

GIDA TEKNOLOJİSİNDE ÜRETİM HATLARININ MODERNİZASYONU

Özkan HİZAROĞLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİYEL TEKNOLOJİ EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ARALIK 2013

Özkan HİZAROĞLU tarafından hazırlanan “GIDA TEKNOLOJİSİNDE ÜRETİM HATLARININ MODERNİZASYONU” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. H. Güçlü YAVUZCAN

Tez Danışmanı, Endüstri Ürünleri Tasarımı Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Muammer NALBANT

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Prof. Dr. H. Güçlü YAVUZCAN

Endüstri Ürünleri Tasarımı Anabilim Dalı, G.Ü.

Prof. Dr. Ulvi ŞEKER

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Doç. Dr. Recep DEMİRCİ

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Doç. Dr. Abdullah KURT

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Tarih: 12/12/2013

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof.Dr. Şeref SAĞIROĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Özkan HİZAROĞLU

GIDA TEKNOLOJİSİNDE ÜRETİM HATLARININ MODERNİZASYONU
(Yüksek Lisans Tezi)

Özkan HİZAROĞLU

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Aralık 2013

ÖZET

Gıda endüstrisinde geleneksel üretim yöntemlerinin kullanımı gıda sağlığı, üretim performansı ve iş güvenliği açısından uygun olmayan bir takım sonuçları da beraberinde getirmektedir. Ayrıca ürünlerin depolama ortamlarının hijyen ve sanitasyonu büyük önem kazanmaktadır. San-Tez projesi kapsamında yapılan bu çalışmada geleneksel yöntemlerle üretim yapan bir tesisinin yeni bir üretim tekniği ile modernize edilmesi ve ortaya çıkan sonuçların değerlendirmesi yapılmıştır. Modern üretim sistemlerinin kullanımları ile üretim sürelerinin ve maliyetleri belirgin bir şekilde düşürmesinin dışında gıda kalitesini ve tüketim güvenliğini üst seviyeye çıkarmıştır. Gıda üretim sistemlerinde kullanılan soğutarak özellik kazandırma işlemi için gerekli olan özgül ısı değerlerinden Choi-Okos değeri soğutma süresi hesaplamalarında helva benzeri ürünler için gerçeğe en yakın değeri verdiği yapılan uygulamalarla ortaya konmuştur. Ürün kalitesi, üretim süresi ve benzeri tüm değerlendirmelerde modern üretim hatları en olumlu sonuçları vermiştir ve üretim gücü arz talep dengesi gözetildiğinde % 218 artmıştır.

Bilim Kodu : 705.3.014

Anahtar Kelimeler : PLC, konveyör bandı, bant tamburu, helva.

Sayfa Adedi : 191

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. H. Güçlü YAVUZCAN

MODERNIZATION OF PRODUCTION LINES AT FOOD TECHNOLOGY**(M. Sc. Thesis)****Özkan HİZAROĞLU****GAZİ UNIVERSITY****GDADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES****December 2013****ABSTRACT**

The use of traditional methods of production in the food industry that will return results containing inconvenient in terms of food safety, production performance, job security. In addition, hygiene and sanitation of storage media of products gain great importance. This study in San-Tez Project includes a facility engaged in manufacturing with traditional methods modernized with new manufacturing technique and the results of the assessment is made. The use of modern production systems has provided that reduce production time and costs with increased level of food quality and safety of consumption. Applications show that Choi-Okos value of the specific heat values which provide the most realistic value for cooling process imparts used in food production systems. Product quality, production time and in all the other reviews show that modern production lines gave the most positive results and considering the demand and supply balance, power production increased 218%.

Science Code : 705.3.014**Key Words : PLC, conveyor belt, band drum, halvah****Page Number : 191****Adviser : Prof. Dr. H. Güçlü YAVUZCAN**

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmalarım süresince değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Doç. Dr. Adnan AKKURT'a yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocam Prof. Dr. H. Güçlü YAVUZCAN'a, ayrıca değerli desteklerini ve görüşlerini benden esirgemeyen Prof. Dr. Ayla SOYER'e ve Hande BALTACIOĞLU'na, manevi destekleri ile beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan annem Mayrini HİZAROĞLU'na ve arkadaşım Ayça DİREN'e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
SİMGELER.....	xviii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Otomasyon Sistemleri	3
2.1.1. Otomasyon uygulama alanları	4
2.1.2. Endüstriyel otomasyon ve uygulama alanları	5
2.1.3. Üretimde endüstriyel otomasyonun önemi	6
2.2. Gıda Güvenliği	6
2.2.1. Türkiye’de gıda güvenliği mevzuatı	7
2.2.2. Gıda güvenlik mevzuatında HACCP uygulamasının önemi ve bu uygulamaya ilişkin kanun hükümleri.....	8
2.2.3. Gıda güvenliğinde dikkat edilmesi gereken hususlar	11
2.3. Gıda Üretim Teknolojisi.....	12
2.4. Geleneksel Yöntem İle Tahin Helva Üretimi	20
2.4.1. Tahin helva	20
2.4.2. Mevcut üretim tekniğinin dezavantajları	27

