, vanaya giren sıvı hızı yaklaşık 4-6 ms⁻¹'dir. Sonra vana ile vana koltuğu arasındaki boşluğa girer ve buradaki hızı 120 ms⁻¹'dir. Sıvı daha sonra 50 mikro saniye içinde vana koltuğu ve vana yüzeyi arasına girer ve çıkar. Homojenizasyon vana ve vana koltuğu arasındaki bu yüzeylerde gerçekleşir. Bu nedenle emülsifikasyon işlemi 50 mikro saniye içinde başlar ve biter denilebilir. Tüm proses iki çelik yüzey arasında gerçekleşmiş olur. Ürün daha sonra, bu sistemle aynı olan bir sonraki kademedeki homojenizatöre girebilir (Potter, 1971).

Süt işletmelerindeki homojenizasyon işleminin amacı, akışkan ve tek düze olarak süt içerisinde damlacık halinde bulunan yağın çok daha küçük çaplara sahip, yağ zerreciklerine parçalanması ile yağ süspansiyonu elde etmektir. Homojenizasyon işlemi, sütü kaymak oluşumuna karşı daha stabil hale getirmek ve daha zengin bir ağız tadı

vermek için kullanılır. Bununla birlikte sütün vizkositesinde ufak bir artışa sebep olur (Marshall, 2003).

Süt, bir yağ-su emülsiyonudur. Yağ damlacıkları, süt fazı içinde dağılmış olarak bulunmaktadır. Çiğ süt bekletildiğinde yağ damlacıkları üst kısma çıkmakta ve kaymak tabakasını oluşturmaktadır. Homojenizasyon mekanik bir işlemdir. Süt içerisindeki yağ damlacıkları yüksek basınç altında ince bir delikten geçirilmek vasıtasıyla damlacıkların çapları azalmakta ve yüzey alanlarında artma meydana gelmektedir. Sonuç olarak; homojenizasyon işlemi ile yağ damlacıklarının kaymak oluşturması engellenmiş olmaktadır (Anonim, 2006 e). Homojenizasyonun fiziksel etkisinden dolayı süt içerisindeki yağ damlacıklarının yüzey yapısı değişmektedir. Yağ damlacığının yapısı doğal halde yüzeyinde bulunan membran tarafından korunmaktadır. Bu membran süt hücre duvarından kaynaklanmaktadır. Başta yüzey aktif bir bileşen olan lesitin olmak üzere fosfolipidlerce zengindir. Lesitin, serum içerisindeki yağ damlacıkları ile su arasındaki ara yüzeyde toplanmış bulunmaktadır. Bu yüzden süt çözülmemiş damlacıkların su fazı içinde dağıldığı bir emülsiyondur. Membran sayesinde yağ damlacıkları veya zerreleri bir yığın oluşturmaktan korunmuş olurlar. Homojenizasyonun süt içerisindeki yağ damlacıkları üzerindeki etkisi Çizelge 2.4.' de gösterilmiştir. Homojenize sütün kaymaklanmaya karşı olan stabilitesi şu üç neden dolayı artış göstermektedir (Anonim, 2006 f);

- Stoke kuralı gereği
- Yağ damlacıklarının büyüklüklerindeki dağılımın azalması yükselme hızına etki eder. Yağ damlacıklarının kümeleşme eğilimlerini engeller.
- Protein membranın adsorpsiyon özelliğinden dolayı yağ damlacıklarının yoğunlukları artmış olur ve süt fazına yakın bir yoğunluğa ulaşır.

Çizelge 2.4. Homojenizasyonun süt içindeki yağ damlacıklarına etkisi (Anonim, 2006 f)

Yağ Damlacıklarının Durumu	Homojenizasyonun Yapılmaması Durumunda	15 Mpa (2500 psig) Basıncıta Homojenizasyon Yapılması Durumunda
Ortalama Çapı (μm)	3,3	0,4
Maksimum Çapı (μm)	10	2
Yüzey Alanı (m^2/ml süt)	0,08	0,75
Sayısı (sayı μm^{-3})	0,02	12

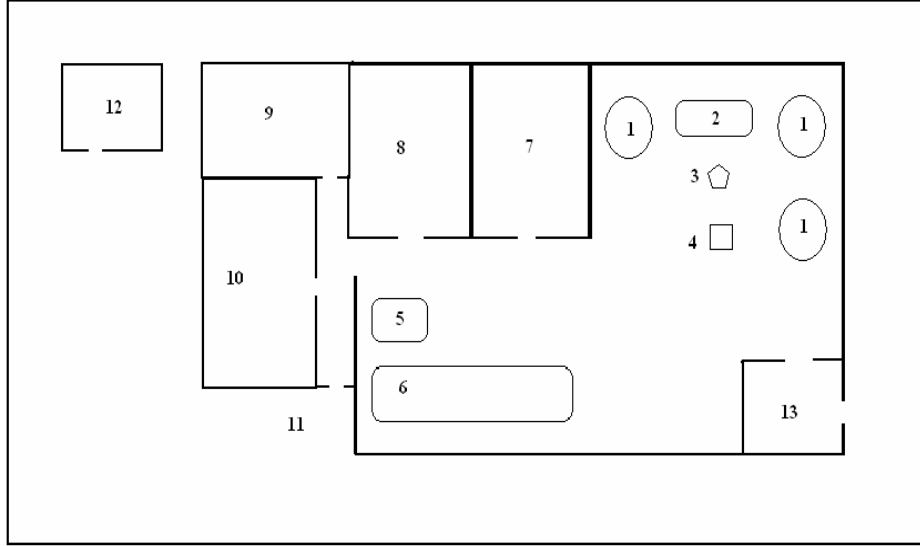
3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma yeri ve özellikleri

Araştırma, orta ölçekli özel bir süt işletmesinde yürütülmüştür. Tesis 150 m² kapalı, 70 m² açık olmak üzere 220m² alana sahiptir. İşletmedeki mevcut alet yerleşimi ve yoğurt üretim akışı EK-A' da sunulmuştur. Tesis, tek kattır ve zeminden yaklaşık 0,4 m yüksekte betonarme olarak inşa edilmiştir. Tesis; üretim alanı (110 m²), mamul depo (13 m²) ve malzeme deposundan (9m²) oluşmaktadır. Tüm zemin kaplaması mermerdir. Duvarlar ise 170 cm yüksekliğine kadar mermer ile kaplanmıştır. Ofis, soyunma odası, tuvalet ve duşlar (14 m²) üretim alanından tamamen ayrı olarak inşa edilmiştir. Kalite kontrol laboratuvarı bulunmamaktadır. Üretim; bilinen metotlar ile gerçekleştirilmekte, herhangi bir patent, know-how veya lisans gibi gayri maddi hak kullanılmamaktadır. Fabrika krokisi şekil 3.1.1' de, kapasite ve personel durumu ile ilgili bilgiler ise çizelge 3.1.1.-3.1.4.' te sunulmuştur.

Şekil 3.1.1. Fabrika Krokisi



- | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Çift cidarlı karıştırılmalı kazan, | 2. Vakum evaporatör, |
| 3. Krema separatörü, | 4. Homojenizatör, |
| 5. Ayran dolum makinesi, | 6. Kasa paketleme-shiring makinesi, |
| 7. Ambalaj malzemesi deposu, | 8. Fermantasyon odası, |
| 9. Temizlik malzeme deposu, | 10. Soğuk hava deposu, |
| 11. Ürün yükleme alanı, | 12. Buhar kazanı odası, |
| 13. Çiğ süt kabul alanı ve giriş. | |

Çizelge 3.1.1. Yıllık üretim kapasitesi (Anonim, 2005)

Ürünler	Miktar	Birim
Krema	21.000	kg/yıl
Tereyağı	42.000	kg/yıl
Yoğurt	382.418	kg/yıl
Ayran	220.626	kg/yıl

Çizelge 3.1.2. Gerçekleşen üretim miktarı

Ürünler	Miktar	Birim
Yoğurt	320.000	kg/yıl
Ayran	180.000	kg/yıl

Çizelge 3.1.3. Tam kapasite için yıllık tüketilen ana, yardımcı ve ambalaj malzemesi (Anonim, 2005)

Hammaddeler	Yıllık Tüketim Miktarları
Süt	1.350.000 lt
Süt tozu	17.304 kg
Odun	24.000 kg
Ayran kutusu	959.243 adet
Yoğurt kovası	76.484 adet

Çizelge 3.1.4. Personel durumu

Görev	Sayı
Veteriner	1
Usta	1
Kalfa	1
İşçi	1
Toplam	4

3.1.2. Süt materyali

Süt, günlük olarak sabah saatlerinde alınmaktadır. İnek sütünden başka bir süt kabul edilmemektedir. Süt, toplayıcılarından ve firmanın süt toplama aracıyla direkt süt üreticisi çiftçilerden alınmak üzere iki şekilde temin edilmektedir. Süt, Altınova, Karamürsel ve Gölcük civarındaki köylerden temin edilmektedir. Alınan sütte düzenli

olarak kuru madde kontrolü yapılmamaktadır. Kabul edilen çiğ sütün sıcaklığı 16-24°C, kuru madde değeri ise %9,5 - 10,5 arasındadır.

3.1.3. Starter kültür materyali

“Yo-mix” markalı 495 kodlu Danisco, Fransa üretimi liyolifilize kültür kullanılmaktadır. Ürün kullanma talimatına göre ön ekim yapıldıktan sonra fermantasyona hazır süte karıştırılmaktadır.

3.1.4. Su materyali

Sıcaklığı, mevsime bağlı olarak 15-19°C olan artezyen suyu kullanılmaktadır.

3.1.5. Enerji materyalleri

İşletmede elektrik, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ve odun olmak üzere üç değişik enerji kaynağı kullanılmaktadır. LPG tüp, fermantasyon odasının ısıtılmasında; odun ise buhar kazanının çalıştırılmasında kullanılır. Buhar kazanından elde edilen buhar, çift cidarlı kazana beslenerek çiğ sütün pastörizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Elektriğin enerji kaynağı olarak kullanıldığı araçlar ve yerler çizelge 3.1.5’ te gösterilmiştir.

Çizelge 3.1.5. Elektrik enerjisinin kullandığı araçlar ve yerler

1	Kazanların karıştırma motorları
2	Pompalar
3	Homojenizatör
4	Krema separatörü
5	Aydınlatma
6	Mamul madde deposunu soğutma

3.1.6. Ambalaj materyali

“Huhtamaki İstanbul Ambalaj Sanayine” ait polystiren malzemeden yapılmış, gıda ile temas etmesinde sakınca bulunmayan tek kullanımlık yoğurt kapları kullanılmaktadır. Ambalaj büyüklükleri 0,5 - 1 - 3,5 - 5 kg büyüklüklerdedir.

3.1.7. Araştırmada kullanılan araç ve gereçler

Araştırmada kullanılan araç ve gereçler Çizelge 3.1.7 'de verilmiştir.

Çizelge 3.1.7. Araştırmada kullanılan araç ve gereçler

	Araç ve Gereçler	Adedi
1	Karıştırılmalı çift cidarlı süt pişirme kazanı	3
2	Vakum evaporatörü	1
3	Krema separatörü	1
4	Pistonlu homojenizatör	1
5	Santrifüj pompa	2
6	Vakum pompa	1
7	Fermantasyon odası	1
8	LPG Tüp (büyük boy)	1
9	Yer ocağı	1
10	Soğuk hava deposu	1
11	Süt aktarma hortumu	3
12	El refraktometresi	2
13	Dijital termometre	1
14	Dijital terazi	1
15	PH metre	1
16	Kronometre	1
17	Önlük, bone, galoş	1

3.2. Metot

3.2.1. Üretim Aşamaları

3.2.1.1. Çiğ sütün kabulü ve süzülmesi

Çiğ süt 2 – 2,5 tonluk soğutmalı süt tanklar içinde veya 50 kg süt güğümleri içerisinde işletmeye gelmektedir. Alınan sütlerin kuru maddeleri ve sıcaklıkları şüpheli durumlarda kontrol edilmektedir. Aksi takdirde bir kontrol yapılmadan sütler işletmeye alınmaktadır. Güğümle gelen sütler direkt olarak, tankla gelen sütler ise önce güğümlere aktarılıp daha sonra gözenek çapı bilinmeyen süzme bezinden süzülerek pişirme kazanı içerisine dökülmektedir. Süt içerisinde bulunabilecek kıl, taş, çöp, saman gibi katı kirlilikler sütün süzülmesiyle uzaklaştırılmış olmaktadır.

3.2.1.2. Pastörizasyon

Pastörizasyon; “Sütak Makine Sanayi” tarafından yapılmış paslanmaz çelik, çift cidarlı ve 1.390 devir/saniye karıştırma motoruna sahip kazan içerisinde yapılmaktadır. Bu kazana pişirme kazanı da denilmektedir. Kazan silindirik şekillidir ve 1,57661 m³ hacme sahiptir. Tamamının sütle doldurulması halinde 1.643 kg süt alabilmektedir.

İşletmeye kabul edilen süt, bu kazan üzerinde gerilmiş olan süzme bezinden geçirilerek süzülmeştir. Kazanın ısıtılması, buhar kazanından gelen buharın kazan cidarına beslenmesiyle gerçekleştirilmektedir. Bu sayede cidara beslenen ısıtıcı buhar ve soğutucu su akışkanları kullanılmasıyla sütün ısıtılarak pastörize edilmesi ve pastörizasyon sonrası soğutmanın yapılabilmesi mümkün olmaktadır. Kazan içerisindeki sütün karıştırılması, iki karıştırma pedalı ve bu pedalların bağlandığı kazan üstüne yerleştirilmiş olan elektrik motoru ile yapılmaktadır. Karıştırma sayesinde hem süte olan ısı iletimi hızlanmakta hem de sütte homojen bir sıcaklık dağılımı sağlanmaktadır. Ayrıca starter kültürün, pastörize süte karıştırılması da yine bu ekipman sayesinde yapılmaktadır. İşletmede bulunan bu ekipmandaki eksiklik ise vorteks oluşumunu önleyecek şaşırtmaların (baffle) bulunmamasıdır. İşletmede bulunan çift cidarlı kazana ait ayrıntılı çizim EK-C’de, kazanın dıştan görünüşü ise aşağıda şekil 3.3.2’de sunulmuştur.

Çift cidarlı kazanda pastörizasyon işlemi için kullanılan denklemler (Geankoplis, 1992)

Isı transferi denklemi;	$Q = m * C_p * (T_2 - T_1)$
Toplu ısı transfer katsayısı denklemi;	$Q = UA \Delta T$
Latent ısı denklemi ;	$Q_s = m_s * \lambda$
Yüzey ısı transfer katsayısı denklemi; (Fourier's Law denkliği)	$\frac{(T_2 - T_s)}{(T_1 - T_s)} = \exp\left(\frac{-h_s At}{c_p \rho V}\right)$

Şekil 3.2.1.2 İşletmede bulunan çift cidarlı karıştırılmalı kazanın görünümü



3.2.1.3. Evaporasyon

İşletmede kullanılan “Krommak Süt ve Gıda Makineleri İmalat Sanayi” tarafından yapılmış olan evaporasyon sistemi; santrifüj pompası, vakum pompası, ayırma tankı ve yoğuşturucu tüp olmak üzere dört ekipmandan oluşmaktadır. Sistemin çalışması, ayırma tankı ve yoğuşturucu tüp olmak üzere iki kısımda incelenebilir. Ayırma tankı içine dökülen süt, tank iç dizaynı sayesinde ince bir film tabakası şeklinde süzülerek akar. Tank iç basıncı vakum pompası sayesinde ortam basıncının altındaki değerlerdedir. Bu sayede süt içeriğinde bulunan su, sıvı fazdan gaz fazına geçer ve buhar vakum pompası ile yoğuşturucu tüp içerisine çekilir. Yoğuşturucu tüp, içlerindeki akışkanları bir birine karıştırmayacak, ancak indirekt olarak ısı transferini sağlayacak

şekilde dizayn edilmiş boru sisteminden oluşmaktadır. Dışta 30 cm çapında büyük bir boru ve bu borunun içerisine yerleştirilmiş 5 cm çapında 8 adet borudan oluşmaktadır. Yoğuşturucu tüp ters akışlı borulu bir ısı değiştiricidir. İçteki küçük çaplı borulardan soğutma suyu aşığıdan yukarı doğru beslenir. Aşığıdan giren soğuk su, yukarıdan ılık olarak çıkar. Dış tüpe ise, süttten ayrılan su buharı dış boruya yukarıdan beslenir. Buhar, dış boru içinde, içinden soğuk su geçen küçük boruların çevresinde yoğuşarak alt kısımdan su olarak sistemi terk eder.

Vakum pompası evaporasyon sisteminin kalbini oluşturmaktadır. Pastörizasyon sonrası süttün karıştırmalı kazandan, ayırma tankı içerisine beslenmesini, sütt içerisindeki suyun buhar fazına geğişini sağlayacak 600 mmHg civarındaki düşük basıncın oluşturulmasını ve süttten ayrılan buharın yoğuşturucu tüp içerisine çekilmesini mümkün kılmaktadır. Santrifüj pompası ise soğutma suyunun, yoğuşturucuya beslenmesini sağlamaktadır. İşletmede bulunan evaporasyon sistemindeki genel akışa ait ayrıntılı çizim EK-D'de, ayırma kazanı ve yoğuşturucu tüpüne ait açıklayıcı çizim EK-E'de, evaporatörün dıştan görünüşü ile ayırma tankının iç yapısının görünüşü ise şekil 3.3.3'de sunulmuştur.

Şekil 3.2.1.3. İşletmede bulunan vakum evaporatörün görünümü

(a) Evaporatörün dıştan görünümü (b) Evaporatör ayırma tankının iç yapısı



(a)



(b)

Vakum evaporasyon işlemindeki hesaplamalar için aşağıdaki denklemler kullanılmıştır (Geankoplis, 1992);

Gizli ısı denklemi (latent ısı); $Q_v = m_v * \lambda$

Isı transferi denklemi; $Q_c = m_c * C_p * \Delta T$

Toplam kuru madde denkleği; $m_1 * X_1 = m_2 * X_2$

3.2.1.4. Fermantasyon Sıcaklığına Soğutma

Soğutma işlemi yine pişirmede kullanılan çift cidarlı pişirme kazanı içerisinde yapılmaktadır. Ancak; bu sefer kazan cidarlarından buhar yerine soğuk su geçirilerek yapılır. Soğutma sırasında, pişirme işleminde olduğu gibi yine sütün karıştırılmasına devam edilir. Kullanılan soğuk su mevsim sıcaklıklarına göre değişmekle beraber 15-18 °C sıcaklıklarındadır. 1 ton sütün soğutulması yaklaşık olarak 45 dakika sürmektedir. Fermantasyon sıcaklığına soğutma işlemi için kullanılan ısı iletim denklemi $Q_c = m_c * C_p * \Delta T$ ' dir (Geankoplis, 1992).

3.2.1.5. Kremanın ayrılması

İşletmede kremayı süttten ayırmak için diskli santrifüj separatör kullanılmaktadır. Separatör haznesi döküm demirdir. Hazne içerisinde 72 adet paslanmaz çelik disk bulunmaktadır. Dikey ekseninde dönmek için uygun tasarlanmış bir sistemdir. Süt, separatöre üst kısımdaki haznesinden beslenir. Krema üst çıkıştan, kreması alınmış süt alt çıkıştan tahliye edilir. 1 ton sütün separatörden geçirilmesi 75 dakika kadar sürmektedir. Hayli eski bir makinedir. Dakikada devir sayısı hakkında bir bilgiye ulaşamamıştır. İşletmede bulunan krema separatörüne ait açıklayıcı çizim EK-F'de ve separatörün dıştan görünüşü ise aşağıda şekil 3.3.5'de sunulmuştur. Krema ayırma işlemi için toplam kütle ve yağ deklükleri kullanılmıştır.