Sayfa

2.4.3. Dünya genelinde tahin helva tüketimi	28
2.5. Literatür Değerlendirmesi	28
3. MATERYAL VE METOD	31
3.1. Tahin Helva Karıştırma Yoğurma Şekillendirme ve Soğutma Bandı Tasarımı Amacı.....	31
3.2. Helva Karıştırma, Yoğurma, Ölçülendirme ve Soğutma Bandı Yapısı ve Çalışma Prensipleri.....	31
3.2.1. Karıştırma ve yoğurma tertibatı	32
3.2.2. Şasi ve bant tambur mekanizması.....	39
3.2.3. Soğutma sistemi	51
3.2.4. Şekillendirme ve kesme tertibatı.....	57
3.2.5. Kontrol ve kumanda tertibatı	65
3.2.6. Helva üretim hattı çalışma düzeneğinin belirlenmesinde kullanılan hareket modellemeleri.....	72
3.3. Helva Üretim Bandı Üzerinde Mekanik-Fiziksel Hesaplamalar ve Analizler	81
3.3.1. Bant tambur hesaplamaları	81
3.3.2. Bant iş gücü hesabı	81
3.3.3. Bant tambur hesabı	83
3.3.4. Güç ve hareket aktarma tertibatı dişli sistemi hesaplamaları	99
3.3.5. Dişli hesapları	102
3.3.6. Soğutma tüneli hesapları ve soğutma boru hattı analizi	110
3.3.7. Üretim bandına yönelik analiz ve hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler	121
3.4. Tahin Helva Termo-Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi Ve Soğutma Sürelerinin Hesaplanması	122

Sayfa

3.4.1. Tahin helva özgül ısısının Heldman ve Choi&Okos yöntemleri ile belirlenmesi.....	123
3.4.2. Tahin helvanın yoğunluğunun Choi ve Okos Ampirik Yöntemi ile belirlenmesi.....	126
3.4.3. Tahin helva ısı iletim katsayısı hesabı	127
3.4.4. Tahin helvaya uygulanan hava rejiminin belirlenmesi ve konvansiyonel ısı transfer hesabı	132
3.4.5. Tahin helva merkez noktası soğutma süresinin One -Term Yaklaşımı yöntemi ile hesaplanması.....	135
3.4.6. Elde edilen hesaplama değerlerinin test değerleri ile karşılaştırılması.....	139
3.5. Dokümantasyon Çalışması	143
3.5.1. Helva merkez nokta soğutma süreleri ve bu sürelerle bağlı parametrik değerlere ilişkin analizler.....	143
3.5.2. Üretilen tahin helva gıdasının kimyasal analizleri ve tüketime uygunluğu	158
3.5.3. Üretim bandının geleneksel üretim yöntemine göre avantajları.....	160
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	163
KAYNAKLAR	167
EKLER.....	173
EK-1 Helva karıştırma yoğurma şekillendirme ve soğutma bandı yapı elemanları ve genel görünümü	174
EK-2 Helva karıştırma yoğurma şekillendirme ve soğutma bandı yapı elemanları çizelgesi	175
EK-3 Helva karıştırma yoğurma şekillendirme ve soğutma bandı prototipi resimleri	176
EK-3(Devamı). Helva karıştırma yoğurma şekillendirme ve soğutma bandı prototipi resimleri	177

Sayfa

Ek-4 Üretim bandı otomasyon panosu devre şemaları	178
Ek-4(Devamı) Üretim bandı otomasyon panosu devre şemaları	178
Ek-4(Devamı) Üretim bandı otomasyon panosu devre şemaları	179
Ek-4(Devamı) Üretim bandı otomasyon panosu devre şemaları	180
Ek-4(Devamı) Üretim bandı otomasyon panosu devre şemaları	181
EK-5 Karıştırma ve yoğurma tertibatı otomasyon yazılım şemaları	182
EK-5 (Devamı) Karıştırma ve yoğurma tertibatı otomasyon yazılım şemaları	184
EK-6 PVC Bandı Migrasyon Analizi.....	185
EK-6 (Devamı) PVC Bandı Migrasyon Analizi	186
EK-7 Tahin helva metal analizi	187
EK-8 Helva karıştırma yoğurma şekillendirme ve soğutma bandı teknik çizimler .	188
EK-8 (Devamı) Helva karıştırma yoğurma şekillendirme ve soğutma bandı teknik çizimler	189
EK-8 (Devamı) Helva karıştırma yoğurma şekillendirme ve soğutma bandı teknik çizimler	190
ÖZGEÇMİŞ	191

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Karışım haznesi PLC modülü giriş ve çıkış birimleri.....	36
Çizelge 3.2. PVC gıda bandı migrasyon analiz sonuçları	50
Çizelge 3.3. PLC' nin analog ve dijital giriş-çıkış adresleri ve çalıştırma komutları	72
Çizelge 3.4. Kullanıcı tarafından belirlenen ve otomatik kontrolöre girilen değerler	73
Çizelge 3.5. Otomasyon sistemi şalter ve anahtarları	74
Çizelge 3.6. PLC giriş-çıkış birimleri	74
Çizelge 3.7. Güç aktarma tertibatı dişli ölçüleri, kısmi iletim ve devir çizelgesi	102
Çizelge 3.8. Havanın sıcaklığa göre değişen fiziksel değerleri ..	114
Çizelge 3.9. Soğutma baca çıkışlarında, Baca 1'in referans test verilerine göre yapılan hava akış ve sıcaklık analizi.	118
Çizelge 3.10. Üretim hattına yönelik elde edilen mekanik ve fiziksel değerler	122
Çizelge 3.11. Tahin helva tebliğinde belirtilen gıda bileşim maddeleri ve oranları	124
Çizelge 3.12. Tahin helva bileşiklerinin özgül ısı yaklaşık değer hesaplamaları. ...	125
Çizelge 3.13. Choi and Okos ampirik yöntemi ile helva bileşiklerinin yoğunluk değerleri.	127
Çizelge 3.14. Tahin helva bileşiklerinin Choi ve Okos modeli ile ısı iletimi yaklaşık değer hesaplamaları.	128
Çizelge 3.15. Tahin helva bileşiklerinin fiziksel değer ve oranları.....	129
Çizelge 3.16. Biot sayısı ve madde şekillerine göre A_1 , λ_1 değerler listesi.....	137
Çizelge 3.17. Test numunelerinin merkez nokta sıcaklıkları ve ortalama sıcaklık değerleri.	140
Çizelge 3.18. Heldman ve Choi&Okos denkliklerinin nümerik modellemede kullanılmasıyla oluşan farklı sıcaklık değerleri	141
Çizelge 3.19. Tahin helva test üretimi çalışma şartları	141

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.20. Tahin helva soğutma hesap değerleri.....	142
Çizelge 3.21. Hesaplamalar sonucunda elde edilen grafikler ve içerikleri.....	144
Çizelge 3.22. Değişken hacimsel hava debisinin havanın termofiziksel parametrelerine ve helvanın soğuma süresine etkisi.....	145
Çizelge 3.23. Soğutucu akışkan hava sıcaklık değişiminin, havanın termo-fiziksel parametrelerine ve gıda soğuma süresine etkisi.	152
Çizelge 3.24. Sıcaklık değerlerine göre havanın dinamik ve kinematik viskoziteleri	155
Çizelge 3.25. Tahin helva ağır metal analizi.....	158
Çizelge 3.26. Tahin helvanın firma laboratuvarlarında yapılan duysal, mikrobiyolojik ve kimyasal analiz raporu.	159
Çizelge 3.27. Üretim bandı ve geleneksel yöntem üretimlerinin karşılaştırılması ..	162

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Mikro işlemcili otomatik kontrolörlerin dünya genelindeki uygulama alanları	4
Şekil 2.2. Sentetik bantlı konveyör sistemleri	19
Şekil 2.3. Tahin hazırlama şeması.....	24
Şekil 2.4. Tahin helva hazırlama şeması.....	24
Şekil 2.5. Tahin ve şeker ağdasının karışımı (kürekleme)	25
Şekil 2.6. Tahin ve şeker ağdasının yoğrulması	25
Şekil 2.7. Tahin helvanın tartılıp kalıplanması	26
Şekil 2.8. Tahin helva dinlendirme işlemi	26
Şekil 2.9. Tahin helvanın kesim ve paketlenme işlemleri.....	27
Şekil 3.1. Karıştırma ve yoğurma tertibatı yapı elemanları	32
Şekil 3.2. Karışım ve yoğurma tertibatı gövdesi.....	33
Şekil 3.3. Karıştırma nokta sensörü (1.14), karıştırma küreği yükseklik seviye sensörü (1.16), karışım haznesi pozisyon sensörü (1.18).	34
Şekil 3.4. Elektrik panosu, gösterge ve dokunmatik panel	35
Şekil 3.5. PLC çıkış birimlerinin enerjilendirilme süreleri	37
Şekil 3.6. Karıştırma küreği çalışma rotası	38
Şekil 3.7. Şasi ve bant tambur mekanizması yapı elemanları	39
Şekil 3.8. Şasi ve bant tamburları (Bant tamburları montaj aşaması).....	40
Şekil 3.9. Tahrikli ve tahriksiz bant tamburları.....	41
Şekil 3.10. Bant tamburu fiziksel değerleri.....	42
Şekil 3.11. Avara makara montajı.....	42