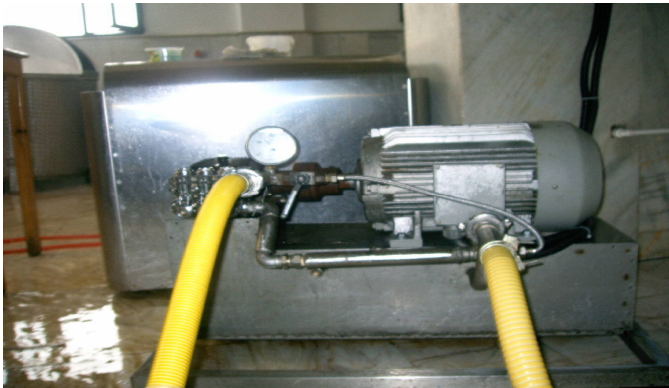
Şekil 3.2.1.5. İşletmede bulunan diskli separatörün görünümü



3.2.1.6. Homojenizasyon

Homojenizasyon; üç pistonu sahip homojenizatör ile, sütün pişirme kazanından emilip, ¼ MEG 1515 numaralı homojenizatör iğnesinden geçirilmesiyle yapılmaktadır. Elektrik motorundan şaft ile pistonlara hareket aktarılır. Homojenizatöre bağlı iğne girişi önündeki basıncı ölçen bir gösterge mevcuttur. Bu işlem 160 bar basınçta yürütülür. İğneden geçemeyen fazla süt, geri besleme sistemiyle tekrar giren süte karışarak pistonlardan iğneye sevk edilir. Homojenizatöre sütün beslenmesi ve homojenize edilmiş sütün tahliye edilmesi için 5 cm çapındaki plastik boru kullanılır. 1 ton süt ortalama olarak 1 saat içinde homojenize edilebilmektedir. İşletmede bulunan pistonlu homojenizatöre ait ayrıntılı çizim EK-G’de ve homojenizatörün dıştan görünüşü ise şekil 3.3.6’da sunulmuştur.

Şekil 3.2.1.6. İşletmede bulunan tek kademeli ve pistonlu homojenizatörün görünümü



3.2.1.7. Fermantasyon

Yaygın olarak tüp gaz adıyla bilinen, sıvılaştırılmış petrol gazı ülkemizde ısıtma işleminde yaygın olarak kullanılan bir enerji kaynağıdır. LPG; havadan ağır, renksiz ve kokusuz yanıcı bir gazdır. Ancak oluşabilecek bir sızıntının hemen anlaşılması için rafinerilerde özellikle kokulandırılmıştır. Ham petrolün, rafinelede arıtılması ile veya doğalgazdan elde edilen LPG, çelik tüplere doldurularak tüketiciye sunulmaktadır. Gazın bileşimi %70 bütan, %30 propandır (Anonim, 2006 g).

Yoğurt kaplarına dolum ve yoğurt fermantasyonu 9 m² büyüklüğündeki fermantasyon odasında gerçekleştirilmektedir. Odanın 42 °C civarında tutulması, 12 kg'lık LPG tüpüne bağlı, yerden 25 cm kadar yüksekte olan gaz ocağı kullanılarak sağlanır. Oda sıcaklığı, giriş kapısının, cam kısmına asılmış civalı termometre ile kontrol edilip gerektiğinde tüp vanasının kısılması veya açılması sayesinde istenilen sıcaklıkta sabit tutulmaya çalışılmaktadır. Sıcaklığın odada homojen dağılmasını sağlayacak herhangi bir araç yoktur. Ayrıca sıcaklığın korunması için yalıtım materyali de bulunmamaktadır. Zeminin tamamı ve duvarlar 170 cm yüksekliğe kadar mermer ile kaplanmıştır.

Şekil 3.2.1.7. İşletmenin fermantasyon odasının görünümü

(a) Dıştan görünüş (b) Odayı ısıtmada kullanılan tüplü yer ocağı



(a)



(b)

Fermantasyon odasındaki işlemler ile ilgili hesaplamalar için aşağıdaki denklikler kullanılmıştır (Çengel, 2003);

$$R_i = \frac{1}{h_i A}, \quad R_o = \frac{1}{h_o A}, \quad R_{du\ var} = \frac{L}{kA} = \frac{R_{degeri}}{A},$$

$$R_{toplam} = R_i + R_o + R_{du\ var} \quad R_{toplam} = R_i + R_{du\ var} + R_{izolasyon} + R_o \quad Q \cdot = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{toplam}}$$

3.2.1.8. Soğuk Havada Depolama

İşletmede üretilen yoğurt ve ayranın sevkiyata kadar 4°C’de bekletildiği; 13 m² büyüklüğündeki soğuk hava deposu bulunmaktadır. Soğutma tertibatında Freon 22 kullanılmaktadır. Kontrol panelinde sıcaklığı gösteren dijital gösterge mevcuttur. Zemin mermer, duvarlar ise fayansla kaplanmıştır. Herhangi bir yalıtım materyali burada da kullanılmamıştır. Soğuk hava deposu için kullanılan ısı denklikleri, fermantasyon odası için kullanılan ısı denklikleri ile aynıdır ve 3.3.7. Fermantasyon bölümünde verilmiştir.

3.2.2. Araştırma Planı

Araştırmaya 2006 yılının eylül ayında başlanmıştır. İlk olarak, üretim hattında bulunan araçların çalışma prensipleri ve yapısal özellikleri ortaya konmuştur. Daha sonra hangi noktalarda hangi ölçümlerin yapılacağına karar verilmiştir. Bu noktalardan Eylül ve Ekim aylarında ayda ikişer kez ölçümler alınmıştır. Christie J. Geankopolis’in Transport Processes and Unit Operations (1993) kitabındaki kütle ve enerji denklemleri, R.L. Earle ve M.D. Earle’ nin Unit Operations in Food Processing (2004) kitabından ise araştırma materyallerine ait fiziksel ve termal değerler (ısı iletkenlik, latent ısı, yoğunluk vs.) kullanılarak, teorik değerlere ulaşılmıştır. Gerçek değerler yapılan ölçümlerle anlaşılmıştır. En son olarak; bu gerçek değerler ile teorik değerlerin kıyaslanmasına gidilmiştir. Hesaplamalar için gerekli olan ölçümlerin alındığı noktalar EK-B’de sunulmuştur. Çalışmada özetle aşağıdaki sıralama izlenmiştir;

1. İş akışının çıkarılması

2. Isı denkliği yapılacak donanımın tanıtılması
3. Prosesin sıcaklık zaman grafiğinin çizilmesi
4. Kontrol hacminin çizilerek, giren ve çıkan enerjilerin ve kütlelerin şematik olarak gösterilmesi
5. Ölçüm noktalarının belirlenmesi ve ölçümlerin yapılması
6. Hesaplarda kullanılacak kabullerin belirlenmesi
7. Hesapların yapılması
8. Hesapların çizelge halinde çıkarılması
9. Sonuçların değerlendirilmesi ve önerilerin yapılması

3.2.3. Sıcaklık, pH, debi, sütte kuru madde ve basınç ölçülmesi

Sıcaklık ölçümü için dijital termometre, pH ölçümü için dijital pH metre kullanılmıştır. Her iki cihazın da kalibrasyon süreleri geçerlidir. Kuru madde ölçümleri işletmede normal proseslerde kullanılan el refraktometresi ile yapılmıştır. Debi ölçümleri; kronometre tutularak belli bir süre içinde akan sıvının, darası alınmış kap içerisinde biriktirilip kütesinin dijital terazide tartılması ile, basınç ölçümleri ise; boru hatlarında ve araçlar üzerinde mevcut bulunan basınç göstergelerinin okunması ile elde edilmiştir.

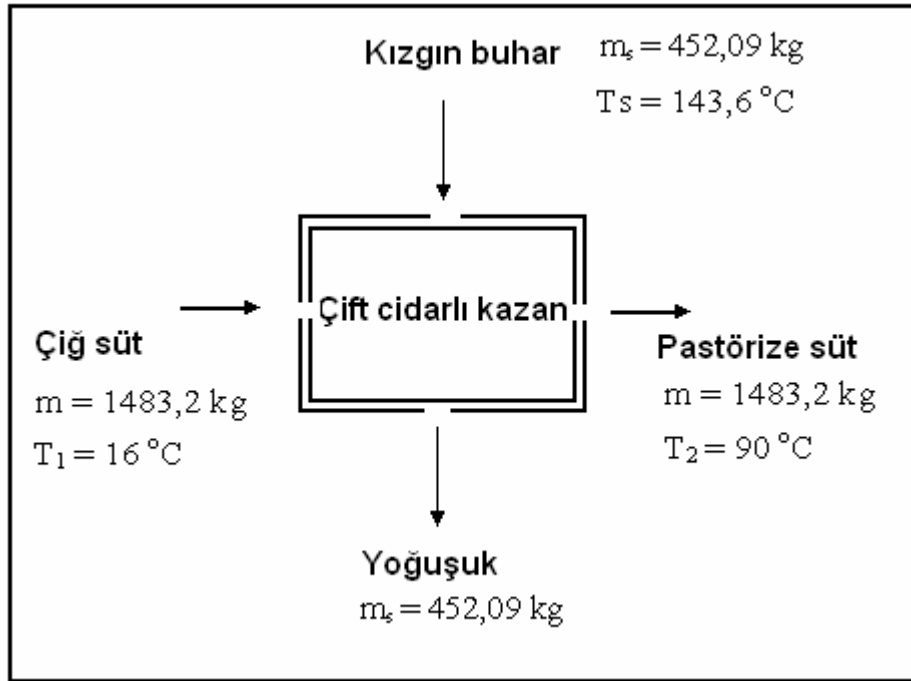
3.2.4. Enerji tüketimlerinin ölçülmesi

Tesiste üç çeşit enerji kullanılmaktadır. LPG tüp kullanılarak ısıtılan fermantasyon odası için, fermantasyon öncesi ve sonrasında tüp kütesinin tartılmasıyla tüketilen LPG miktarı tespit edilmiştir. Elektrik tüketimi hem sayaçtan, hem aylık olarak faturadan okumak suretiyle, hem de soğutucu için teknik bilgileri içeren katalogdan okumak suretiyle, harcanan teorik güç belirlenmiştir. Odun; buhar kazanının çalıştırılması için gerekli olan enerjinin sağlanmasında kullanılmaktadır. Buhar kazanından elde edilen buhar sadece çiğ sütün pastörizasyonu için kullanılmaktadır. Harcanan buhar miktarı yoğuşuk debisinin ölçülmesiyle belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Pastörizasyon ve Soğutma ile İlgili Bulgular

Şekil 4.1.1. Pastörizasyon işleminde kütle ve enerji giriş çıkışları



Kazan ısı transfer alanı:

Kazanın iç yarıçapı (r) : 0,705m

Sıvının kazan içindeki yüksekliği (L) : 0,92m

Yan Yüzey alanı (A_1)

$$A_1 = 2 * \pi * r * L$$

$$A_1 = 4,08 \text{ m}^2$$

Taban yüzey alanı (A_2)

$$A_2 = \pi * r^2$$

$$A_2 = 1,56 \text{ m}^2$$

Toplam yüzey alanı ($A = A_1 + A_2$)

$$A = 5,64 \text{ m}^2$$

Kazan içindeki süt hacmi:

$$V = \pi * r^2 * L$$

$$V = 1,44 \text{ m}^3$$

Çiğ sütün sıcaklığının 16°C'den, pastörizasyon sıcaklığına (90°C) ulaştırmak için gerekli olan ısı miktarının belirlenmesi:

$$T_1 = 16 \text{ °C}$$

$$T_2 = 90 \text{ °C}$$

$$\rho = 1.030 \text{ kg/m}^3 \quad 20^\circ\text{C deki sütün yoğunluğu} \quad (\text{Earle, 2004})$$

$$C_p = 3,9 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ °C}^{-1} \quad 20^\circ\text{C deki sütün ısı tranfer katsayısı} \quad (\text{Earle, 2004})$$

$$V = 1,44 \text{ m}^3$$

$$m = \rho * V$$

$$m = 1.030 * 1,44$$

$$m = 1.483,2 \text{ kg} \quad \text{Pastörize edilecek sütün kütlesi 1.483,2 kg 'dır.}$$

$$Q_m = m * C_p * (T_2 - T_1)$$

$$Q_m = 1.483,2 * 3,9 * (90-16)$$

$$Q_m = 428.051,52 \text{ kJ}$$

Çiğ sütün sıcaklığının 16°C den pastörizasyon sıcaklığına (90°C) ulaştırmak için gerekli olan ısı enerjisi miktarı $Q = 428.051,52 \text{ kJ}$ 'dür.

Buharın vereceği ısı enerjisi miktarının belirlenmesi:

Göstergede okunan buhar basıncı: 3 bar

Gösterge basıncına atmosfer basıncı ilave edilerek 4 bar olarak elde edilen toplam basınç baz alınarak;

$$\text{Gizli ısı } (\lambda) = 2.134 \text{ kJ kg}^{-1} \quad (\text{Earle, 2004})$$

$$\text{Sıcaklık } (T_s) = 143,6 \text{ °C} \quad (\text{Earle, 2004})$$

Sütün 90°C sıcaklığa ulaşana kadar geçen zaman (t) = 3900 saniye

Buhar Yoğuğuğu Debisi (m_s'); Kazandaki yoğuğuk ıkığ vanasından çıkan suyun debisinin ölçülmesiyle, $0,11592 \text{ kg s}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Sütün 90°C sıcaklığa ulaştırmak için harcanan buhar miktarı m_s , buharın sahip olduğu enerji Q_s olmak üzere;
 $m_s = m_s' * t$

$$m_s = 0,11592 * 3900$$

$$m_s = 452,09 \text{ kg}$$

$$Q_s = m_s * \lambda$$

$$Q_s = 452,09 * 2.134$$

$$Q_s = 964.755,79 \text{ kJ}$$

Pastrizeasyonda kullanılan buharın vereceği ısı enerjisi miktarı $Q_s = 964.755,79 \text{ kJ}$ 'dr.

Pastrizeasyon ısı verimliliğinin belirlenmesi:

$$\begin{aligned} \text{Pastrizeasyon ısı verimliliği (\%)} &= \frac{\text{Süte aktarılan ısı enerjisi miktarı} * 100}{\text{Buharın taşıdığı ısı enerjisi miktarı}} \\ &= \frac{428.051,52}{964.755,79} * 100 = 44,37\% \end{aligned}$$

Pastrizeasyon işleminde buhardan süte olan ısı aktarımının verimliliği $\% 44,37$ 'dir.

Çizelge 4.1.1. Pastrizeasyon ve soğutma sırasında süt sıcaklığının zamanla değişimi



Toplu ısı transfer katsayısının (U) belirlenmesi:

$$Q' = U * A * \Delta T$$

$$Q' = U * A * (T_s - T_1)$$

$$\text{Toplam ısı transfer alanı (A)} = 5,64\text{m}^2$$

$$\text{Buhardan kazanılan ısı enerjisi miktarı (Q)} = 964.755,79 \text{ kJ}$$

$$\text{Buhar sıcaklığı (T}_s\text{)} = 143,6^\circ\text{C}$$

$$\text{Çiğ süt giriş sıcaklığı (T}_1\text{)} = 16^\circ\text{C}$$

$$\text{İşlem süresi (t)} = 3900\text{s}$$

Birim zamanda aktarılan ısı enerjisi Q', toplu ısı transfer katsayısı U olmak üzere

$$Q' = \frac{Q}{t}$$

$$Q' = \frac{964.755,79}{3900} = 247,38\text{kJ/s}$$

$$U = \frac{Q'}{A * (T_s - T_1)}$$

$$U = \frac{247,38}{5,64 * (143,6 - 16)}$$

$$U = 0,34 \text{ kJ m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

$$U = 340 \text{ J m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \text{ s}^{-1} = 59,88 \text{ Btu ft}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ }^\circ\text{F}^{-1}$$

Bu denklem sadece ısıtmanın başında uygulanabilir çünkü sıcaklık yükselmesi azaldıkça yani ΔT değeri azaldıkça daha az buhar tüketilecektir. Toplu ısı transferini analiz ederken yüzey ısı transfer kat sayısını içeren “Fourier’s Law” denkleğini kullanmak daha doğru sonuç verecektir. Karıştırmalı kazanda ısı, bir yüzey ısı transfer katsayısı ile ısıtma yüzeyinden girer. Bu katsayı ısı akışını etkileyerek, aynı malzemeden yapılmış ve aynı ısı transfer yüzey alanına sahip soğutma veya ısıtma işlemlerinde aynı sonuçların ortaya çıkmasına sebep olur (Anonim, 2006 a).

$$\text{Etki yüzey alanı (A)} = 5,64\text{m}^2$$

$$\text{Sütün ısı kapasitesi (C}_p\text{)} = 3900 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\text{İşlem süresi (t)} = 3900 \text{ s}$$

$$\text{Buhar sıcaklığı (T}_s\text{)} = 143,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

Sütün ilk sıcaklığı (T_1) = 16°C

Sütün son sıcaklığı (T_2) = 90°C

Süt hacmi (V) = 1,44 m³

Süt yoğunluğu (ρ) = 1030 kg/m³

Yüzey ısı transfer katsayısı olmak üzere h_s olmak üzere;

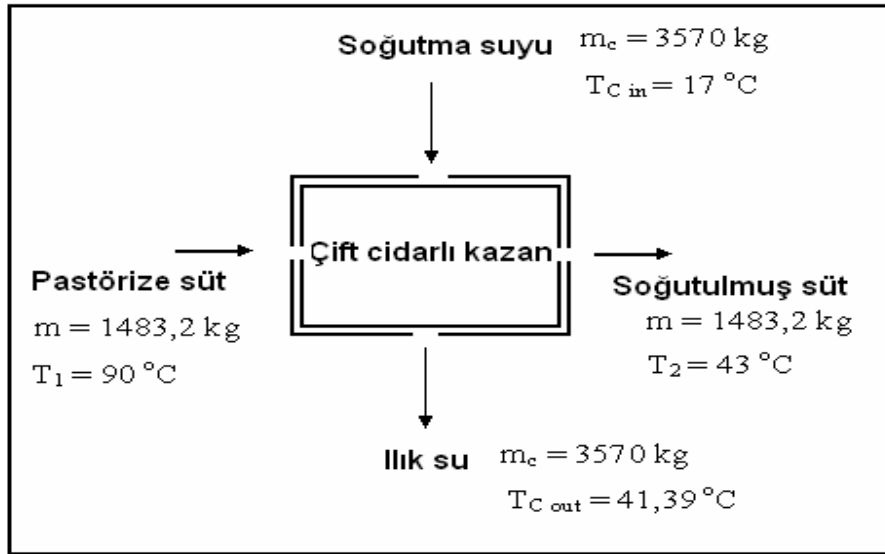
$$\frac{(T_2 - T_s)}{(T_1 - T_s)} = \exp\left(\frac{-h_s A t}{c_p \rho V}\right)$$

$$\frac{(90 - 143,6)}{(16 - 143,6)} = \exp\left(\frac{-h_s * 5,64 * 3900}{3900 * 1030 * 1,44}\right)$$

$$h_s = 390,24 \text{ j m}^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

Pastörizasyon sıcaklığındaki sütün (90°C), fermantasyon için 43°C 'ye soğutulması için harcanan soğutma suyu miktarının belirlenmesi:

Şekil 4.1.2. Soğutma işleminde kazana kütle ve enerji giriş çıkışları



Sütten uzaklaştırılması gereken ısı miktarının belirlenmesi:

Sütün ilk sıcaklığı (T_1) = 90 °C

Sütün soğutma sonrası sıcaklığı (T_2) = 43 °C

Sütün ısı kapasitesi (C_p) = 3900 j kg⁻¹ °C⁻¹

Sütten uzaklaştırılması gereken ısı enerjisi miktarı (Q_m) olmak üzere;

$$Q_m = m * C_p * (T_2 - T_1)$$

$$Q_m = 1.483,2 * 3,9 * (90 - 43)$$

$$Q_m = 271.870,56 \text{ kJ}$$

Sütün sıcaklığının 45°C'ye düşmesi için sütten uzaklaştırılması gereken ısı miktarı (Q_m) 271.870,56 kJ' dır.

Teorikte gerekli olan soğutucu su miktarının belirlenmesi:

Soğutma suyu giriş sıcaklığı (T_{C1}) = 17 °C

Soğutma suyunun ortalama çıkış sıcaklığı (T_{C2}) = 41,39 °C

Soğutma suyu debisi (m_c') = 1,41667 kg s⁻¹

Soğutma süresi (t_c) = 2520s

Toplam harcanan soğuk su miktarı ($m_c = m_c' * t_c$) = 3.570 kg

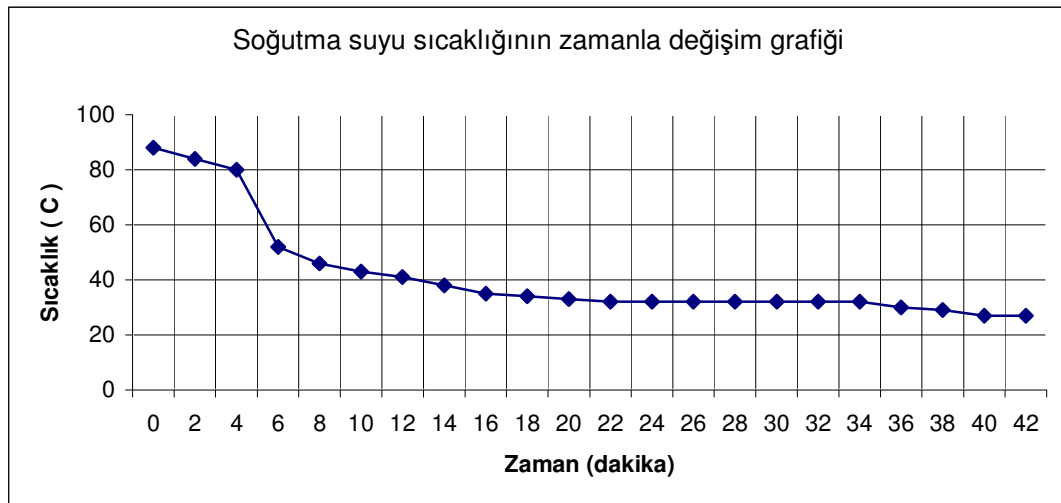
$$Q_m = m_{c \text{ teorik}} * C_{p \text{ su}} * (T_{C1} - T_{C2})$$

$$271.870,56 = m_{c \text{ teorik}} * 4,18 * (41,39 - 17)$$

$$m_{c \text{ teorik}} = 2.666,70 \text{ kg}$$

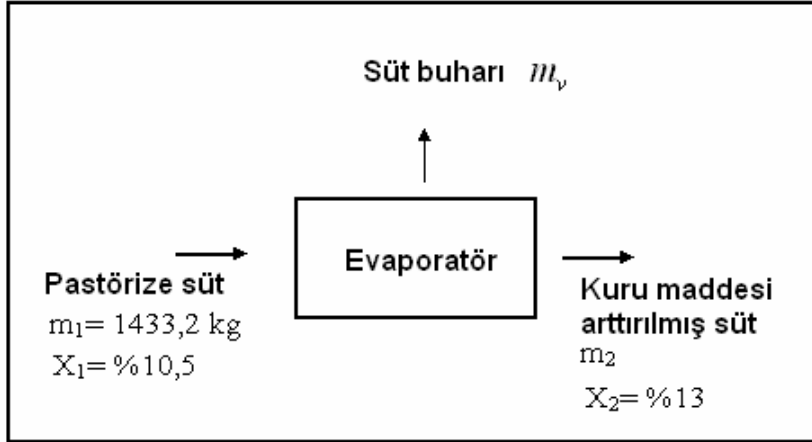
Sütün soğutulması için toplam harcanan soğuk su miktarı 3.570 kg'dır. Oysa ki, teorik olarak gerekli su miktarı 2.666,70 kg'dır. Gerçekte harcanan soğutma suyu miktarı, teorikte harcanması gereken su miktarından % 33,87 kadar daha fazladır.

Çizelge 4.1.2. Pastörizasyon sonrası sütün fermantasyon sıcaklığına soğutulması sırasında soğutma suyu sıcaklığının zamanla değişimi



4.2. Evaporasyon ile İlgili Bulgular

Şekil 4.2.1. Evaporasyon işlemi kütle giriş çıkışları



Çiğ sütün kuru maddesi (X_1) = %10,5

Evaporasyon sonrası kuru madde (X_2) = %13

Evaporatöre beslenen süt miktarı (m_1) = 1.433,2 kg

Evaporatörden çıkan süt miktarı (m_2)

Evaporatörde süttten uzaklaştırılan su miktarı (m_v) olmak üzere

Evaporasyon ile süttten uzaklaştırılan su miktarının belirlenmesi:

Kuru madde denkliği;

$$m_1 * X_1 = m_2 * X_2$$

$$1.433,2 * 0,105 = m_2 * 0,13$$

$$m_2 = 1.157,58 \text{ kg}$$

Ayrılan buhar miktarı

$$m_v = m_1 - m_2$$

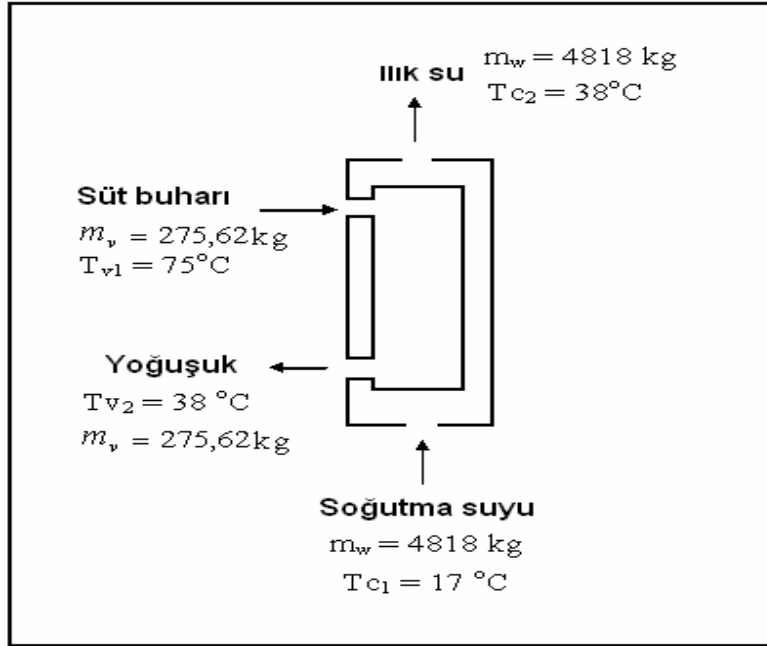
$$m_v = 1433,2 - 1157,58$$

$$m_v = 275,62 \text{ kg}$$

Evaporasyon ile süt içerisinde 275,62 kg su buhar fazına geçirilmek suretiyle uzaklaştırılmıştır.

Evaporatörün yoğuşturucu kısmı ile ilgili enerjilerin belirlenmesi:

Şekil 4.2.2. Yoğuşturucuda enerji ve kütle giriş çıkışları



Yoğuşturulan süt buharı (m_v) = 275,62 kg

Evaporatör iç basıncı = süt buhar basıncı 600 mmHg = 79,97 kPa baz alınarak

Süt buharı sıcaklığı $T_{v1} = 75^\circ\text{C}$ (Earle, 2004)

Latent ısı (λ) = 2274 kJ kg⁻¹ (Earle, 2004)

Süt buharı yoğuşuğu çıkış sıcaklığı (T_{v2}) = 38 °C

Soğutucu su giriş sıcaklığı (T_{c1}) = 17 °C

Soğutucu su çıkış sıcaklığı (T_{c2}) = 38 °C

İşlem süresi (t) = 55 dakika = 3.300 saniye

Soğutma suyu debisi (m_c') = 1,46 kg s⁻¹

Harcanan soğutucu su miktarının belirlenmesi:

Toplam harcanan soğutma suyu miktarı m_c olmak üzere;

$$m_c = m_c' * t$$

$$m_c = 1,46 * 3300$$

$$m_c = 4.818 \text{ kg}$$

Süt buharının yoğuşturulması için uzaklaştırılması gereken ısı miktarının belirlenmesi :

$$Q_v = m_v * \lambda$$

$$Q_v = 275,62 * 2274$$

$$Q_v = 626.759,88 \text{ kJ}$$

Süt buharının tamamının yoğuşturulması için uzaklaştırılması gereken ısı enerjisi miktarı 626.759,88 kJ' dür.

Soğutma suyu ile uzaklaştırılan ısı miktarının belirlenmesi :

$$Q_c = m_c * C_p * \Delta T$$

$$Q_c = 4.818 * 4,18 * (38-17)$$

$$Q_c = 422.924,04 \text{ kJ}$$

$$\text{Ortama yayılan ısı} = Q_v - Q_c$$

$$= 626.759,88 - 422.924,04$$

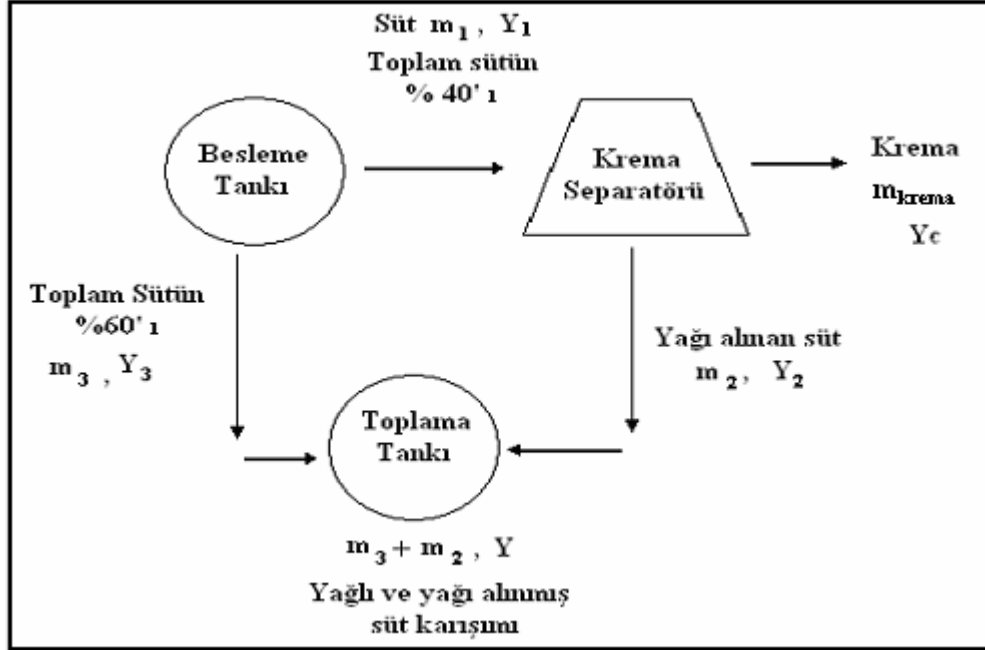
$$\text{Ortama yayılan ısı} = 203.835,84 \text{ kJ}$$

Süt buharının yoğuşturulması sırasında 422.924,04kJ 'lük enerji soğutma suyu sayesinde uzaklaştırılırken, 203.835,84 kJ 'lük enerji ise kendi kendine ortamla arasında meydana gelen ısı transferi sayesinde uzaklaşmaktadır.

4.3. Krema Separasyonu ile İlgili Bulgular

Evaporatörden çıkan sütün %40'ı krema separatöründen geçirilmektedir. Evaporatörden çıkan süt miktarı 1.157,58 kg olduğu görülmektedir.

Şekil 4.3. Krema ayrılması işlemindeki süt akışları



Krema separatörüne giren süt miktarı (m_1) = 1.157,58 * 0,40 = 463,03 kg

Krema separatörüne giren sütün yağ içeriği (Y_1) = %3,4

Sütten ayrılan krema miktarı (m_{krema}) = 18,66 kg

Kremanın yağ içeriği yaklaşık olarak (Y_c) = %45

Krema separatöründen çıkan süt miktarı ($m_2 = m_1 - m_{\text{krema}}$) = 444,37kg

Separatörden çıkan sütün yağ içeriğinin belirlenmesi:

$$m_1 * Y_1 = m_2 * Y_2 + M_c * Y_c$$

$$460,03 * 0,034 = 444,37 * Y_2 + 18,66 * 0,45$$

$$Y_2 = 0,0165$$

$Y_2 = \%1,65$ separatörden çıkan süt %1,65 yağ içermektedir.

Krema separatöründen çıkan süt ile separatörden geçirilmeyen sütün karıştırılması ile değişen yağ oranının belirlenmesi:

Separatörden çıkan süt miktarı (m_2) = 444,37kg

Separatörden çıkan sütün yağ içeriği (Y_2) = %1,65

Separatöre girmeyen süt miktarı (m_3) = 1.157,58 – 463,03 = 694,55 kg

Separatöre girmeyen sütün yağ içeriği (Y_3) = %3,4

$$Y = \frac{m_2 * Y_2 + m_3 * Y_3}{(m_2 + m_3)}$$

$$Y = \frac{444,37 * 0,0165 + 694,55 * 0,034}{444,37 + 694,55}$$

$Y = 0,027$ son ürünün yağ oranı, %2,7 dir.

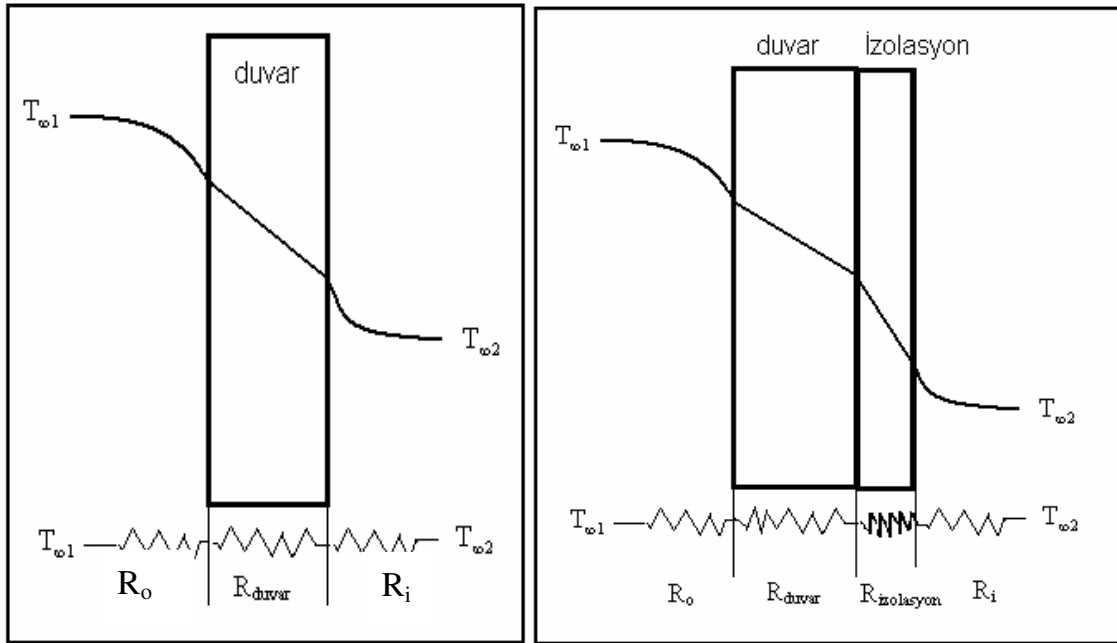
4.4. Fermantasyon Odası ile İlgili Bulgular

Fermantasyon odasına gelen sütün sıcaklığı 42-43°C civarındadır. Burada sütün ısıtılması için değil sadece sütün sıcaklığının sabit tutulması için enerji harcanmaktadır. Bu da oda sıcaklığının 42°C’de sabit tutulmasıyla mümkün olmaktadır. Fermantasyon odasında izolasyonsuz durumda ve duvarlar ile tavanda yalıtım malzemesi olarak 2,45 m² °C W⁻¹ ısı dirence sahip 90 mm kalınlığında cam yünü kullanılarak izolasyon yapılması durumunda meydana gelen ısı kayıplarının yaz ve kış ayları için hesaplanması ve odanın ısıtma verimliliği aşağıda belirlenmiştir.

Şekil 4.4. İzolasyonsuz ve izolasyonlu durumlardaki dirençlerin gösterimi

(a) İzolasyonsuz durumda ısı dirençleri

(b) İzolasyonlu durumda ısı dirençleri



Fermantasyon odası ve soğuk hava deposu ile ilgili değerler aşağıdaki gibidir (Çengel, 2003);

İç ortam ısı transfer katsayısı

$$h_i = 8,29 \text{ W m}^{-2} \text{ °C}^{-1}$$

Kış ayları için dış ortam ısı transfer katsayısı

$$h_o = 34 \text{ W m}^{-2} \text{ °C}^{-1}$$

Yaz ayları için dış ortam ısı transfer katsayısı

$$h_o = 22,7 \text{ W m}^{-2} \text{ °C}^{-1}$$

Betonarme duvarın ısı transfer direnci sabiti

$$R_{\text{değeri}} = 0,4359 \text{ m}^2 \text{ °C W}^{-1}$$

Betonarme duvarın ısı transfer direnci

$$R_{\text{duvar}}$$

İç ortam ısı transfer direnci	R_i
Dış ortamın ısı transfer direnci	R_o
İzolasyon malzemesinin kalınlığı	L_{izo}
İzolasyon malzemesinin ısı transfer katsayısı	k_{izo}
İzolasyon malzemesi ısı transfer direnci sabiti	R_{izo} değer
Sistemdeki toplam ısı transfer direnci	R_{toplam}
Yaz ayları için ortalama dış ortam sıcaklığı	$T_{\infty 1} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$
Kış ayları için ortalama dış ortam sıcaklığı	$T_{\infty 1} = 8 \text{ } ^\circ\text{C}$
Soğuk hava odası iç sıcaklığı	$T_{\infty 2} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$
Fermantasyon odası iç sıcaklığı	$T_{\infty 2} = 42 \text{ } ^\circ\text{C}$

Fermantasyon odasında kış ayları için ısı kaybının belirlenmesi;

$$R_i = \frac{1}{h_i A}$$

$$R_i = 0,0029 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$R_o = \frac{1}{h_o A}$$

$$R_o = 0,0007 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$R_{du \text{ var}} = \frac{L}{kA} = \frac{R_{degeri}}{A}$$

$$R_{du \text{ var}} = 0,0542 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$R_{toplam} = R_i + R_o + R_{du \text{ var}}$$

$$R_{toplam} = 0,0578 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$Q^* = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{toplam}}$$

$$Q^* = 588,44 \text{ W}$$

Fermantasyon odasında yaz ayları için ısı kaybının belirlenmesi:

$$R_i = \frac{1}{h_i A}$$

$$R_i = 0,0029 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$R_o = \frac{1}{h_o A}$$

$$R_o = 0,0011 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$R_{du\text{ var}} = \frac{L}{kA} = \frac{R_{degeri}}{A}$$

$$R_{du\text{ var}} = 0,0542 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$R_{toplam} = R_i + R_o + R_{du\text{ var}}$$

$$R_{toplam} = 0,0581 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$Q^* = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{toplam}}$$

$$Q^* = 292,60 \text{ W}$$

Fermantasyon odasında kış ayları için izolasyonlu durumda ısı kaybının belirlenmesi:

$$R_{izolasyon} = \frac{L_{izo}}{k_{izo} A} = \frac{R_{izo\text{ deger}}}{A}$$

$$R_{izolasyon} = 0,0582 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$R_{toplam} = R_i + R_{du\text{ var}} + R_{izolasyon} + R_o$$

$$R_{toplam} = 0,1160 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$Q^* = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{toplam}}$$

$$Q^* = 293,10 \text{ W}$$

Fermantasyon odasında yaz ayları için izolasyonlu durumda ısı kaybının belirlenmesi:

$$R_{izolasyon} = \frac{L_{izo}}{k_{izo} A} = \frac{R_{izo\ deger}}{A}$$

$$R_{izolasyon} = 0,0582 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$R_{toplam} = R_i + R_{du\ var} + R_{izolasyon} + R_o \quad R_{toplam} = 0,1163 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$Q^{\bullet} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{toplam}}$$

$$Q^{\bullet} = 137,57 \text{ W}$$

Fermantasyon sıcaklığının sağlanması için harcanan enerjinin ve ısıtma verimliliğinin belirlenmesi:

LPG tüp ağırlığı ilk okuma değeri : 23.650 g

LPG tüp ağırlığı son okuma değeri : 22.350 g

Harcanan LPG gaz miktarı : 1.300 gr = 1,3 kg

LPG tüp gazı (Gazın bileşimi %70 bütan, %30 propandır) ısıl enerji içeriği: 25.960 kJ/kg (Anonim, 2004 a)

Toplam harcanan enerji (Q_{LPG}) = 1,3 * 25.960 = 33.748 kJ

İşlem süresi: 3,5 saat

Kış ayları için fermantasyon odası ısıl verimliliğinin belirlenmesi:

Fermantasyon odasında kaybolan enerji (Q^{\bullet})588,44 W'dır.

$$Q = Q^{\bullet} * t$$

$$Q = 7.414 \text{ kJ}$$

Fermantasyon odasında bir fermantasyon süresi boyunca yani 3,5 saatte toplam kaybolan enerji miktarı 7.414 kJ'dür.

$$\text{Verimlilik (\%)} = \frac{Q_{teorik}}{Q_{LPG}} = \frac{7414}{33748} * 100 = \%22$$

Fermantasyon odasında kış ayları için ısıtma veriminin %22 olduğu belirlenmiştir.

4.5. Soğuk Hava Deposu İle İlgili Bulgular

Soğuk hava deposuna gelen yoğurt ve ayranın sıcaklığı yaklaşık 20°C civarındadır. Depoda ürünün 4°C ye kadar soğutulması ve sevkıyata kadar bu sıcaklıkta tutulması için enerji harcanmaktadır. Soğuk hava deposunda izolasyonsuz durumda ve duvar ile tavanda yalıtım malzemesi olarak 2,45 m² °C W⁻¹ ısıl dirence sahip 90 mm kalınlığında cam yünü kullanılarak izolasyon yapılması durumunda meydana gelen ısı kayıplarının yaz ve kış ayları için hesaplanması ve deponun soğutma etkinliği oranının belirlenmesi aşağıdaki gibidir.