Şekil	Sayfa
Şekil 3.12. Avara makara fiziksel değerleri	43
Şekil 3.13. Bant gergi tamburu fiziksel değerleri	44
Şekil 3.14. Pnömatik gergi tertibatı montajı	45
Şekil 3.15. Gergi tertibatı modellemesi.....	46
Şekil 3.16. Vidalı gergi tertibatı ölçüleri ve yapı elemanları	47
Şekil 3.17. Bant tamburu tahrik tertibatı.....	47
Şekil 3.18. Dişli kutusu ve zincir tahrik dişlileri.....	48
Şekil 3.19. Dişli kutusu devir ve moment çıkışları	48
Şekil 3.20. Gıda taşıma bandı	49
Şekil 3.21. Soğutma sistemi yapı elemanları	51
Şekil 3.22. Soğutma bacası damperi ve klapesi	52
Şekil 3.23. Soğutma sistemi boru hatları ölçüleri	53
Şekil 3.24. Soğutma tünel modül ölçüleri.....	54
Şekil 3.25. Soğutma tüneli duvarı malzeme kesiti.....	54
Şekil 3.26. Soğutma sistemi soğutma grubu	55
Şekil 3.27. Soğutma grubu evoperatörü	55
Şekil 3.28. Refcomp kompresör.....	56
Şekil 3.29. Hava soğutmalı sistemin soğutma çevrimi	57
Şekil 3.30. Şekillendirme ve kesme tertibatı yapı elemanları.....	58
Şekil 3.31. Giyotin tertibatı montaj hali.....	59
Şekil 3.32. Giyotin tertibatı elemanları	60
Şekil 3.33. Giyotin tertibatı imalat parçaları.....	60
Şekil 3.34. Şekillendirme tamburu tertibatı yapı elemanları ve ölçüleri	62

Şekil	Sayfa
Şekil 3.35. Şekillendirme tambur ölçüleri (500 gr helva kalıbı için).....	64
Şekil 3.36. Şekillendirme tamburu (80 gram helva kalıbı için)	64
Şekil 3.37. Yolluk tertibatı modellemesi (500 gram helva kalıbı için).....	65
Şekil 3.38. Otomatik kontrolör panosu, potansiyometreler, acil stop butonu dokunmatik panel	66
Şekil 3.39. PLC modülü	67
Şekil 3.40. Pano güç kaynağı	68
Şekil 3.41. Birinci ve ikinci hız kontrol regülatörü.....	68
Şekil 3.42. Soğutma sistemi hava üfleme fanı hız inventörü	69
Şekil 3.43. Encoder	70
Şekil 3.44. Hava fark basınç anahtarı.....	70
Şekil 3.45. Hava akış ve sıcaklık duyargası.....	71
Şekil 3.46. Damper motoru	72
Şekil 3.47. Dokunmatik panel.....	75
Şekil 3.48. Giyotin tertibatı çıkış/ zaman diyagramı.....	78
Şekil 3.49. Tahin helva üretimi	80
Şekil 3.50. Helva karıştırma yoğurma şekillendirme ve soğutma bandı prototipi genel görünümü.....	81
Şekil 3.51. Ürün yolluk kanalları	82
Şekil 3.52. Birinci bant tambur mekanizmasında gergin ve gevşek banda gelen çekme kuvvetleri.....	86
Şekil 3.53. İkinci bant tambur mekanizmasında gergin ve gevşek banda gelen çekme kuvvetleri	89
Şekil 3.54. Pnömatik piston bant gergi kuvveti	93
Şekil 3.55. Vidalı gerdirme tertibatı bant gergi kuvveti ve bileşenleri	94

Şekil	Sayfa
Şekil 3.56. Pnömatik gergi tertibatı statik gergi kuvvet bileşenleri	96
Şekil 3.57. Güç aktarma tertibatı hareket iletim grafiği.....	100
Şekil 3.58. Güç aktarma tertibatı dişli kutusu	103
Şekil 3.59. Güç aktarma tertibatı 4 ve 6 numaralı zincir dişlileri	105
Şekil 3.60. Güç aktarma tertibatı 3 ve 5 numaralı zincir dişlileri	107
Şekil 3.61. Güç aktarma tertibatı 1 ve 2 numaralı şanzıman dişlileri	110
Şekil 3.62. Soğutma tüneli duvarı termik kesit katman grafiği.....	113
Şekil 3.63. Soğutma tüneli duvarı malzeme kesit grafiği	114
Şekil 3.64. Test 1 şartlarına göre soğutma boru hatlarında oluşan hava akış hızlarının şekilsel grafik analizi.....	119
Şekil 3.65. Test 2 ve Test 3 şartlarına göre soğutma boru hatlarında oluşan hava akış hızlarının şekilsel grafik analizi	119
Şekil 3.66. Baca 1'deki 273 K referans akışkan sıcaklığına göre soğutma boru hatlarında oluşan akışkan hava sıcaklık değerlerinin şekilsel grafik analizi.	120
Şekil 3.67. Baca 1'deki 281 K referans akışkan sıcaklığına göre soğutma boru hatlarında oluşan akışkan hava sıcaklık değerlerinin şekilsel grafik analizi.	120
Şekil 3.68. Baca 1'deki 283,4 K referans akışkan sıcaklığına göre soğutma boru hatlarında oluşan akışkan hava sıcaklık değerlerinin şekilsel grafik analizi.	121
Şekil 3.69. Grafik 1-Soğutma süresine göre Fourier, A_1 , $\times 1$ sayılarının değişimi..	146
Şekil 3.70. Grafik 2-Üfletilen hava hızına göre ısı taşınım katsayısı, tahin helva merkez nokta soğuma süresi ve konvansiyonel ısı transfer miktarı değişimi.	148
Şekil 3.71. Grafik 3-Nusselt sayısı ve ısı taşınım katsayısının merkez nokta soğuma süresine göre değişimi.	149
Şekil 3.72. Grafik 4-Biot ve Fourier sayılarının soğuma süresine göre değişimi	150