Soğuk hava deposunda yaz ayları için ısı kaybının belirlenmesi;

$$R_i = \frac{1}{h_i A}$$

$$R_i = 0,0023 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$R_o = \frac{1}{h_o A}$$

$$R_o = 0,0009 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$R_{du\text{ var}} = \frac{L}{kA} = \frac{R_{degeri}}{A}$$

$$R_{du\text{ var}} = 0,0440 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$R_{toplam} = R_i + R_o + R_{du\text{ var}}$$

$$R_{toplam} = 0,0472 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$Q^* = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{toplam}}$$

$$Q^* = 444,91 \text{ W}$$

Soğuk hava deposunda kış ayları için ısı kaybının belirlenmesi;

$$R_i = \frac{1}{h_i A}$$

$$R_i = 0,0023 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$R_o = \frac{1}{h_o A}$$

$$R_o = 0,0006 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$R_{du\text{ var}} = \frac{L}{kA} = \frac{R_{degeri}}{A}$$

$$R_{du\text{ var}} = 0,0440 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$R_{toplam} = R_i + R_o + R_{du\text{ var}}$$

$$R_{toplam} = 0,0469 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$Q^{\bullet} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{toplam}}$$

$$Q^{\bullet} = 85,58 \text{ W}$$

Soğuk hava deposunda kış ayları için izolasyonlu durumda ısı kaybının belirlenmesi;

$$R_{izolasyon} = \frac{L_{izo}}{k_{izo} A} = \frac{R_{izo\text{ deger}}}{A}$$

$$R_{izolasyon} = 0,0473 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$R_{toplam} = R_i + R_{du\text{ var}} + R_{izolasyon} + R_o$$

$$R_{toplam} = 0,0945 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$Q^{\bullet} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{toplam}}$$

$$Q^{\bullet} = 232,80 \text{ W}$$

Soğuk hava deposunda yaz ayları için izolasyonlu durumda ısı kaybının belirlenmesi;

$$R_{izolasyon} = \frac{L_{izo}}{k_{izo} A} = \frac{R_{izo\ deger}}{A}$$

$$R_{izolasyon} = 0,0473 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$R_{toplani} = R_i + R_{du\ var} + R_{izolasyon} + R_o$$

$$R_{toplani} = 0,0942 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$$

$$Q^* = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{toplani}}$$

$$Q^* = 42,46 \text{ W}$$

Teorik olarak soğutma için harcanan enerjinin belirlenmesi:

Kapının açılmasıyla kaybolan ısı, aydınlatmadan kaynaklanan ısınma, zeminden kaybolan ısı, ürünlerin taşınması sırasında personelden kaynaklanan ısınma, ambalaj malzemesinin soğutulması için gerekli olan ısı ihmal edilmiştir. Bir ay için ortalama olarak günde 10 saat ve ayda 30 gün çalışıldığı için aylık ısı kaybı şöyledir;

$$Q^* = 444,91 \text{ W (yaz ayları için ısı kaybı)}$$

$$Q = 0,44491 * 3600 * 10 * 30$$

$$Q = 485.028 \text{ kJ/ay}$$

Duvar ve tavanda meydana gelen toplam aylık ısı kabı miktarı 480.600 kJ/ay 'dır.

Yoğurt ve ayranın soğutulması için harcanan enerjinin belirlenmesi:

$$\text{Aylık soğutulan yoğurt miktarı : } m_{yoğurt} = 26.000 \text{ kg/ay}$$

$$\text{Yoğurt kuru maddesi : } X_{su\ yoğurt} = \%13$$

$$\text{Yoğurdun depoya giriş sıcaklığı ve son sıcaklığı arasındaki fark: } \Delta T = (20-4) = 16^\circ\text{C} ,$$

$$\text{Yoğurttan uzaklaştırılması gereken ısı miktarı: } Q_{yoğurt} \text{ ise;}$$

$$C_{p\ yoğurt} = 1,675 + 2,5 * X_{su\ yoğurt} \quad (\text{Tajchakavit, 1997})$$

$$C_{p \text{ yoğurt}} = 1,675 + 2,5 * (1-0,13)$$

$$C_{p \text{ yoğurt}} = 3,85 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$Q_{\text{yoğurt}} = m_{\text{yoğurt}} * C_{p \text{ yoğurt}} * \Delta T$$

$$Q_{\text{yoğurt}} = 26000 * 3,85 * 16$$

$$Q_{\text{yoğurt}} = 1.601.600 \text{ kJ/ay}$$

Aylık soğutulan ayran miktarı : $m_{\text{ayran}} = 15.000 \text{ kg/ay}$,

Ayran kuru maddesi : $X_{\text{su ayran}} = \%6$

Ayranın depoya giriş sıcaklığı ve son sıcaklığı arasındaki fark: $\Delta T = (20-4)=16^{\circ}\text{C}$

Ayrandan uzaklaştırılması gereken ısı miktarı: Q_{ayran} ise;

$$C_{p \text{ ayran}} = 1,675 + 2,5 * X_{\text{su ayran}} \quad (\text{Tajchakavit, 1997})$$

$$C_{p \text{ ayran}} = 1,675 + 2,5 * (1-0,06)$$

$$C_{p \text{ ayran}} = 4,025 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$Q_{\text{ayran}} = m_{\text{ayran}} * C_{p \text{ ayran}} * \Delta T$$

$$Q_{\text{ayran}} = 15000 * 4,025 * 16$$

$$Q_{\text{ayran}} = 966.000 \text{ kJ/ay}$$

Yaz aylarında soğuk hava deposundan uzaklaştırılan toplam enerji miktarı Q_{toplam} ise;

$$Q_{\text{toplam}} = Q_{\text{ayran}} + Q_{\text{yoğurt}} + Q_{\text{kayıp}}$$

$$Q_{\text{toplam}} = 966.000 + 1.601.600 + 485.028$$

$$Q_{\text{toplam}} = 3.052.628 \text{ kJ/ay}$$

Soğutucunun harcadığı aylık elektrik enerjisinin belirlenmesi:

Cold Serie Tip TDC/0095-HZ Hermetic R22 soğutucunun kataloğundan elektrik tüketiminin 971 W olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla bir aylık elektrik tüketimi günde 10 saat çalışması durumunda şöyledir;

$$Q_{\text{soğutucu}} = 0,971 * 3.600 * 10 * 30 = 1.048.680 \text{ kJ/ay}$$

Soğutma etkinliğinin belirlenmesi:

Soğutma etkinliği oranı = $\frac{\text{Depodan uzaklaştırılan ısı miktarı}}{\text{Kompresöre verilen net iş}}$ olmak üzere

$$\text{Soğutma etkinliği} = \frac{3.052.628}{1.048.680} = 2,91$$

Soğuk hava deposundaki soğutma etkinliği oranı 2,91 olarak belirlenmiştir.

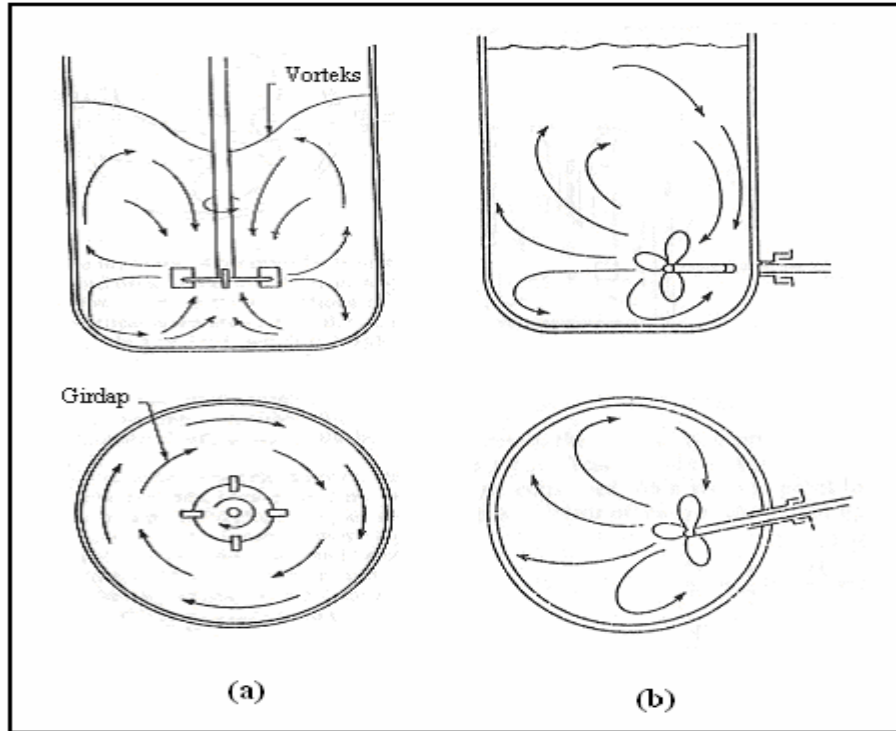
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

5.1. Sütün Pastörizasyonu ve Soğutulması ile İlgili Sonuçlar

Kazan içerisinde karıştırma nedeniyle, döngüsel akışın olması durumunda sıvı, karıştırıcı pedalların hareket yönünde akmaya başlayacak ve pedalların dönüş hızı ile sıvının hareket hızı birbirine yaklaşacaktır. Bu durumda karıştırmanın, sıvı üzerine olan olumlu etkisi azalmaktadır. Şaşırtmasız kazanlarda, karıştırıcılar yatay ve dikey akış oluşturmak yerine, döngüsel akışa neden olur. Döngüsel akışın çok güçlü olması durumunda ise bir girdap meydana gelir. Değişik karıştırıcı çeşitleri kullanılsa dahi, bu verimsizliği engellemek mümkün olamamaktadır. Şaşırtmasız kazanlarda yüksek karıştırma hızlarında vorteks daha derin olarak meydana gelmekte ve sıvı yüzeyi seviyesi karıştırma pedalları seviyesine kadar inebilmektedir. Bu durumda sıvı yüzeyinin üstünde bulunan gazlar sıvı içine karışabilmektedir. Genellikle bu istenmeyen bir durumdur (McCabe vd., 1985).

Şekil 5.1. Karıştırıcının iki farklı konumda yerleştirildiği şaşırtmasız tank içerisindeki sıvı hareketi (McCabe vd., 1985)

- (a) Karıştırıcının üstten sarkıtılarak kazan merkezine yerleştirilmiş olması durumunda
(b) Karıştırıcının yan şekilde, kazan kenarına yerleştirilmiş olması durumunda



Geankoplis (1993), kalaylanmış döküm demirden yapılmış çift cidarlı kazan içerisinde, cidarlara buhar beslenerek yapılan süt pastörizasyonunda karıştırmalı ve karıştırmasız durumlarda toplu ısı transfer katsayılarını sırasıyla 300 ve 200 Btu ft⁻² h⁻¹ °F⁻¹ olarak bulmuştur.

Bir başka çalışmada, paslanmaz çelik materyalden yapılmış çift cidarlı kazan içerisinde süt gibi, düşük yoğunluklara sahip sıvıların cidarlara buhar verilerek ısıtılması durumunda toplu ısı transfer katsayısının 1800 J m⁻² s⁻¹ °C⁻¹ olduğu; yoğun sıvıların, paslanmaz çelik kazan içerisinde yine cidarlara buhar verilerek ısıtılması durumunda toplu ısı transfer katsayısının 300 J m⁻² s⁻¹ °C⁻¹ olduğu; sütün boru içerisinden geçerken dıştan su ile ısıtıldığı sistemde toplu ısı transfer katsayısının 1800 J m⁻² s⁻¹ °C⁻¹ değerinde olduğu bildirmiştir. Plakalı ısı değiştiricilerde sütün pastörizasyonunda ise, toplu ısı transfer katsayısının 2.400-6.000 J m⁻² s⁻¹ °C⁻¹ değerleri arasında olduğu belirtilmiştir. Karıştırıcı, ısıtılan hammaddenin ısı transfer yüzeyinde hareket etmesi ve homojen bir ısı transferini mümkün kılması açısından önemlidir. Ayrıca karıştırma, ısıtıcı akışkandan tasarruf edilmesini sağlamaktadır. Karıştırmanın yapılmadığı durumlarda ise toplu ısı transfer katsayısı yarıya kadar düşüş göstermektedir (Anonim, 2006 a). Karıştırmalı ve karıştırmasız durumlarda çift cidarlı kazanlardaki toplu ısı transfer katsayıları çizelge 5.1.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1.1. Çift cidarlı kazanlardaki toplu ısı transfer kat sayıları (Geankoplis, 1993)

Cidar içindeki Akışkan	Kazan içindeki Akışkan	Kazan Yapısı	Karıştırma Durumu	Toplu Isı Transfer Katsayısı (U)	
				Btu ft ⁻² h ⁻¹ °F ⁻¹	W m ⁻² K ⁻¹
Buhar	Su	Bakır	Yok	150	852
Buhar	Su	Bakır	Karıştırmalı	250	1420
Buhar	Macun	Döküm Demir	Karıştırmalı	125	710
Buhar	Kaynayan su	Bakır	Yok	250	1420
Buhar	Süt	Kalaylanmış Döküm Demir	Yok	200	1135
Buhar	Süt	Kalaylanmış Döküm Demir	Karıştırmalı	300	1700
Sıcak su	Soğuk su	Kalaylanmış Döküm Demir	Yok	70	398
Buhar	Domates püresi	Metal	Karıştırmalı	30	170

İşletmede bulunan karıştırmalı kazandaki pastörizasyon işlemi boyunca süt sıcaklığının zamanla değişiminin ölçülmesi ile elde edilen değerler Çizelge EK-H'de; pastörizasyon sonrası cidara beslenen soğutma suyunun çıkış sıcaklığının değişimi ise EK-I'de sunulmuştur. Gerçekleştirilen pastörizasyon işleminin toplu ısı transfer katsayısının $340 \text{ (} 59,88 \text{ Btu ft}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ } ^\circ\text{F}^{-1}\text{)}$ - $390 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ($68,69 \text{ Btu ft}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ } ^\circ\text{F}^{-1}$, Fourier denklemiyle) olduğu belirlenmiştir. İşletme şartlarında belirlenen değerlerin literatürde belirtilen değerlerden oldukça düşük olduğu gözükmemektedir. Bu farklılığın muhtemel nedenleri arasında; işletmede paslanmaz çelikten yapılmış olan kazanın diğer metallere yapılan kazanlardan farklı ısı aktarımı göstermesi, karıştırma tiplerinin ısı transfer katsayısı üzerine olan etkisi, kazan ve karıştırıcı ölçülerinin değişiklik göstermesi, cidarlar içinde kireç tabakasının oluşması gibi faktörler olabilir. Sebep ne olursa olsun, benzer ekipmanlara kıyasla düşük ısı transfer katsayısının tespit edilmesi, işletmedeki pastörizasyon işleminin optimum verimden uzak şartlarda çalıştığının bir göstergesidir.

Pastörizasyon işleminde kullanılan buharın verebileceği ısı enerjisi miktarı (Q_s) $964.755,79 \text{ kJ}$ iken, çiğ sütün sıcaklığının 16°C den, 90°C 'ye ulaştırmak için gerekli olan ısı enerjisi miktarı (Q_m) ise $428.051,52 \text{ kJ}$ olarak belirlenmiştir. Buna göre; $135.964,68 \text{ kJ}$ 'lük bir enerji kaybı meydana gelmiştir. Pastörizasyon ısı verimliliği % $44,37$ 'dir. Pastörizasyon işlemi ile ilgili bulgular Çizelge 5.1.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1.2. İşletmedeki pastörizasyon işlemi ile ilgili bulgular

İşlem süresi	65 dakika
Toplam ısı transfer alanı	$5,64 \text{ m}^2$
Süt miktarı	$1.483,2 \text{ kg}$
Gerekli teorik ısı	$428.051,52 \text{ kJ}$ ($288,6 \text{ kJ/kg}$ süt)
Buharın verdiği ısı	$964.755,79 \text{ kJ}$ ($2.133,99 \text{ kJ/kg}$ buhar)
Toplu ısı transfer katsayısı	$340 \text{ J m}^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ s}^{-1} = 59,88 \text{ Btu ft}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ } ^\circ\text{F}^{-1}$
Toplu ısı transfer katsayısı (Fourier's Law denkliğini kullanarak)	$390,24 \text{ J m}^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ s}^{-1}$
Kaybedilen enerji	$55,63 \%$
Pastörizasyon ısı verimliliği	$44,37 \%$

Ortama ısı yayılması, cidarlar içinde ısı transfer yüzeyinde kireç ve benzeri kalıntıların meydana gelmesinden dolayı ısı transferine karşı direncin artması, kazan dışında yalıtımın yeterli olmaması, buhar besleme debisinin doğru ayarlanamaması, kazan materyali tarafından ve kalıntılar tarafından ısının soğurulması, ısı kayıplarının belli başlı nedenlerini oluşturmaktadır. Ayrıca kazan içinde vorteks oluşumunu engelleyici şaşırtmaların bulunmaması ve optimum karıştırma hızının tespit edilmeden yüksek devirde karıştırma yapılması, süte olan ısı iletiminin düşük değerlerde kalmasına sebep olmaktadır. Gereksiz yüksek devirde karıştırma ısı transferini olumsuz etkilediği gibi fazladan elektrik enerjisi tüketimine de neden olmaktadır.

Pastörizasyon sonrası sütün soğutulması için toplam harcanan soğuk su miktarı 3.570 kg'dır. Oysa ki, teorik olarak gerekli su miktarı 2.081,25 kg'dır. Gerçekte harcanan soğutma suyu miktarı, teorikte harcanması gereken su miktarından % 33,87 kadar daha fazladır.

5.2. Evaporasyon ile İlgili Sonuçlar

Evaporasyon, yüksek yatırım maliyeti ve yüksek enerji tüketimine sahip olan bir temel işlemdir. Düşük yatırım maliyeti ile düşük enerji tüketimini sağlayabilmek, evaporasyon sistemlerinin dizaynında ulaşılmaya çalışılan iki temel kriterdir. Son yirmi yıl içinde, başlangıç ekipman maliyetine kıyasla enerji maliyetinde hızlı bir artış meydana gelmiştir (Standiford 1963). Bu nedenle, yeni evaporasyon sistemlerinin dizaynlarındaki enerji verimliliği, en önemli kriter olarak yerini almıştır.

Kurulum sermayesini azaltmak ve düşük enerji maliyeti ile çalışmak amacıyla birçok evaporasyon sistemi dizayn edilmiştir. Yakıt fiyatlarının artması sonucu, ekonomik tasarruflara ulaşmak amacıyla, mevcut evaporasyon sistemleri üzerinde enerji tüketimini minimize edecek şekilde bazı modifikasyonlar geliştirmek mümkündür. Mevcut evaporasyon sistemlerini enerji tasarrufu açısından modifiye etmek amacıyla üç yol kullanılabilir (Anonim, 1977).

- Mevcut evaporasyon sisteminin, düşük yatırımlar ile, temel çalışma sistemini değiştirmeden verimliliğini arttırmak (çıkış vanalarını modifiye etmek, ilave

izolasyon kullanmak, su kullanımında tasarrufu arttırmak, vakum sızıntılarını önlemek)

- Orta düzeyde yatırımlar yaparak, üretim akışında değişiklikler yapmak (yoğuşukta ve ürün akımında mevcut bulunan ve yararlanılmayan ısıyı geri kazanmak)
- Yüksek düzeyde yatırımlar yaparak, fabrika çalışmasında verimliliği artırıcı yenilikler yapmak (fazladan evaporatör ünitesi ekleyerek etki sayısını arttırmak, buhar geri kazanım sistemi kurmak)

Farklı yöntemler kullanılarak sağlanan enerji tasarrufları Çizelge 5.2.1’de gösterilmiştir. Şüphesiz enerji tasarrufunda ve çalışma maliyetindeki düşüşler mevcut evaporasyon sisteminin çalışma koşullarına bağlıdır.

Çizelge 5.2.1. Evaporatör sistemlerinde farklı yöntemler kullanılarak sağlanabilecek enerji tasarrufları (Anonim, 1977).