Şekil	Sayfa
Şekil 3.73. Grafik 5-Reynold sayısı ve merkez nokta soğuma sürelerinin hacimsel hava debisine göre değişimi.	151
Şekil 3.74. Grafik 6.a ve 6.b- Reynold, helva merkez nokta soğuma sürecinin soğutucu hava sıcaklığına göre değişimi ve Biot ve Fourier sayılarının soğutucu hava sıcaklığına göre değişimi.	154
Şekil 3.75. Grafik 7.a- Isı taşınım katsayısı, konvansiyonel ısı transferi ve Nusselt sayısının soğutucu hava sıcaklığına göre değişimi ve Grafik 7.b- A1, Lambda ve duvar ısı katsayısının soğutucu hava sıcaklığına göre değişimi.	156
Şekil 3.76. Grafik 8-Biot sayısı ve üfletilen soğutucu akışkan havanın helva merkez nokta soğuma süresine etkisi.	157
Şekil 3.77. Yeni (solda) ve eski(sağda) usul ile üretilen helva yapıları.	160

SİMGELER

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simge	Açıklaması
L_{b-1}	1 Numaralı bant boyu [m]
L_{b-2}	2 Numaralı bant boyu [m]
t_b	Bant genişliği [m]
d_t	Bant tambur çapı [mm]
q_m	Malzemenin birim uzunlukta ki ağırlığı [kg/m]
q_b	Bandın birim uzunlukta ki ağırlığı [kg/m]
q_r	Tambur ve rulonun birim uzunlukta ki ağırlığı [kg/m]
$q_{r-üst}$	Kol üstünde kalan toplam tambur ve makara ağırlı [kg/m]
q_{r-alt}	Kol altında kalan toplam tambur ve makara ağırlı [kg/m]
ω_m	Elektrik motoru aşırı yüklenme katsayısı
m_a	Bandın birim alanda ki ağırlığı [kg/m ²]
g	Yerçekimi ivmesi [m/s ²]
μ_1	Bant-çelik sac sürtünme katsayısı
μ_2	Bant-tambur sürtünme katsayısı
α_1	1. Bant sarım açısı
α_2	2. Bant sarım açısı
β_1	1. Bant eğim açısı
β_2	2. Bant eğim açısı
C_1	1. Bant hareket direncinin teğetsel sürtünme kuvvetine oranı
C_2	2. Bant hareket direncinin teğetsel sürtünme kuvvetine oranı
G_t	Tambur ağırlığı [kg]
G_m	Malzeme ağırlığı [kg]
G_r	Rulo ağırlığı [kg]
G_g	Gergi tamburu ağırlığı [kg]

Simge	Açıklaması
ρ_m	Helva malzemesinin özgül ağırlığı [gr/mm ³]
$n_{tamb.}$	Tambur devri [d/dk]
v_b	Bant teğetsel hızı [m/s]
η_R	Redüktör verimi
η_z	Zincir-dişli verimi
Q_h	Bant iş gücü [kg/m.s]
b_1	Şekillendirme tamburu kanal genişliği [mm]
t_1	Şekillendirme tamburu kanal yüksekliği [mm]
s_1	Şekillendirme tamburu kanal sayısı
F_1	1 numaralı bant hareketi için aşması gereken kuvvet [N]
$F_{1.1}$	1 numaralı bant hareketi için gergin banda gelen çekme kuvveti [N]
$F_{1.2}$	1 numaralı bant hareketi için gevşek banda gelen direnç kuvveti [N]
$F_{1.3}$	1. bantta oluşan yön değiştirme tamburundan banda gelen çekme kuvveti [N]
$F_{1.4}$	1. bantta oluşan yön değiştirme tamburundan banda gelen itme kuvveti [N]
$F_{2.1}$	2 numaralı bant hareketi için gergin banda gelen çekme kuvveti [N]
$F_{2.2}$	2 numaralı bant hareketi için gevşek bantta oluşan direnç kuvveti [N]
$F_{2.3}$	2 numaralı bantta oluşan yön değiştirme tamburundan banda gelen çekme kuvveti [N]
$F_{2.4}$	2 numaralı bantta oluşan yön değiştirme tamburundan banda gelen itme kuvveti [N]
P_1	1. Bant tamburunda oluşan, tamburun banda uyguladığı teğetsel döndürme kuvveti [N]
P_2	2. Bant tamburunda oluşan, tamburun banda uyguladığı teğetsel döndürme kuvveti [N]
P_1	1. Bant tamburunda oluşan, tamburun banda uyguladığı teğetsel döndürme kuvveti [N]