Yöntem	Gerekli Yatırım Seviyesi	Sağlanabilecek Enerji Tasarrufu (%)
Vana ve ısı izolasyonu	Düşük	5
Çalışmayı etkinleştirme	Düşük	5
Isı geri kazanımlı ısı değiştirici kullanımı	Düşük	10
Yoğuşuk içindeki ısıyı tekrar kullanmak	Düşük	5
Termal basınç ünitesi kullanmak	Orta	45
Mekanik basınç ünitesi kullanmak	Yüksek	70-90
Etki sayısını arttırmak	Yüksek	$[1 - (N / (N+n))] * 100\%$

N: baştaki etki sayısı, n: eklenen etki sayısı

Evaporatör seçiminde, aşağıdaki faktörler dikkate alınmalıdır (Coulson ve Richardson, 1983);

- Gerekli üretim miktarı
- Besleme akımının viskozitesi ve bu viskozitenin evaporasyon boyunca artışı
- Elde edilecek ürün özellikleri (katı, sulu, derişik çözelti)
- Ürünün ısıya olan duyarlılığı
- Ürünün bozunma gösterip göstermemesi

- Çözeltilinin köpük yapma eğilimi olup olmadığı
- Doğrudan ısıtmanın uygulanıp uygulanamayacağı

Bu faktörler esas alınarak hazırlanan evaporatör seçim çizelgesi EK-İ'de sunulmuştur.

İşletmedeki evaporasyon sisteminin ayırma tankında süttten suyun ayrılması basınç düşüğüyle gerçekleşmekte, evaporasyon için her hangi bir ısı işlem uygulanmamaktadır. Yoğuşturucu tüp, işletmede değerlendirilmeden, atık olarak atılan süt buharının personele zarar vermeyecek şekilde yoğuşturularak atılması için kullanılmaktadır. Evaporasyon ile ilgili bulgular Çizelge 5.2.2'de sunulmuştur.

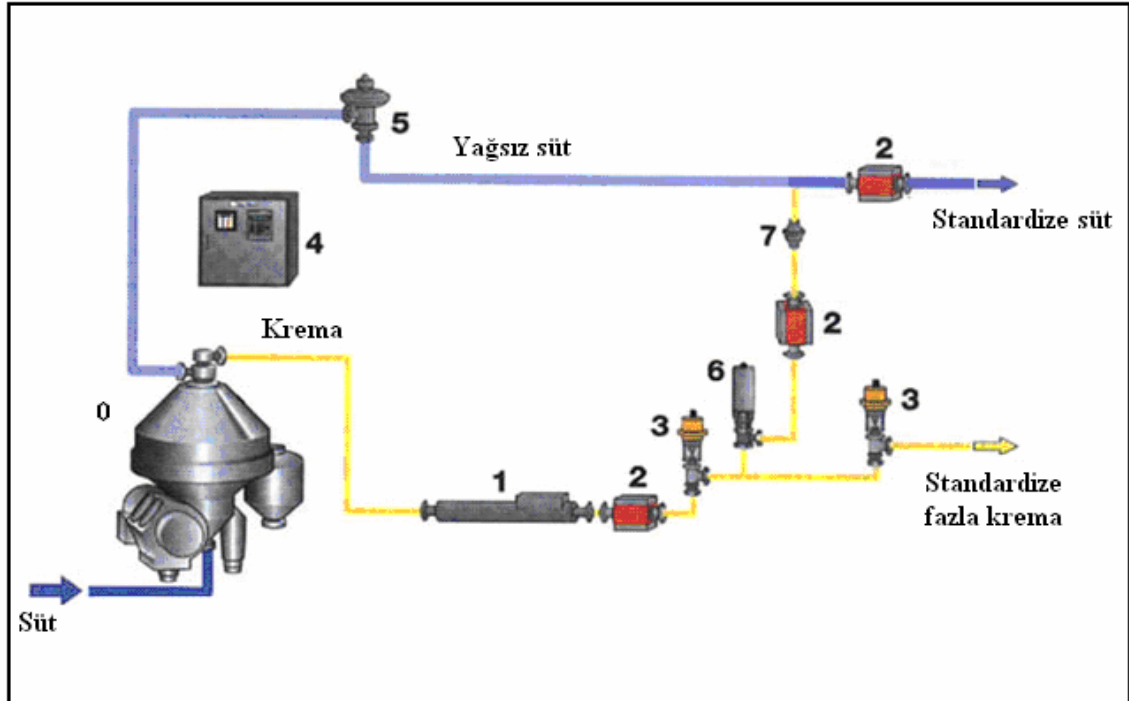
Çizelge 5.2.2. İşletmedeki evaporasyon sistemi ile ilgili bulgular

İşlem süresi	55 dakika
Beslenen süt miktarı	1.433,2 kg
Çıkan süt miktarı	1.157,58 kg
Sütten uzaklaştırılarak uzaklaştırılan su miktarı	275,62 kg
Harcanan soğutma suyu	4.818 kg
Çiğ süttün kuru maddesi	10,50%
Evaporasyon sonrası kuru madde	13%
Süt buharının sahip olduğı ısı	626.759,88 kJ
Soğutucu suyun uzaklaştırabileceğı ısı miktarı	422.924,04 kJ
Ortama yayılan ısı	203.835,84 kJ

5.3. Krema Ayrılması ile İlgili Sonuçlar

Klarifikasyon ve separasyon işlemlerinin ikisinin birden aynı zamanda, modern santrifüjlerin kullanılmasıyla yapılması mümkündür. Süt içerisindeki parçacıklar, süttten daha yoğun olduğu için dış yüzeye fırlatılacaktır. Santrifüj kuvveti ile ayrılan katı parçacıklar, kir, epitel hücreler, bakteri tortusu, çamur benzeri yabancı maddeleri içermektedir. Uzaklaştırılabilecek katı parçacık miktarı değişmekle beraber, bunların muhakkak süttten uzaklaştırılması gerekmektedir. Modern santrifüjler, kendi kendini temizleyebilme ve sürekli olarak çalışıp, ayırma ve klarifikasyon işlemlerini yerine getirebilme özelliklerine sahiptir. Bu tip santrifüjler özel olarak tasarlanmış hazne ile birlikte ikincil boşaltım deliklerinden oluşmaktadır. Bu delikler basınç altındayken kapalı bulunmaktadır. 0,15 saniyelik geçici bir basınç düşüşüyle, kapaklar açılarak çökelti boşaltılabilmektedir (Anonim, 2006 c). Ayrıca tam otomasyon ile çalışan süt yağı standardizasyon sistemleri de mevcuttur. Şekil 5.3' de tam otomatik olarak çalışan krema ve süt standardizasyon sistemine bir örnek sunulmuştur.

Şekil 5.3. Tam otomatik krema ve süt standardizasyon sistemi (Anonim, 1986)



0. Krema separatörü, 1. Yoğunluk iletimci, 2. Akış iletimci, 3. Ayar vanası, 4. Kontrol paneli, 5. Sabit basınç vanası, 6. Kapama vanası, 7. Kontrol vanası

Tipik bir diskli separatör, disk arasında 0,2 - 4 mm boşluğa, bir başka deyişle ayırma kanalına sahip, 45 - 60 derece açıda, iç içe yerleştirilmiş 120 veya daha fazla diskten oluşmaktadır (Anonim, 2006 c).

İşletmede bulunan krema separatörü ise yaklaşık 45 derece açılı, 72 adet ayırma diskine sahip düşük kapasiteli bir ekipmandır. Ayırma diskinin az olması krema ayırma başarısı üzerinde etki etmektedir. Bu verimsizliğin yanı sıra, separatörün sürekli sistem içerisinde çalışabilmesi için gerekli araçlar sağlanmamıştır. Ayrıca separatörün temizlenmesi, ancak işlem bittikten sonra yapılabilmektedir. Separasyon işlemi ile ilgili bulgular Çizelge 5.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. İşletmedeki süt krema standardizasyonu ile ilgili bulgular

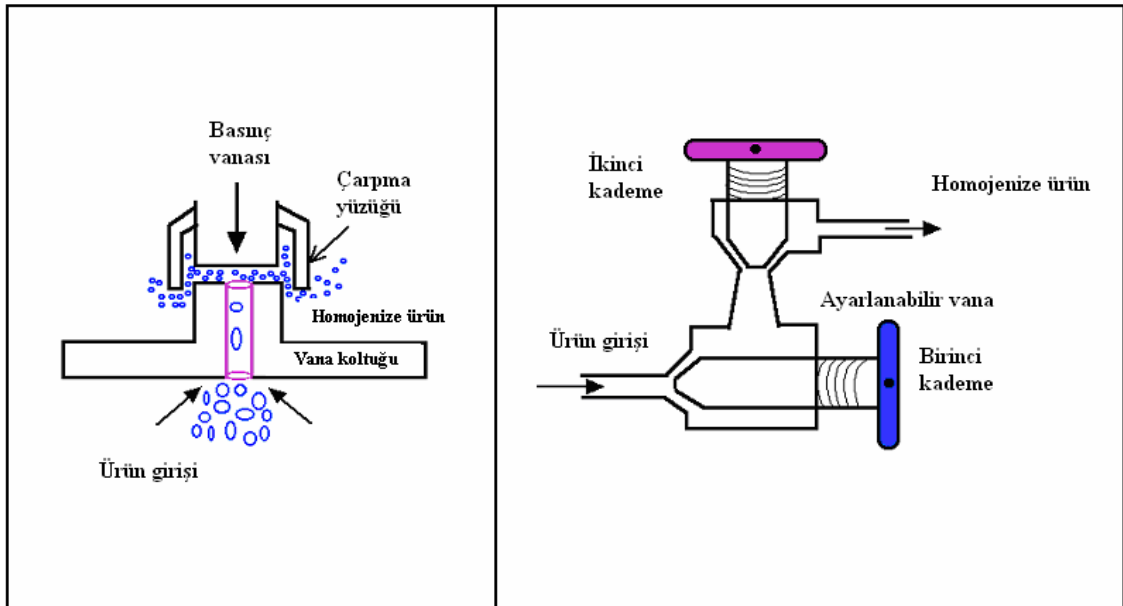
Giren süt miktarı	463,03kg
Giren sütün yağ içeriği	3,40%
Çıkan süt miktarı	444,37kg
Çıkan sütün yağ içeriği	1,65%
Sütten ayrılan krema miktarı	18,66 kg
Kremanın yağ içeriği yaklaşık olarak	45%
Separatöre girmeyen süt miktarı	694,55
Yağlı ve yağsız sütün karıştırılmasıyla elde edilen süt miktarı	1.138,92 kg
Son ürünlerdeki yağ oranı	2,70%

5.4. Homojenizasyon ile İlgili Sonuçlar

Süt homojenizasyonu sonunda, süt içerisindeki yağ damlacıklarının çaplarının 0,001 mm den daha küçük olması istenmektedir. Homojenizasyon işlemi, gerekli şartlar altında (50°C, 200 ATM) sıvının küçük bir delikten geçmeye zorlanmasına dayanmaktadır. Tek kademeli homojenizasyon, yaklaşık olarak 100–200 bar basınçta çalışmaktadır. Süt için kullanılan tek kademeli homojenizasyon sistemi yeterli olamayabilmektedir. Bu sorunun altında, tek kademeli homojenizasyonda küçük yağ damlacıklarının küme oluşturup bir araya gelmeleri yatmaktadır. Bu hata, ikinci kademeye yerleştirilecek bir homojenizatör ile kolayca düzeltilebilmektedir. İkinci kademedeki homojenizatörün, 50 bar veya daha düşük basınçlarda çalışması bile, yağ damlacık kümelerinin dağıtılması için yeterli olabilmektedir (Marshall, 2003).

140 bar (14 MPa) basınçta çalışan, ilk kademedeki homojenizatör yağ damlacıklarını parçalamada yeterli etkiye sahiptir. Ancak yağ damlacıklarının birleşerek, yağ kümecikleri oluşturmasına da sebep olabilmektedir. İkinci kademe bu kümecikleri tekil yağ damlacıklarına parçalamakta ve istenilen özelliğe ulaşmayı mümkün kılmaktadır (Anonim, 2006 f).

Şekil 5.4. Tek ve iki kademeli homojenizasyon sistemleri (Anonim, 2006 h)



İşletmede homojenizasyon işlemi, 160 bar basınçta çalışan tek kademeli homojenizatör ile yürütülmektedir. Kullanılan basınç, homojenizasyon için yeterli seviyededir. Ancak çift kademeli homojenizatörün kullanılmaması, yukarıda belirtildiği gibi yağ kümelerinin oluşmasına sebebiyet verecektir. Bu da ürün kalitesinde düşüş meydana getirecektir. Ayrıca ürünün mikrobiyolojik kalitesi açısından homojenizasyon işlemi sütün pastörizasyonundan önce yapılmalıdır. Pastörizasyondan sonra yapılacak ise aseptik homojenizatör kullanılmalıdır.

5.5. Fermantasyon Odası ve Soğuk Hava Deposu ile İlgili Sonuçlar

Binalarda enerji verimliliği ile ilgili olarak 29 Nisan 1998 tarihinde yayımlanan tavsiye niteliğindeki TS 825 “Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları” standardı; 14 Haziran 1999 tarih ve 23725 sayılı Resmi Gazete’de yeniden yayımlanmıştır. Bu standardın paralelinde hazırlanan “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği”nin 08 Mayıs 2000 tarih 24043 sayılı resmi gazetede yer alması ile, 14 Haziran 2000 tarihinden itibaren uygulanması zorunlu standart olarak yürürlüğe girmiştir. 14 Haziran 2000 tarihinden sonra yapılan binalar; standart ve yönetmeliklerin koşullarına uymak zorundadır (Anonim, 2000 ve Anonim, 2004 b). Fermantasyon odası ve soğuk hava deposunun yalıtımlı ve yalıtımsız durumundaki ısı kayıpları ile ısı verimlilikleri Çizelge 5.5.1 ve Çizelge 5.5.2’de sunulmuştur.

Çizelge 5.5.1. Fermantasyon odası için ısı kayıplarının belirlenmesi

Kış ayları için 42 °C de sabit tutmak için gerekli ısı	588,44 W
Kış ayları için izolasyonlu durumda 42 °C de sabit tutmak için gerekli ısı	293,10 W
Kış ayları için, izolasyonlu durumda ısı kaybından sağlanan % tasarruf	50,19%
Yaz ayları için 42 °C de sabit tutmak için gerekli ısı	292,60 W
Yaz ayları için izolasyonlu 42 °C de sabit tutmak için gerekli ısı	137,57 W
Yaz ayları için, izolasyonlu durumda ısı kaybından sağlanan % tasarruf	52,98 %
Ortalama bir fermantasyon süresi	3,5 saat
Kış ayları için fermantasyon sıcaklığının sağlanması için harcanan enerji	33748kj
Fermantasyon odasında kış ayları için ısıtma verimi	22%

Çizelge 5.5.2. Soğuk hava deposu için ısı kayıplarının belirlenmesi

Kış ayları için 4°C de sabit tutmak için gerekli ısı	85,58 W
Kış ayları için izolasyonlu 4°C de sabit tutmak için gerekli ısı	232,80 W
Kış ayları için, izolasyonlu durumda ısı kaybından sağlanan % tasarruf	47,67%
Yaz ayları için 4°C de sabit tutmak için gerekli ısı	444,91 W
Yaz ayları için izolasyonlu 4°C de sabit tutmak için gerekli ısı	42,46 W
Yaz ayları için, izolasyonlu durumda ısı kaybından sağlanan % tasarruf	50,38%
Yaz ayları için, soğutma etkinliği oranı	2,91

İşletmedeki fermantasyon odasının ve soğuk hava deposunun her ikisinin de duvarlarında meydana gelen ısı kaybı değerlerinin birbirine çok yakın olduğu anlaşılmıştır. Bu benzer sonucun nedeni, her iki odanın da duvarlarının aynı malzemeden yapılmış olması ve yalıtım malzemesi bulunmamasından kaynaklanmıştır.

İşletmede gerek fermantasyon odasında, gerekse soğuk hava deposunda duvarlar, kapılar, tavan veya tabanda hiçbir yalıtım malzemesi yoktur. Isı yalıtımlarının yapılması, Çizelge 5.5.1 ve Çizelge 5.5.2’de görüldüğü gibi yüksek enerji tasarrufları sağlayacaktır. Tavan ve duvarlara yalıtım yapılması sayesinde fermantasyon odasında yaklaşık olarak %51, soğuk hava deposunda ise %49 enerji tasarrufu sağlanacağı belirlenmiştir. Ayrıca soğuk hava deposu için soğutma etkinliği oranı 2,91 olarak belirlenmişken, fermantasyon odası için ısıtma verimliliği ise %22 gibi düşük bir değer belirlenmiştir. Şüphesiz bu düşük oran, odanın uygun olmayan bir sistem ile ısıtıldığının ve yalıtımın yetersiz olduğunun bir göstergesidir. Ayrıca evaporatörde yoğunlaştırılmak suretiyle atılan süt buharı, fermantasyon odasının ısıtılması için kullanılması ile fermantasyon odasının ısıtma maliyetini sıfıra indirecektir. Bu kazanca ilaveten süt buharının yoğunlaştırılması için soğutma suyu harcanmasına da gerek kalmayacaktır. 1 ton sütün evaporasyonu ile açığa çıkan süt buharının yoğunlaştırılması için yaklaşık 4 ton soğutma suyu gerekmektedir.

6. ÖNERİLER

İşletmenin üretim alanında insan gücüne daha az ihtiyaç duyulması ve üretimin daha verimli hale gelebilmesi için, üretim alanındaki alet yerleşimi ve üretim akışı değiştirilmelidir. İşletmeye önerilen alet yerleşimi ve üretim akışı EK-J'de, üretimde yapılacak değişiklikler ile sağlanabilecek kazanımlar ise EK-K'da sunulmuştur. Hazavdi (1999), işletmelerde enerji tasarrufu için uygulanabilecek temel yöntemleri aşağıda şöyle belirtmiştir;

- Enerji tüketimini etkileyen parametrelerin (sıcaklık ve basınç gibi) kontrolü
- Optimum üretim şartlarının sağlanması
- Gereksiz çalıştırmaların önlenmesi
- Sıcaklık ve basınç değerlerinin gerçek gereksinimlerle örtüşmesi
- Atık ısıdan yararlanılması
- Enerji kullanımı ilgili personelin eğitilmesi
- Enerji kullanımı ile ilgili yönetmelik ve standartlara uyumun sağlanması
- Yoğuşğun buhar kazanına geri döndürülmesi
- Yoğuşuk suyun ısısından yararlanma
- Tesis ve boru hatlarının ısı yalıtımının iyileştirilmesi
- Enerji kaçaklarının önlenmesi
- Yapı yalıtımının yapılması
- Otomatik düzenekler ile kapıların kapatılması
- Güneş enerjisinden yararlanma
- Civalı aydınlatma cihazlarının, sodyum veya florasanlı cihazlarla değiştirilmesi
- Sızıntıların önlenmesi
- Motor ve pompaların veriminin iyileştirilmesi
- Araçların periyodik olarak bakımlarının yapılması

Sanayi tesisleri elbette kar etmek amacıyla kurulmuştur. Bu nedenle sanayi tesislerinde proseslerdeki kârlılığı arttırmak amacıyla genel olarak beş alanda değer katıcı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler şöyledir (Williams ve Anderson, 2006);

- İnsan Gücünde Verimlilik: Otomatik test ve izleme yatırımlarının yapılması çalışanların vakit kazanmasını sağlamakta ve kaynak kullanımını azaltmaktadır. Böylelikle proses verimliliği artırılmaktadır.
- Proses maliyeti: Kaynakların hesaplı kullanımı su, enerji ve hammadde tüketimini minimize edecektir.
- Giderleri azaltmak: Proseslerin optimize edilmesiyle; temiz su kullanımı, atık su kullanımı, temizlik ve hijyende zaman ve maliyetler azalmaktadır.
- Çevresel standartlara uymak: Çevresel standartlara tam olarak uymak, toplam işletme maliyetini minimize edecektir.
- Verimliliği arttırmak: Kaynakların üretimde doğru yöntemlerin içinde değerlendirilmesi sayesinde daha yüksek performansa ulaşılabilecek ve daha az su, enerji, zaman kullanılacak ve daha az atık madde ortaya çıkacaktır.

Pastörizasyon işlemi için öneriler:

Çiğ sütün toplanması ve kabulünde güğümler yerine soğutmalı tanklar kullanılmalıdır. Sütün işletme içerisine taşınması güğümler ile personel tarafından taşınarak yapılmaktadır. İşletmeye gelen sütün kaba kirlerinden ayrılmasında kullanılan bezle süzme işlemi çok yetersiz bir uygulamadır. Bunun yerine sütün filtrasyonlu boru içerisinden pompalanmasıyla hem süzme, hem de sütün işletme içerisine taşınması sağlanabilecektir. Bu şekilde hem işgücünden tasarruf, hem de kaba kirlere uzaklaştırmada verimlilik artacaktır.

Isı transfer yüzeyinde kalıntı birikmesi sonucu ısı değiştiricilerin performansları zamanla düşmektedir. Kalıntı tabakası ısı transferine karşı fazladan bir direnç oluşturarak, ısı transfer oranında düşme meydana getirmektedir. Kalıntının ısı transfer üzerine olan etkisi “fouling factor” olarak adlandırılır ve kalıntının oluşturduğu ısı direnci ifade eder. Yeni bir ısı değiştiricide kalıntı faktörü sıfırdır. Zamanla ısı transfer yüzeyinde kalıntı birikmesi sonucu kalıntı faktörü değeri artış gösterir. Isı transfer yüzeyinde kalıntı oluşma hızı; sıvı sıcaklığı, sıvı akış hızı ve bakım periyoduna bağlı olarak değişmektedir. Kalıntı oluşum hızı, sıvı sıcaklığının artmasıyla ve sıvı akış hızının azalmasıyla artış göstermektedir. En yaygın kalıntı çeşidi ısı transfer yüzeyinde akışkanlar içerisindeki katı parçacıkların çökmesiyle meydana gelmektedir. Bu kalıntı

çeşidinden ayrı olarak, kimyasal kalıntı (korozyon) ve alglerin büyümesiyle oluşan, biyolojik kalıntıda meydana gelebilir. Kimyasal uygulamasıyla, biyolojik kalıntıları kolaylıkla uzaklaştırmak mümkündür. Kalıntı oluşumu ısı değiştirici tasarımında ve seçiminde göz önüne alınmalıdır. Isı değiştiricinin periyodik temizlik ve bakımı kalıntının oluşturabileceği zararları en aza indirecektir (Çengel, 2003).

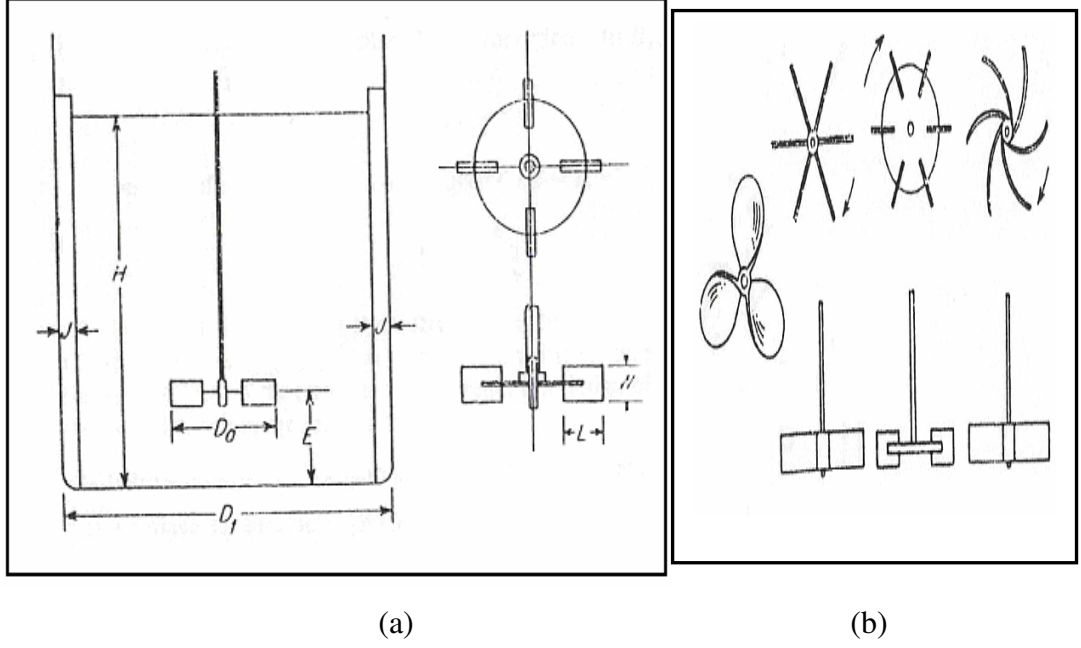
İşletmedeki çift cidarlı kazanın çeperi içinde meydana gelebilecek kireçlenme benzeri kalıntı oluşumu belli periyotlarda temizlenmelidir. Ayrıca ısıtma ve soğutma akışkanlarının sertlikleri düzenli olarak kontrol edilmeli sertliklerinin fazla olması durumunda yumuşatma ajanları kullanılmalıdır.

İşletmedeki pastörizasyon işleminde verimliliği olumsuz etkileyen en önemli faktörlerden biri kazan içerisindeki vorteks oluşumudur. İşletmedeki kazanlarda, vorteks oluşumunu azaltmak amacıyla karıştırıcı pedallar kazanın tam orta kısmına değil de kenar kısma yakın yerleştirilmiştir. Ancak bunun, vorteks oluşumunu önlemek açısından yeterli bir uygulama olmadığı gözlenmiştir. Vorteks oluşumunun engellenmesi, kazan iç kısmına şaşırtma adı verilen, 80-100 cm uzunluğunda ve 2,5-4 cm kalınlığında paslanmaz çelik ayırıkların dikey olarak yerleştirilmesiyle mümkün olacaktır. Vorteks oluşumunun engellenmesi, karıştırma verimliliğinde ve ısı iletiminde artış sağlayacaktır. Bu önleme ilaveten “optimum karıştırma hızı” belirlenmelidir. Optimum karıştırma hızında çalışma sayesinde hem karıştırmada hem de ısı iletim verimliliğinde artış sağlanacaktır.

Karıştırmalı kazan dizayn edilirken, birçok karıştırıcı çeşidi seçme ve kazan içerisine farklı şekillerde yerleştirme şansı vardır. Ayrıca kazan ölçüleri, karıştırıcı pedal büyüklüğü ve sayısı gibi çok sayıda değişken yapılacak işe göre tasarımcı tarafından seçilebilir. Tasarımdaki seçimlerden her biri sıvının döngüsel hareketini, akış yönünü ve dolayısıyla güç tüketimini ve ısı işlem verimliliğini etkileyecektir. Pastörizasyon verimliliğini arttırmak amacıyla, Şekil 6.1’de sunulan ideal karıştırmalı kazan için ölçü oranları dikkate alınmalıdır. Bu oranlar baz alınarak, işletmedeki karıştırmalı kazan ölçüleri ve tasarımı tekrar gözden geçirilmelidir.

Şekil 6.1. İdeal karıştırılmalı kazan ölçüleri

(a) İdeal karıştırılmalı çift cidarlı kazan ölçülerinin oranları (b) Farklı karıştırıcı çeşitleri



Kazan tasarımında yaygın olarak kullanılan oranlar şöyledir (McCabe, 1985);

$$\begin{array}{lll} D_a/D_t = 1/3 & J/D_t = 1/12 & W/D_a = 1/5 \\ H/D_t = 1 & E/D_a = 1 & L/D_a = 1/4 \end{array}$$

Karıştırılmalı kazan en eski ve en çok bilinen ısı değıştircilerden biridir. Ancak karıştırılmalı kazanların ısı transfer katsayısı, plakalı ısı değıştircilere kıyasla oldukça düşüktür. Bu nedenle günümüzde modern süt işletmelerinde ısı değıştirici olarak kazanlar yerine plakalı ısı değıştirciler tercih edilmektedir. İşletmede pastörizasyon ve soğutma işlemlerinin karıştırılmalı kazan yerine plakalı ısı değıştircide gerçekleştirilmesi durumunda ısı işlemin verimliliğinde büyük bir artış görülecektir.

Gıda sanayindeki ısı işlemler, işlem güvenliği açısından matematik modelleme gerektiren nadir işlemlerdendir. Doğru bir üretim akışı için, ürün sıcaklığının sırayla farklı kademelerden geçerken kontrol ediliyor olması gerekmektedir. Bu sayede kurulan doğru bir üretim metodu ile ürünün mikrobiyolojik ve duysal kalitesinin en üst seviyede olması sağlanır. İşlemlerin matematiksel olarak modellenmesi ve bir yazılımla simülasyonunun yapılması, geleneksel üretime kıyasla zaman kaybettirmeden gerekli kontrollerin yapılmasında büyük bir avantaj sağlayacaktır (Nicolai vd., 2001). Süt,

meyve suyu, sos hazır çorba gibi sıvı gıdaların kapalı sistem içinde ısıl işlem uygulanması ve aseptik olarak uygun ambalaj malzemesiyle paketlenmesi durumunda uzun raf ömrüne sahip ürünler elde edilebilecektir (Bakalis, 2001). Küçük kapasiteli işletmelerde pahalı otomasyon sistemlerinin kullanılması işletme bütçesini aşacaktır. Bunun yerine pastörizasyon, fermantasyon gibi kritik öneme sahip noktalarda, kayıt cihazlarının kullanılması çok daha düşük bir maliyetle etkin bir kontrol sağlayacaktır.

Evaporasyon işlemi için öneriler:

Evaporasyon işleminde, vakum pompasının çalışma hızı evaporasyon verimliliği açısından kritik öneme sahiptir. Pompa hızının yüksek tutulması, sütün çift cidarlı kazandan ayırma tankı içerisine yüksek debide beslenmesine neden olmaktadır. Bu durumda süt, ayırma tankı içerisinde yeterince ince bir film tabakası halinde akamayıp, daha kalın bir akış meydana getirir. Dolayısıyla uzaklaştırılmak istenen su süt içerisinde daha fazla yol kat etmek zorunda kalır. Bu nedenle süt içerisindeki suyun uzaklaştırılması zorlaşır. İşlem süresi ve maliyeti artmış olur. Tam tersi olarak, gereğinden düşük besleme debisinde ise, sistemin birim zamanda ayrıştırabileceğinden daha az süt beslenmiş olur. Yani kapasitesinin altında bir çalışma seçilmiş olacaktır ki bu durum da yine çalışma süresinin ve maliyetinin artmasına neden olacaktır. Bu nedenlerden dolayı optimum besleme debisi tespit edilmeli ve ayırma tankına sürekli olarak bu sabit debide besleme yapılmalıdır.

İşletmede yoğuşturucu tüp sayesinde, süt buharı yoğuşturulmak vasıtasıyla su fazında atılmaktadır. Buhar yüksek sıcaklıkta ve çok miktarda meydana geldiği için üretim alanına bırakılması, iş güvenliği açısından tehlike oluşturacak ve aynı zamanda çalışma alanını buharla doldurarak çalışma verimliliğini düşürecektir. Yoğuşturma ile olumsuzluklar ortadan kaldırılmaktadır. Ancak bunun verimli bir yöntem olduğunun söylenmesi mümkün değildir. Çünkü buhar içerisindeki enerjiden faydalanılmamakta, direkt olarak yoğuşturulup kanalizasyona verilmektedir. Ayrıca yoğuşturmak için fazladan bir de soğutma suyu harcanmaktadır. 1 ton süttten, 75°C sıcaklık ve 79,97 kPa basınçta 192 kg buhar uzaklaştırılmaktadır. Bu değerlerdeki buhar azımsanamayacak bir enerji içeriğine sahiptir. Bu enerjinin direkt çöpe atılması yerine, buhar kazanına geri beslemesinin yapılması veya fermantasyon odasının ısıtılması gibi yollar için

kullanılması mümkündür. Şöyle ki; işletmede 1.483,2 kg çiğ sütün pastörizasyonu için harcanan (Q_s) 964.755,79 kJ'lük ısı enerjisi, üretimdeki en büyük enerji tüketim kalemini oluşturmaktadır. İsrar edilen süt buharının, buhar kazanına geri beslenmesi durumunda ise 626.759,88kJ'lük bir enerji geri kazanımı sağlanabilecektir. Bu sayede, pastörizasyon için harcanan enerjinin % 64,97'si kadar enerji geri kazanılmış olacaktır.

Araştırma bulgularında varılan sonuçta 275 kg süt buharının 626.759,88 kJ enerji içerdiği görülmüştür. Kış ayları için fermantasyon işleminin gerçekleşeceği odanın ısıtılması için harcanan LPG kaynaklı ısı miktarı ise 33.748kJ' dır. Görüldüğü gibi buhardan çöpe atılan ısı değeri, fermantasyon odasının ısıtılması için harcanan enerjinin yaklaşık 19 katıdır. İşletmedeki üretim akışı gereği fermantasyon işlemi evaporasyondan yaklaşık 1,5 saat sonra gerçekleşmektedir. 1,5 saatlik bir gecikmeye rağmen evaporasyondan kazanılan süt buharı fermantasyon odası içerisinde boru sistemi veya petekler içinde dolaştırılması ile odanın 42°C sıcaklıkta tutulmasını sağlamaya yetecektir. Evaporasyonda verimliliği arttırmak için dikkat edilmesi gereken başlıca hususlar şunlardır;

- Süt uygun sıcaklıkta ve debide ayırma tankına beslenmelidir.
- Vakum tankı optimum basınç altında çalıştırılmalıdır.
- Vakum tankı içyapısı suyun süttten uzaklaştırılmasını kolaylaştıracak şekilde dizayn edilmelidir.
- Soğutma suyu yeterli düşük sıcaklıkta ve debide yoğunlaştırucuya beslenmelidir.
- Kireç ve benzeri kalıntılar düzenli olarak uzaklaştırılmalıdır.
- İstenilen yoğunluk çıkış sıcaklığı doğru belirlenmelidir. Gereğinden düşük sıcaklıklara ulaşmak için, gereksiz olarak fazla miktarda soğutucu su harcanmamalıdır.
- Yoğuşturucu kısmında her zaman ters akış yönü seçilmelidir.

Krema ayırma işlemi için öneriler:

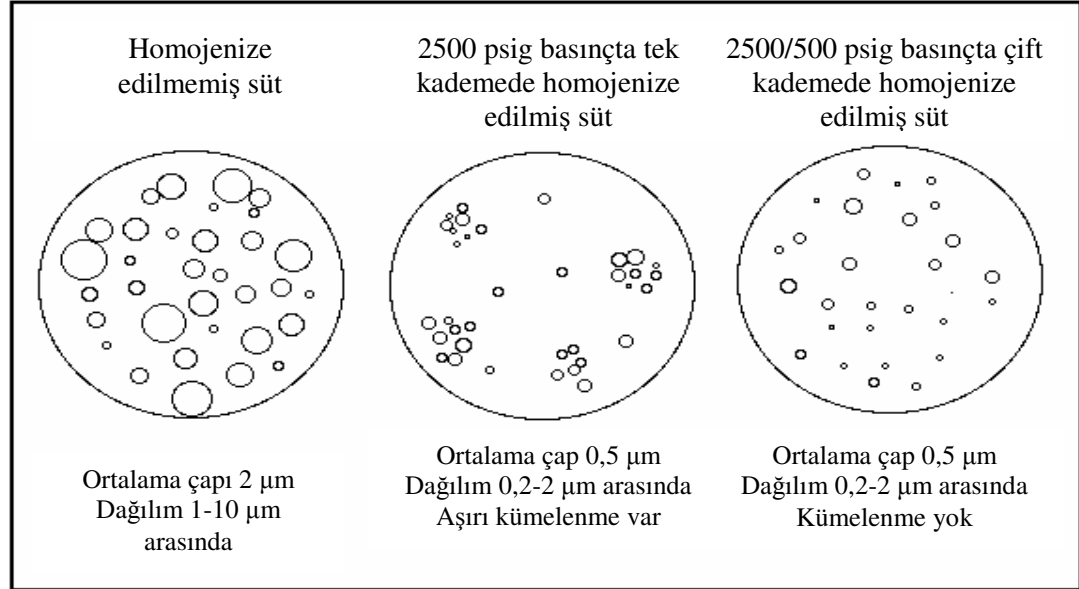
Krema separatöründe diskler doğru şekilde yerleştirilmelidir. Zedelenmiş, yamulmuş, zarar görmüş diskler kullanılmamalıdır. Ayrılan krema miktarını arttırmak için besleme debisi azaltılabilir. Ayrıca disk sayısı veya devir sayısı daha fazla olan separatör kullanılmasıyla krema ayırmadaki verim arttırılabilir. Sütte istenilen son yağ

oranı doğru belirlenmeli ve bu doğrultuda yağ standardizasyonu yapılmalıdır. Sızma, damlama gibi kayıplar önlemeli, düzenli bakım yapılmalı, eskimiş parçalar değiştirilmelidir. İşletmedeki eski krema separatörü yerine daha modern bir cihaz kullanılmasıyla işlem süresini kısaltmak, elektrik ve işgücünden tasarruf sağlamak mümkün olacaktır. Ayrıca uygun besleme debisine ayarlanmış besleme pompası kullanılmasıyla iş gücünden tasarruf sağlanacaktır.

Homojenizasyon işlemi için öneriler:

İşletmedeki tek kademeli homojenizatör yerine uygun koşullarda çift kademeli homojenizatör tercih edilmesi, enerji tüketiminde kayda değer bir artışa neden olmazken, yağ damlacıklarının küçültülmesini sağlaması ve kümeciklerinin oluşmasını engel olması ile ürün lezzetinde ve kalitesinde büyük bir artış meydana getirecektir. Tek kademeli ve çift kademeli homojenizasyonun yağ damlacıkları üzerine olan etkisi Şekil 6.2'de gösterilmiştir.

Şekil 6.2. Tek ve çift kademeli homojenizasyonun, yağ damlacıkları üzerine olan etkisinin ışık mikroskobu altında gözlemlenmesi (Potter, 1971).



Fermantasyon ve Soğuk hava deposu ile ilgili öneriler:

Binalarda yalıtım ile yapılabilecek ısı tasarrufunun %40'ı duvar yalıtımı ile mümkündür. Geri kalan tasarruf değerleri %30 pencere, %17 kapı, %7 çatı ve %6 zemin şeklindedir. Binaların yalıtımı ile %25'den, %50'ye varan yakıt tasarrufu

sağlanabilmektedir. Ayrıca oda sıcaklığını istenilenden 1°C daha fazla ısıtmak için yaklaşık %6 oranında daha fazla enerji gerekmektedir. Tesisatın, dağıtım ve toplama borularının ve vanalarının yalıtımı ile enerji tüketiminin azaltılması mümkündür. Sıcaklık ayarlı termostatik vanalar kullanılarak yüksek ısı tasarrufları sağlanabilmektedir (Anonim, 2006 i).

İşletmedeki en verimsiz işlem fermantasyon odasında gerçekleşmektedir. Isıtmada tüp ve yer ocağı kullanılarak ne verimli, ne de dengeli bir fermantasyon işleminin gerçekleştirilmesi mümkün değildir. Ayrıca oda içindeki sıcaklığın eşit dağılması, oda içi sıcaklığının kontrolü ve istenilen sıcaklıkta sabit tutulması sağlanamamaktadır. Eşit sıcaklık dağılımını sağlayacak şekilde bir ısıtma sistemi düzenlenmelidir. Örneğin, oda içerisine merkeze veya dört bir kenara yerleştirilen, otomatik sıcaklık ayar vanalı petekler ve hava dolaşımını sağlayacak pervanelerin konması ile homojen bir ısıtma mümkün olacaktır. Bu sayede ısıtma için fazladan bir enerji kaynağına da ihtiyaç kalmadan, buhar kazanından yada üretimden atılacak olan buhar (süt buharı) kullanılarak bu işlem yapılabilecektir. Ayrıca fermantasyon sonrasında yoğurtların soğuk hava deposuna taşınması sarsıntılı olmaktadır. Sarsıntı yoğurdun fazla su salmasına ve yapısının bozulmasına sebep olacaktır. Hem bu kalite kaybını önlemek, hem de iş gücünden kazanç sağlamak için arabalı sistem kullanılmalı ve fermantasyon odası ile soğuk hava deposu arasının zemini arabanın rahat çalışabileceği şekilde düzeltilmelidir.

KAYNAKLAR

Anonim, 1977, “Upgrading existing evaporators to reduce energy consumptions” Economic Regional Development Agreement (ERDA), Departman of Commerce, Virginia U.S.

Anonim, 1986, “Dairy processing handbook.” Published by Tetra Pak Processing Systems AB, S-221 1986 Lund, Sweden. page 108.

Anonim, 1998 a, “Enerji teknolojileri politikası çalışma grubu raporu” TÜBİTAK-Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı, Bilim-Teknoloji- Sanayi Tartışmaları Platformu Ankara, Sayfa: 34 – 40.

Anonim, 1998 b, “Enerji Verimliliği Konusunda Yayınlanan Yönetmelikler ve Duyurular” Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Ulusal Enerji Tasarruf Merkezi, Ankara.

Anonim, 2000, “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği” 08 Mayıs 2000 tarih ve 24043 sayılı Resmi Gazete.

Anonim, 2001, “Disc bowl centrifuge” Armfield limited, Bridge House West Street Ringwood Hampshire England, FT15, Issue 5.

Anonim, 2004 a, “Petrol ürünleri - Yakıtlar (F sınıfı) - Sıvılaştırılmış petrol gazları özellikleri” Türk Standartları Enstitüsü, Standart no: 2178 ISO 9162, kabul tarihi: 27.4.2004.

Anonim, 2004 b, <http://www.izoder.org.tr/detay.php?icerik=yalitim&kategori=1>

Anonim, 2005, “Türkiye esnaf ve sanatkarları konfederasyonu kapasite raporu” Altınova esnaf ve sanatkarlar odası Yalova, rapor tarihi: 09.05.2005.