Simge	Açıklaması
P_2	2. Bant tamburunda oluşan, tamburun banda uyguladığı teğetsel döndürme kuvveti [N]
P_{1-max}	1. bant tamburunun banda uyguladığı maksimum döndürme kuvveti [N]
P_{2-max}	2. bant tamburunun banda uyguladığı maksimum döndürme kuvveti [N]
$F_{1-üst}$	Üst hatta aşılması gereken direnç kuvveti [N]
F_{1-alt}	Alt hatta aşılması gereken direnç kuvveti [N]
$F_{2-üst}$	2. Bant tamburunda üst hatta aşılması gereken direnç kuvveti [N]
F_{2-alt}	2. Bant tamburunda alt hatta aşılması gereken direnç kuvveti [N]
$G_{top1} \cdot \sin \alpha$	1. Bant eğiminden doğan donanım ve malzeme direnci [N]
$G_{top2} \cdot \sin \alpha$	2. Bant eğiminden doğan donanım ve malzeme direnci [N]
N_1	1 numaralı bant için gerekli olan motor gücü [kW]
N_2	2 numaralı bant için gerekli olan motor gücü [kW]
F_{g-1}	1 numaralı bant gerdirme kuvveti [N]
F_{g-2}	2 numaralı bant gerdirme kuvveti [N]
M_1	1 numaralı bant tahrik tamburu döndürme momenti [Nm]
M_2	2 numaralı bant tahrik tamburu döndürme momenti [Nm]
H_m	Bir metre uzunluğunda ki bantta bulunan malzeme hacmi [mm ³]
k_F	Bant hareket kuvveti emniyet katsayısı
F_{G-1}	1 numaralı bant gerdirme kuvveti [N]
F_{G-2}	2 numaralı bant gerdirme kuvveti [N]
F_{G-1y}	1 numaralı bant düşey ekseninde oluşan gerdirme kuvvet bileşeni [N]
$F_{AB(y)}$	Bandın A-B arasında oluşan kuvvetin düşey ekseninde ki değeri [N]
$F_{BC(y)}$	Bandın B-C arasında oluşan kuvvetin düşey ekseninde ki değeri [N]
$\vec{\lambda}_{AB}$	AB vektörel bileşeni
$\vec{\lambda}_{BC}$	BC vektörel bileşeni
$\vec{\lambda}_{AB}$	AB vektörleri

Simge	Açıklaması
$\vec{BC}$	BC vektörleri
F_{AB}	Bandın A-B arasında oluşan anlık gerdirme kuvveti [N]
F_{BC}	Bandın B-C arasında oluşan anlık gerdirme kuvveti [N]
α_p	Pnömatik pistonların düşey ile yaptığı açı
d_p	Pnömatik piston çapı [mm]
A_p	Pnömatik piston çalışma yüzey alanı[mm ²]
$P_{p(y)}$	Bant gerdirme kuvveti için gerekli olan düşey pnömatik piston çalışma basıncı[bar]
P_p	Bant gerdirme kuvveti için gerekli olan pnömatik piston çalışma basıncı[bar]
i_1	Motor ve redüktör arasındaki kısmi iletme oranı
i_2	3 ve 4 numaralı dişliler arasındaki kısmi iletme oranı
i_3	1 ve 2 numaralı dişliler arasındaki kısmi iletme oranı
i_4	5 ve 6 numaralı dişliler arasındaki kısmi iletme oranı
n_M	Tahrik motor devri [d/dk]
$n_{M.max}$	Maksimum motor devri [d/dk]
n_R	Redüktör çıkış devri [d/dk]
n_t	Tahrik tambur devri [d/dk]
$n_{t(max)}$	Tahrik maksimum tambur devri[d/dk]
Z_1	Dişli kutusu 1 numaralı dişli diş sayısı
Z_2	Dişli kutusu 2 numaralı dişli diş sayısı
Z_3	3 numaralı zincir dişli diş sayısı
Z_4	4 numaralı zincir dişli diş sayısı
Z_5	5 numaralı zincir dişli diş sayısı
Z_6	6 numaralı zincir dişli diş sayısı
n_1	1 numaralı dişli devri [d/dk]
n_2	2 numaralı dişli devri [d/dk]
n_3	3 numaralı dişli devri [d/dk]