Anonim, 2006 a <http://www.nzifst.org.nz/unitoperations/htrtrapps1.htm#jacketed>

Anonim, 2006 b, <http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/evapdehyd.html>
Goff, D., Dairy Science and Technology Education, University of Guelph Canada, originally in 1995.

Anonim, 2006 c, <http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/clarification.html>

Anonim, 2006 d, <http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/glossary.html>

Anonim, 2006 e,
http://class.fst.ohio-state.edu/Dairy_Tech/10.0%20Homogenization.htm

Anonim, 2006 f, <http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/homogenization.html>

Anonim, 2006 g http://www.aygaz.com.tr/tuplugaz/content/lpg_nedir/LPGNedir.aspx

Anonim, 2006 h, <http://www.foodsci.uoguelph.ca/deicon/homogenizer.html>

Anonim, 2006 i,

http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/konut_ulas/en_tasarruf_bina_isi.html

Badger, W. L., Julius T. B., 1955, "Chemical engineering series" McGraw-Hill Book Company New York USA, 330.

Bakalis, P. W., 2001, "Modelling particular thermal technologies - Thermal technologies in food processing" Universtiy of Birmingham CRC pres LLC, England 304.

Coulson, J. M., Richardson, J. F., 1983, "Chemical engineering" Pergamon Press Ltd. Oxford England, vol.6.

Cox, G.C., Miller, E.J., 1986, "Comparative energy efficiencies of the dairy manufacturing and processing industry: Australia and New Zealand" Engineering costs and production economics, Dep of Industry, Technology & Resources, East Melbourne, Aust, Volume 10, Issue 4, December 1986, Pages 293-303

Çengel, Y. A., 2003, "Heat trnasfer a practical approach international edition" University of Nevada, Reno, Mcgraw-Hill Companies, New York USA, 2nd edition, 992.

Earle, R. L., 2004, "Unit Operations in Food Processing" The New Zealand Institute of Food Science & Technology (Inc.) (NZIFST) New Zealand, web edition.

Geankoplis, C. J., 1993, "Transport processes and unit operations" University of Minesota, Prentice-Hall International Incorporation, New Jersey USA, third edition, 921.

Hazavdi E.B., 1999, "Goverment level activities" Technion-Israel Institute of Technology Israel.

Helikson, H., Bucklin, R., Bray D., Fluck, R., 1991, "Energy Efficiency on the Florida Dairy" University of Florida Florida cooperative extension service, Fact Sheet EES-74 November 1991

Hepbaşlı, A., 1999 a, "Isı denkliliği: Isı yönetim sisteminin kalbi" Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü Dergisi İzmir, Sayı: 61ve 63.

Hepbaşlı, A., 1999 b, "Enerji auditi: Enerji yönetim programının temeli" Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü Dergisi İzmir, sayı:3

Hepbaşlı, A., Günerhan, H., Ülgen, K., 2001, “Enerji yönetim sisteminin altın anahtarları: enerji denklığı ve enerji tasarrufu etüdü” V. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi ve sergisi İzmir, 3 - 6 Ekim 2001, 187-255.

Kang S W, Tseng S C (2006) “Analysis of effectiveness and pressure drop in micro cross-flow heat exchanger” Department of Mechanical and Electro-Mechanical Engineering, Tamkang University, 151, Ying-Chuan Road, Tamsui 25137, Taipei, Taiwan

Marriott, C., 2006, “Simple approaches to energy efficiency” American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Tullie Circle, N.E. Atlanta ASHRAE Journal July 2006

Marshall, R. T., Goff, H. D., Hartel, D. W., 2003, “Ice Cream” Kluwer Academic, New York ISBN 0-306-47700-9, 366.

Mccabe, W. L., Simith, J. C., Harriott P., 1985, “Unit operation of chemical engineering” international edition McGraw - Hill Book Company, Singapore, fourth edition, 960.

Nicolai, B.M., Verboven, P., Scheerlinck, N., 2001, “Modelling and simulation of thermal processes - thermal technologies in food processing” Katholieke Universiteit, CRC pres, Leuven, Belgium 304.

Potter, N. N., 1971, “The fundamentals of food engineering” editorial Avi Publishing Company, S.E. Charm Westport 572.

Ramirez, C.A., Patel, M., Blok, K., 2004, “From fluid milk to milk powder: Energy use and energy efficiency in the European dairy industry” Department of Science, Technology and Society, Copernicus Institute, Utrecht University Heidelberglaan 2, 3584 CS Utrecht, The Netherlands

Rotstein, E., Singh, R. P., Valentas, K. J., 1997, “Hand book of food engineering practice” Crc Pres New York USA, 718.

Saibu, G. C., 1998, “Heat Balances” Kyushu International Center, Kitakyushu, Japonya.

Standiford, F.C., 1973, “Evaporation” Chemical Engineers handbook., Perry Chilton, Eds., McGrew-Hill, New York. 5th edition.

Stephens G. G., Mackley M. R.(2000), “Heat transfer performance for batch oscillatory flow mixing” University of Cambridge, Department of Chemical Engineering, Pembroke Street, Cambridge, CB2 3RA, United Kingdom

Tajchakavit, S., 1997, “Microwave heating of fruit juices: Kinetics of enzyme inactivation/microbial destruction and evaluation of enhanced thermal effects” Department of Food Science and Agricultural Chemistry, Mzcdonald Campus of

McGill University Montreal, Canada. Alınan aktarmanın kaynağı; Heldrnan, D. R. and Singh, R. P. 1981. Food Process Engineering, 2nd ed. The AVI Publishing Co., West port, CT.

Jun, S., Puri, V.M., 2005, "Fouling models for heat exchangers in dairy processing: a review" Journal of Food Process Engineering 28 (1), 1-34. doi: 10.1111/j.1745-4530. February 2005.

Westphalen, D., Roth, K., Brodrick, J., 2006, "Heat Transfer Enhancement" American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), 1791 Tullie Circle, N.E. Atlanta ASHRAE Journal, Vol. 48, No. 4

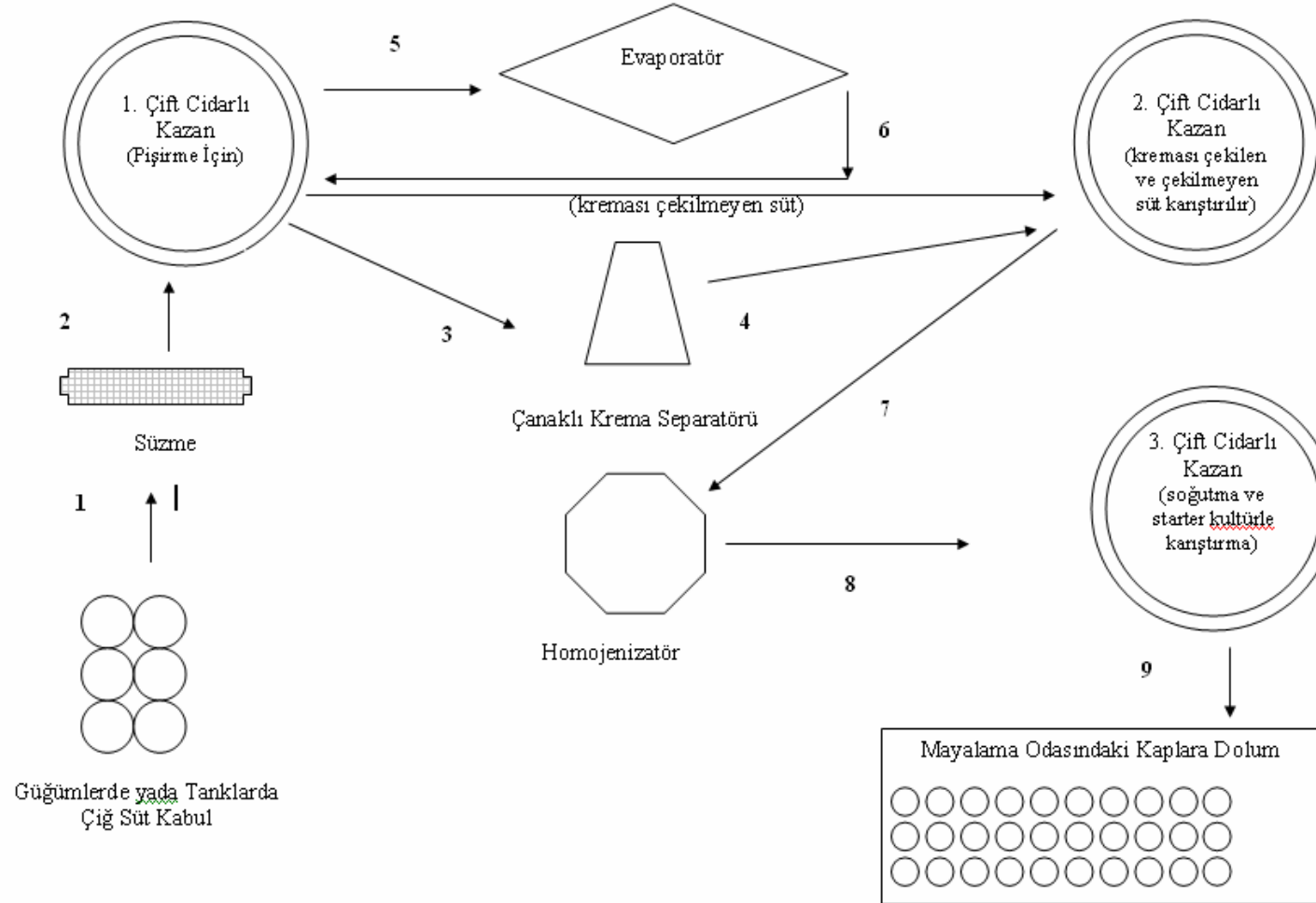
Williams, P. J., Anderson, P A, 2006, "Operational cost savings in dairy plant water usage" International Journal of Dairy Technology 59 (2), 147-154. May 2006

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılından İstanbul'da doğdum. İlköğrenim ve lise tahsilimi İstanbul'da tamamladım. 1999 yılında Ege Üniversitesi Yabancı Diller Bölümü'nde bir sene İngilizce hazırlık kursuna katıldıktan sonra, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümüne başladım ve 2004 yılında bu bölümden mezun oldum. Lisans öğrenimim boyunca Soya sütünden fermente ürün eldesi ve hububat ürünlerinde kullanımı (Deneyisel lisans tezi), 5 ton/gün üretim kapasiteli soya sütü ve ürünleri üretim tesisi fizibilite çalışması (KOSGEB), Türkiye'nin ekonomik sorunları ve çözüm önerileri (İlim Yayma Cemiyeti Türkiye Geneli Makale Yarışması. 2.'lik Ödülü), Doğal enerji içeceği üretimi (Dünya Gıda Dergisi Proje Yarışması) gibi projelerde yer aldım. 2005 yılında Trakya Üniversitesi'nde Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladım ve halen buradaki öğrenimime devam etmekteyim. 2001 yılında ikinci üniversite olarak başladığım Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi İktisat Bölümünde ise son sınıf öğrencisiyim. Kısa bir özel sektör deneyiminden sonra 2004 yılında çalışmaya başladığım Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Yalova İl Müdürlüğü'nde Gıda kontrolörü olarak görevimi sürdürmekteyim.

EK-A

İŞLETMEDEKİ MEVCUT ALET YERLEŞİMİ VE YOĞURT ÜRETİM AKIŞI



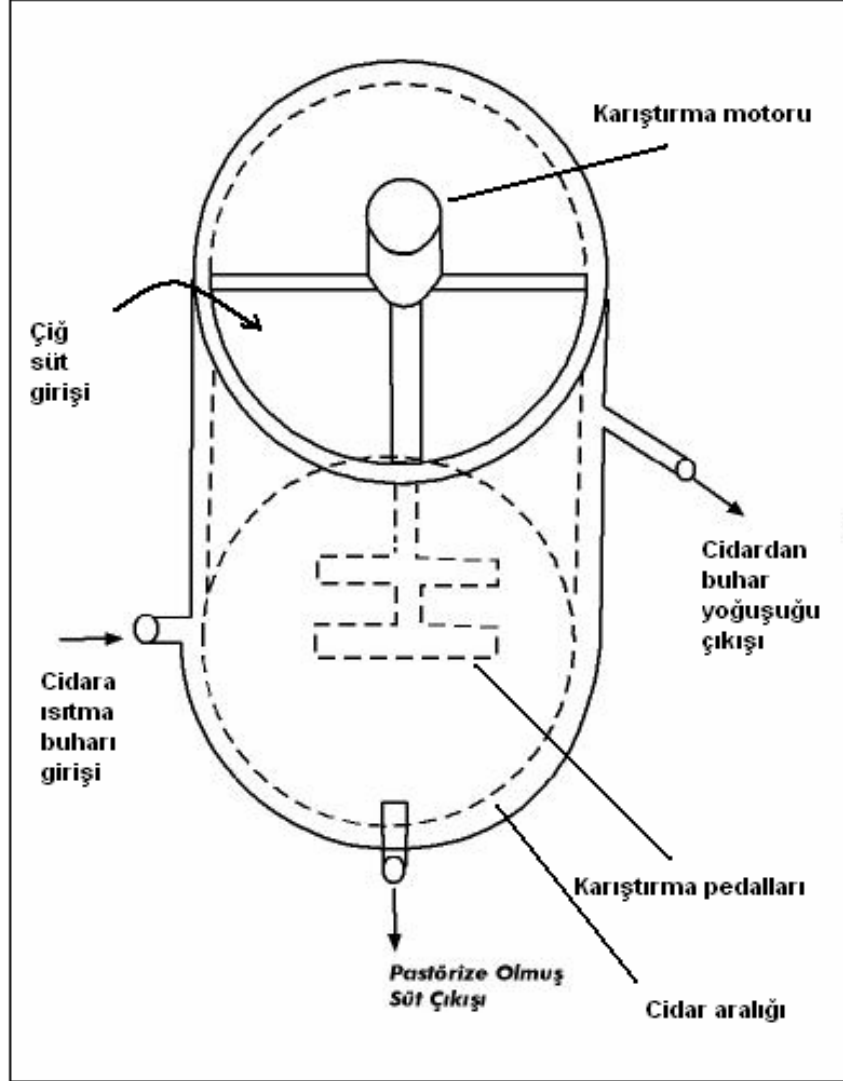
EK-B

ÖLÇÜM NOKTALARI ÇİZELGESİ

	İşlem ve Araç	Kütle- Enerji Akışı	Ölçüm Alınan Obje	Ölçüm Yeri-Zamanı	Alınan Ölçüm
1	Pastörizasyon Çiftcidarlı karıştırılmalı kazan	Giren ısı	Çiğ süt	Kazan içi	Toplam kütle, Sıcaklık
			Kızgın buhar	Kazan cidarı girişi	Basınç
		Çıkan ısı	Pastörize süt	Kazan içi	Sıcaklık
			Buhar yoğuşuğu	Kazan cidarı çıkışı	Debi, Sıcaklık
2	Evaporasyon Buhar yoğuşturucu	Giren ısı	Soğutma suyu	Yoğuturucu girişi	Sıcaklık
			Süt buharı	Ayırma tankı basınç göstergesi	Basınç
		Çıkan ısı	Süt buharı yoğuşuğu	Yoğuturucu çıkışı	Sıcaklık
			Soğutma suyu	Yoğuşturucu çıkışı	Debi, Sıcaklık
3	(Yağ Standardizasyonu) Krema Separatörü	Giren Kütle	Yağlı süt	Separatör girişi	Kuru madde
		Çıkan kütle	Az yağlı süt	Separatör çıkış	Kuru madde
			Krema	Separatör çıkış	Kuru madde, Toplam kütle
4	Fermantasyon Fermantasyon odası	Giren ısı	LPG Tüp	Fermantasyon başı	Toplam kütle
			LPG Tüp	Fermantasyon sonu	Toplam kütle
		Çıkan ısı	Ortam (hava)	Fermantasyon odası içi	Sıcaklık
			Ortam (hava)	Fermantasyon odası dışı	Sıcaklık
5	Depolama Soğuk hava deposu	Giren ısı	Çalışma zamanı (aylık)	Kullanım kılavuzu	Elektrik sarfiyatı
			Çalışma zamanı (aylık)	Kullanım kılavuzu	Elektirik sarfiyatı
		Çıkan ısı	Ortam (hava)	Soğuk hava deposu içi	Sıcaklık
			Ortam (hava)	Soğuk hava deposu dışı	Sıcaklık