Simge	Açıklaması
n_4	4 numaralı dişli devri [d/dk]
n_5	5 numaralı dişli devri [d/dk]
n_6	6 numaralı dişli devri [d/dk]
V_{bant}	Çizgisel bant hızı [m/s]
t_{1b}	Çizgisel bant hızında 1. bant tertibatında ürünün kalma süresi[s]
t_{2b}	Çizgisel bant hızında 2. bant tertibatında ürünün kalma süresi[s]
t_{top}	Ürünün toplam bantta kalma süresi[s]
V_t	Çizgisel tahrik tamburu hızı [m/s]
V_4	Çizgisel 4 numaralı zincir dişli hızı [m/s]
ϵ_1	Tahrik tamburu ve zincir tahrik dişlisi çizgisel hız oranı
d_1	Dişli kutusu 1 numaralı dişli çapı [mm]
d_2	Dişli kutusu 2 numaralı dişli çapı [mm]
d_3	3 numaralı zincir dişli çapı [mm]
d_4	4 numaralı zincir dişli çapı [mm]
d_5	5 numaralı zincir dişli çapı [mm]
d_6	6 numaralı zincir dişli çapı [mm]
m	Dişli modül değeri
p	Dişli hatve değeri [mm]
$d_{\bar{u}}$	Diş üstü çapı [mm]
d_d	Diş dibi çapı [mm]
h_d	Diş dibi yüksekliği [mm]
h	Diş yüksekliği [mm]
$h_{\bar{u}}$	Diş üstü yüksekliği [mm]
b_d	Diş genişliği [mm]
b	Diş genişliği [mm]
θ_{Ta1-T1}	Tünel dış yüzeyinde birim alanda ki ısı transfer miktarı [W]
θ_{T1-T2}	Tünel duvarı dış sacında birim alanda ki ısı transfer miktarı [W]
θ_{T2-T3}	Tünel duvarı orta izolasyon malzemesinde ki birim alanda ki ısı transfer miktarı [W]

Simge	Açıklaması
θ_{T3-T4}	Tünel duvarı iç sacında birim alanda ki ısı transfer miktarı [W]
θ_{T4-Ta2}	Tünel iç yüzeyinde birim alanda ki ısı transfer miktarı [W]
h_1	23 C ⁰ de ki hava taşınım katsayısı [$\frac{W}{m^2}$]
h_2	5 C ⁰ de ki hava taşınım katsayısı [$\frac{W}{m^2}$]
k_1	CrNi alaşımlı 304 paslanmaz çelik için 5-23 ⁰ C'de ki ısı iletim değeri [W/m.K]
k_2	Foamboard malzemesinin 30 mm de ki ısı iletim değeri [W/m.K]
k_3	CrNi alaşımlı 304 paslanmaz çelik için 5-23 ⁰ C'de ki ısı iletim değeri [W/m.K]
T_a	Akan sıcaklık değeri [K]
T_y	Yüzey sıcaklık değeri [K]
R_{t1}	Soğutma tüneli 296,15 K (23 C ⁰) de ki ısı taşınım direnci [$\frac{K}{W}$]
R_{t2}	Soğutma tüneli 278,15 K (5 C ⁰) de ki ısı taşınım direnci [$\frac{K}{W}$]
R_{i1}	Soğutma tüneli dış sacında ki ısı direnci [$\frac{K}{W}$]
R_{i2}	Soğutma tüneli orta izolasyon malzemesinde ki ısı direnci [$\frac{K}{W}$]
R_{i1}	Soğutma tüneli iç sacında ki ısı direnci [$\frac{K}{W}$]
R_{top}	Soğutma tüneli duvarında ki toplam ısı direnci [$\frac{K}{W}$]
L_1	Soğutma tüneli dış sac kalınlığı [mm]
L_2	Soğutma tüneli izolasyon malzemesi kalınlığı [mm]
L_3	Soğutma tüneli iç sac kalınlığı [mm]
Θ	Birim zamanda meydana gelen ısı transferi [W=j/g]
q	Birim yüzey alanda meydana gelen ısı transferi [$\frac{W}{m^2}$]
h_{t1}	Hava ısı taşınım katsayısı [23 ⁰ C W/m ²]
h_{t2}	Hava ısı taşınım katsayısı [5 ⁰ C W/m ²]
A	Akışın süpürdüğü alan [m ²]
T_a	Akan sıcaklık değeri [K]