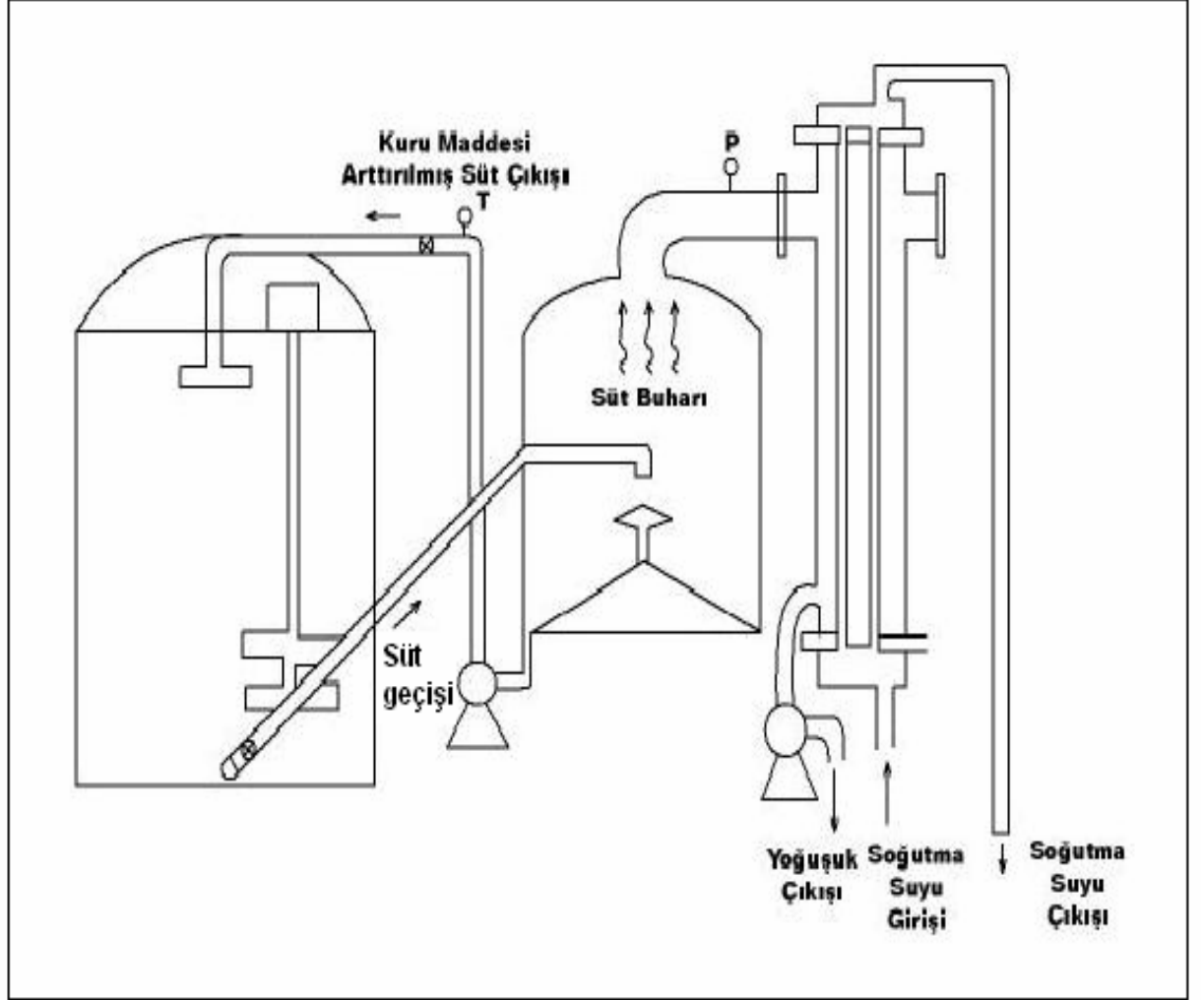
EK-C

İŞLETMEDE BULUNAN ÇİFT CİDARLI KAZANA AİT AÇIKLAYICI ÇİZİM



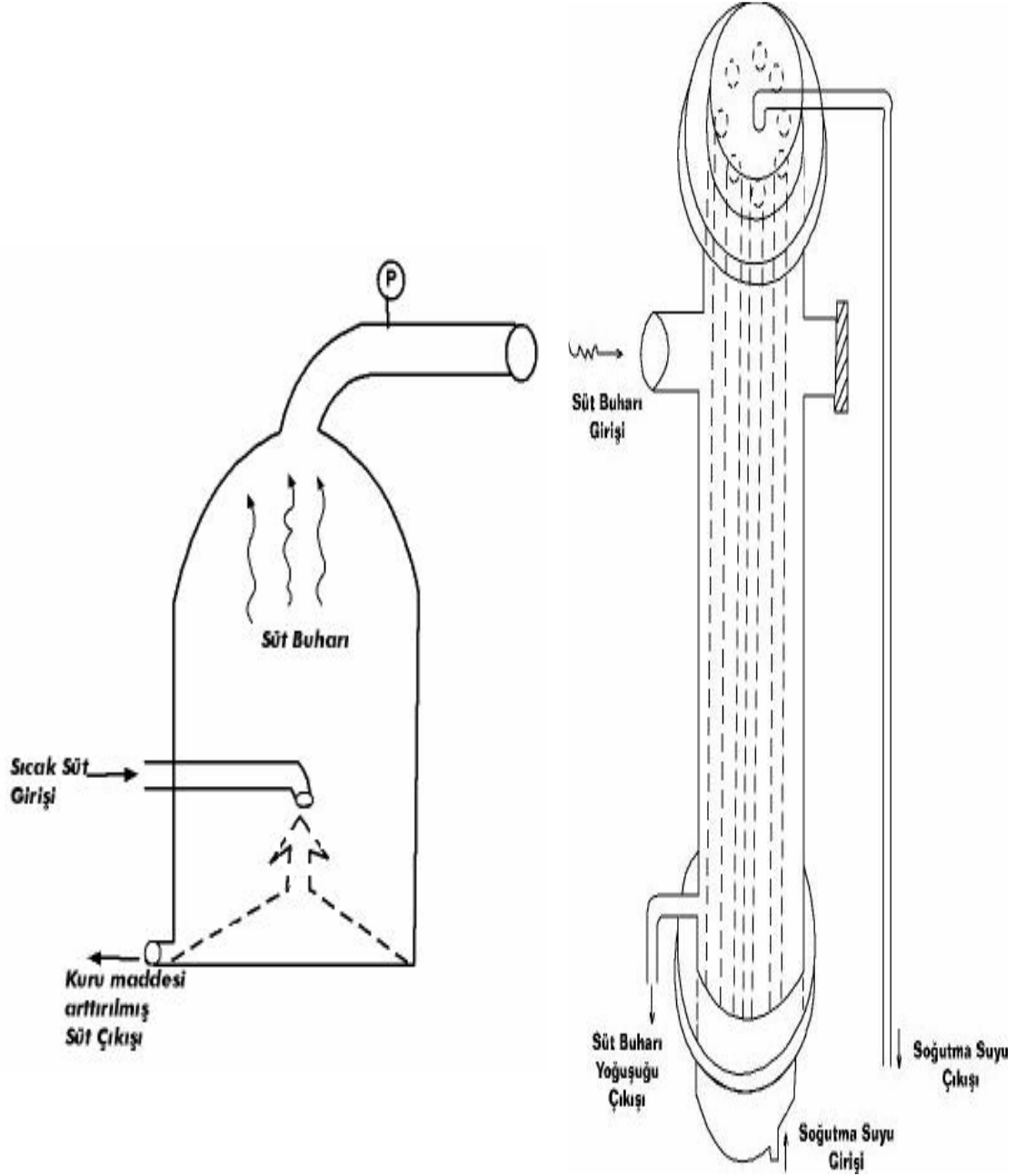
EK-D

İŞLETMEDE BULUNAN EVAPORASYON SİSTEMİNE AİT AYRINTILI ÇİZİM



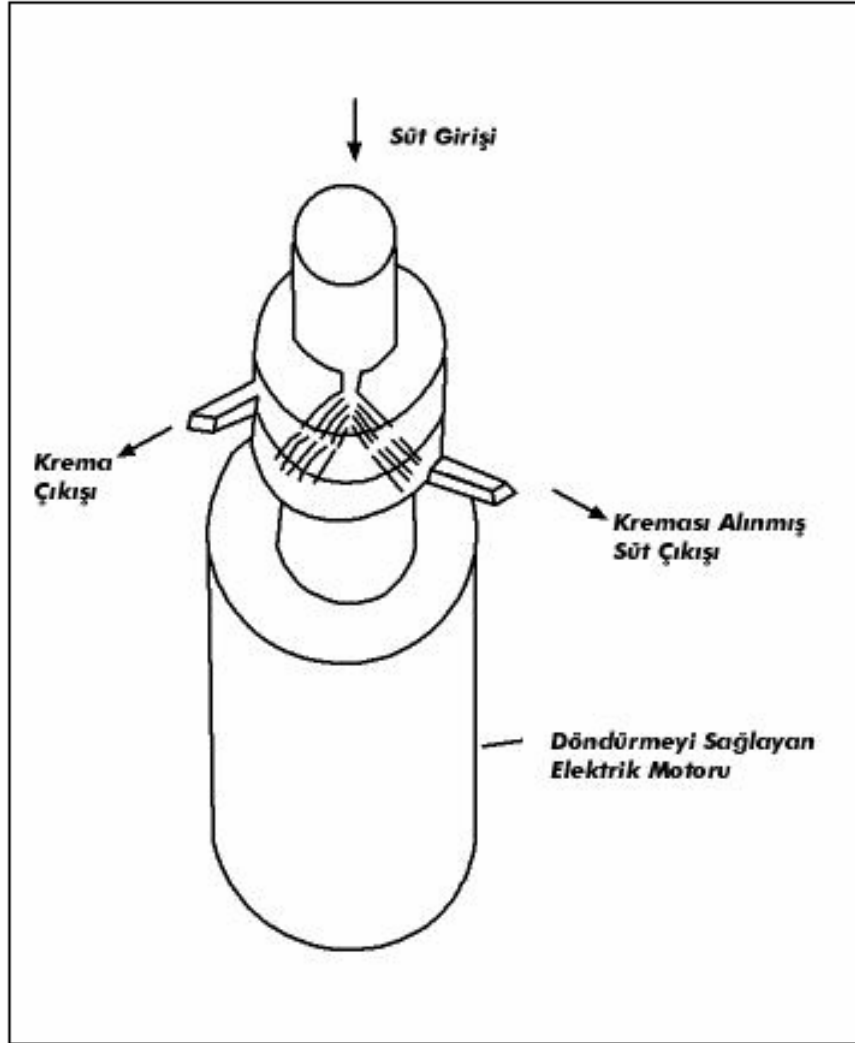
EK-E

İŞLETMEDE BULUNAN AYIRMA TANKI VE YOĞUŞTURUCU TÜPE AİT AÇIKLAYICI ÇİZİM



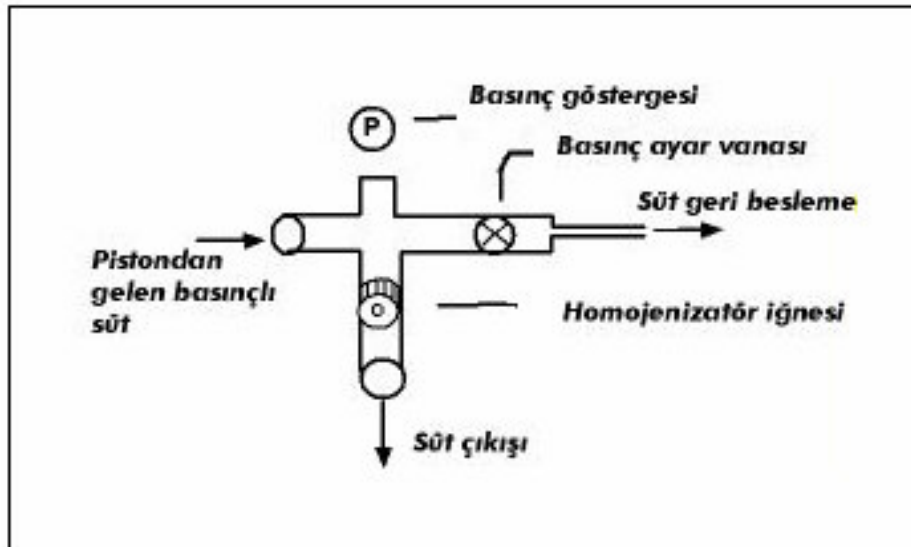
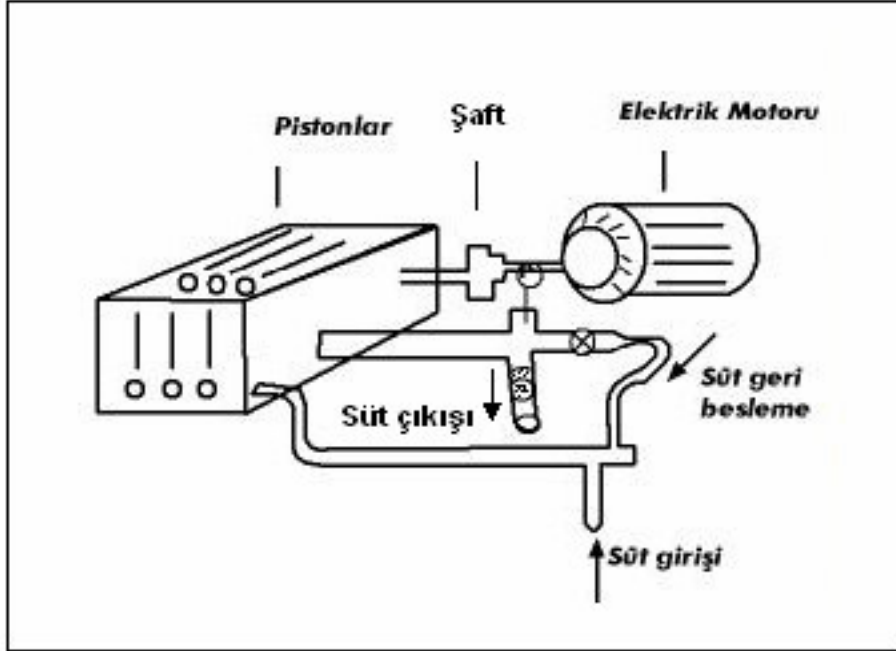
EK-F

İŞLETMEDE BULUNAN KREMA SEPARATÖRÜNE AİT AÇIKLAYICI ÇİZİM



EK-G

İŞLETMEDE BULUNAN HOMOJENİZATÖRE AİT AYRINTILI ÇİZİMLER



EK-H**PASTÖRİZASYON İŞLEMİ BOYUNCA BEŞER DAKİKA ARAYLA SÜT SICAKLIĞININ ÖLÇÜLMESİYLE ELDE EDİLEN ÇİZELGE**

SÜRE DAKİKA	EYLÜL AYI		KASIM AYI		ÖLÇÜM ORTALAMASI °C
	1. Ölçüm °C	2. Ölçüm °C	1. Ölçüm °C	2. Ölçüm °C	
0	16	14	16	15	15,25
5	23	20	21	22	21,5
10	29	27	28	18	25,5
15	35	35	24	14	27
20	42	43	42	43	42,5
25	46	48	47	46	46,75
30	53	53	51	52	52,25
35	56	55	54	55	55
40	62	61	60	61	61
45	69	68	69	68	68,5
50	74	75	75	73	74,25
55	79	81	80	78	79,5
60	84	85	83	83	83,75
65	89 (cidara verilen buhar kesildi)	88 (cidara verilen buhar kesildi)	89 (cidara verilen buhar kesildi)	90 (cidara verilen buhar kesildi)	89
70	90 (cidarlara soğutma suyu verildi)	92 (cidarlara soğutma suyu verildi)	90 (cidarlara soğutma suyu verildi)	91 (cidarlara soğutma suyu verildi)	90,75
75	78	78	79	79	78,5
80	70	71	72	72	71,25
85	65	67	65	66	65,75
90	60	62	60	61	60,75
95	55	57	56	54	55,5
100	48	54	53	50	51,25
105	45	50	51	48	48,5
110	44	46	47	46	45,75
115	43 (süt homojenizatöre beslendi)	43 (süt homojenizatöre beslendi)	44 (süt homojenizatöre beslendi)	43 (süt homojenizatöre beslendi)	43,25

EK-I**PASTÖRİZASYON İŞLEMİ SONRASI SOĞUTMA İŞLEMİ BOYUNCA İKİŞER DAKİKA ARAYLA SOĞUTMA SUYU SICAKLIĞININ ÖLÇÜLMESİYLE ELDE EDİLEN ÇİZELGE**

SÜRE DAKİKA	EYLÜL AYI		KASIM AYI		ÖLÇÜM ORTALAMASI °C
	1. Ölçüm °C	2. Ölçüm °C	1. Ölçüm °C	2. Ölçüm °C	
0	88	86	87	87	87
2	84	82	83	84	83,25
4	80	77	78	79	78,5
6	52	51	52	52	51,75
8	46	46	47	46	46,25
10	43	42	43	43	42,75
12	41	39	40	41	40,25
14	38	37	39	38	38
16	35	34	34	35	34,5
18	34	33	34	34	33,75
20	33	32	33	34	33
22	32	32	33	33	32,5
24	32	33	32	33	32,5
26	32	32	32	32	32
28	32	32	32	32	32
30	32	31	32	32	31,75
32	32	31	32	32	31,75
34	32	30	31	32	31,25
36	30	30	30	30	30
38	29	30	29	29	29,25
40	27	29	38	29	30,75
42	27	29	27	28	27,75
Soğutma suyu çıkış sıcaklığı ortalaması					41,39

EK-İ

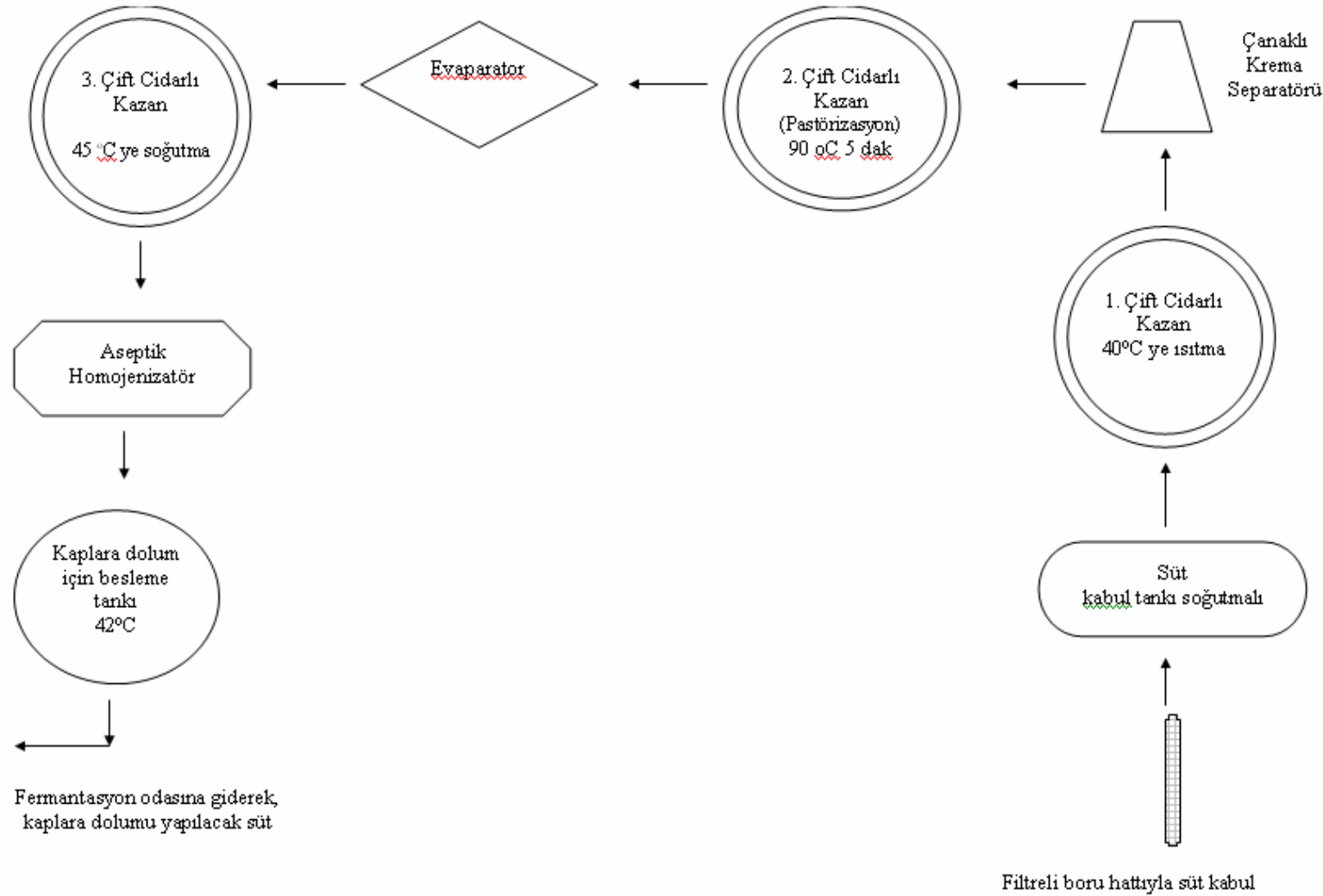
EVAPORATÖR SEÇİM ÇİZELGESİ

Evaporatör Türü	BESLEME ŞARTLARI							
	Viskozite Değeri (m N s/m ²)			Köpük oluşumu	Kabuk oluşumu	Kristal oluşumu	Süspansiyon daki katılar	Isıya duyarlı maddelere uygunluk
Çok viskoz >1000	Orta derece viskoz 100-1000	Az viskoz 100>						
Sirkülasyonlu kısa-dikey borulu		←						Hayır
Zorlanmış sirkülasyonlu		←						Evet
Düşen film			↔					Hayır
Doğal sirkülasyon			↔					Hayır
Tek geçişli karıştırıcı film	←							Evet
Uzun borulu düşen film			↔					Evet
Uzun borulu yükselen film			↔					Evet

(Coulson ve Richardson, 1983)

EK-J

İŞLETMEYE ÖNERİLEN ALET YERLEŞİMİ VE YOĞURT ÜRETİM AKIŞI



EK-K

YAPILAN DEĞİŞİKLİK VE SAĞLAYACAĞI KAZANIM ÇİZELGESİ

	ÜRETİMDE YAPILAN DEĞİŞİKLİK	SAĞLAYACAĞI KAZANIM
1	Borulu ve pompalı sistem ile çiğ sütün işletme içine taşınması	İş gücü ve zamandan kazanım sağlanır.
2	Sütün bez ile süzülmesi yerine, filtre sistemiyle süzülmesi	Ürün kalitesini düşüren partiküller daha etkili uzaklaştırılır. Üretimde boru hattı içinde süt kalıntısı miktarı azalır.
3	Çift cidarlı kazanlar içersine şartmaların konması	Vorteks oluşumu engellenerek ısıtma ve karıştırma verimliliği artar
4	Optimum karıştırma hızı belirlenerek bu hızda çalışmak	Vorteks oluşumu engellenerek ısıtma ve karıştırma verimliliği artar
5	Tek kademeli homojenizatör yerine çift kademeli homojenizatör kullanılması	İlk yatacım maliyeti hariç, ürün maliyetinde hiçbir artışa neden olmazken ürünün organoleptik kalitesinde artış sağlayacaktır.
6	Süt buharının tekrar buhar kazanına geri beslenmesi	Ayrıca buharı yoğunlaştırmak için ayda 120 ton soğutma suyu harcanmamış olacaktır.
7	Krema ayırma işleminin uygun debide çalışan pompayla sürekli sistem haline getirmek	İş gücünden ve zamandan kazanım sağlanır.
8	LPG yerine, süt buharının fermantasyon odasının ısıtılmasında kullanılması	Bir fermantasyon süresince 1,3 kg LPG harcanır. Aylık LPG harcaması 39 kg dir. LPG harcamasının sifra inmesine karşılık gelen aylık ekonomik kazanç 113,75 YTL dir. Ayrıca buharı yoğunlaştırmak için ayda 120 ton soğutma suyu harcanmamış olacaktır.
9	Fermantasyon odasının duvar ve tavan izolasyonlarının yapılması	Aylık ekonomik kazanç 56,88 YTL dir.
10	Fermantasyon odası içine hava dağıtıcı konması	Homojen ısı dağılımı sağlanarak fermantasyon verimliliği ve ürün kalitesi artar
11	Soğuk hava deposunun duvar ve tavan izolasyonlarının yapılması	Sağlanan enerji tasarrufu kış ayları için 47,67%, yaz ayları için ise 50,38% dir.
12	Fermantasyon sonrası yoğurtların taşınmasında arabalı sistem kullanılması	Yoğurdun su salması ve yapı kalitesi artar. İş gücünden tasarruf sağlanır