Simge	Açıklaması
T_y	Yüzey sıcaklık değeri [K]
R_i	Isı iletim direnci $[\frac{L}{k.A}]$
R_t	Isı taşınım direnci $[\frac{1}{h.A}]$
R_{top}	Toplam ısı direnci
θ_T	Soğutma tüneli bir metrelik uzunlukta meydana gelen ısı transferi [W]
L_{T-1}	1 numaralı bant tertibatı tünel uzunluğu[m]
θ_{T1}	1. Bant tertibatı tüneli duvarlarında meydana gelen ısı transferi [W]
L_{T-2}	2 numaralı bant tertibatı tünel uzunluğu[m]
θ_{T2}	2. Bant tertibatı tüneli duvarlarında meydana gelen ısı transferi [W]
θ_{Top}	Toplam tünel duvarında meydana gelen ısı transferi [W]
$cp_{helva-1}$	Heldman denklemine göre helvanın özgül ısısı [kJ/kg ⁰ C]
cp_{water}	Choi ve Okos denklemine göre gıda bileşiminde bulunan suyun özgül ısısı [J/kgK]
cp_{CHO}	Choi ve Okos denklemine göre gıda bileşiminde bulunan CHO'nın özgül ısısı [J/kgK]
$cp_{protein}$	Choi ve Okos denklemine göre gıda bileşiminde bulunan protein özgül ısısı [J/kgK]
$cp_{yağ}$	Choi ve Okos denklemine göre gıda bileşiminde bulunan yağın özgül ısısı [J/kgK]
$cp_{kül}$	Choi ve Okos denklemine göre gıda bileşiminde bulunan külün özgül ısısı [J/kgK]
$cp_{helva-2}$	Choi ve Okos denklemine göre helvanın özgül ısısı $[\frac{J}{kg^{\circ}C}]$
ρ_{su}	Choi & Okos denklemine göre su yoğunluğu [kg/m ³]
ρ_{CHO}	Choi & Okos denklemine göre karbonhidrat yoğunluğu [kg/m ³]
$\rho_{prot.}$	Choi & Okos denklemine göre protein yoğunluğu [kg/m ³]
$\rho_{yağ}$	Choi & Okos denklemine göre yağ yoğunluğu [kg/m ³]
$\rho_{kül}$	Choi & Okos denklemine göre kül yoğunluğu [kg/m ³]
ρ_{helva}	Choi & Okos denklemine göre helva yoğunluğu

Simge	Açıklaması
k_{water}	Choi ve Okos denklemine göre gıda bileşiğinde bulunan suyun ısı iletim katsayısı [W/m ⁰ C]
k_{CHO}	Choi ve Okos denklemine göre gıda bileşiğinde bulunan karbonhidratın ısı iletim katsayısı [W/m ⁰ C]
$k_{protein}$	Choi ve Okos denklemine göre gıda bileşiğinde bulunan proteinin ısı iletim katsayısı [W/m ⁰ C]
$k_{yağ}$	Choi ve Okos denklemine göre gıda bileşiğinde bulunan yağın ısı iletim katsayısı [W/m ⁰ C]
$k_{köl}$	Choi ve Okos denklemine göre gıda bileşiğinde bulunan külün ısı iletim katsayısı [W/m ⁰ C]
X_{Vi}	Bileşenlerin hacimsel oranı
k_{pa}	Bileşenlerin paralel modele göre toplam ısı iletim katsayısı [W/m ⁰ C]
$\frac{1}{k_{se}}$	Bileşenlerin dik modele göre toplam ısı iletim katsayısı [W/m ⁰ C]
$X_{d,CHO}^v$	Kopelman'ın izotropik modeline göre karbonhidrat bileşeninin hacimsel oranı
$X_{d,protein}^v$	Kopelman'ın izotropik modeline göre protein bileşeninin hacimsel oranı
Q_{CHO}	Kopelman'ın izotropik modeline göre karbonhidrat bileşeninin düzensiz faz geçiş sayısı
$Q_{protein}$	Kopelman'ın izotropik modeline göre protein bileşeninin düzensiz faz geçiş sayısı
k_{su-CHO}	Kopelman modeline göre su ve karbonhidrat bileşiminin ısı iletim katsayısı [W/m ⁰ C]
$k_{su-CHO-prot}$	Kopelman modeline göre su, karbonhidrat ve protein bileşiminin ısı iletim katsayısı [W/m ⁰ C]
k_{he}	Helvanın ısı iletim katsayısı [W/m ⁰ C]
T_f	Havanın film sıcaklığı [°C]
T_i	Soğutma tüneli girişinde ki helvanın merkez nokta sıcaklığı [°C]

Simge	Açıklaması
T_{∞}	Soğutma tüneline helvaya üflenene soğutucu hava sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]
T_0	Soğutma tüneli girişinde ki helvanın merkez noktasının hedeflenen sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]
V_{ha}	Soğutma tüneline ki hava hızı [m/s]
U	Havanın kinematik viskozitesi [m^2/s]
U_y	Havanın yalama boyu [m]
Re	Reynold sayısı
μ	Dinamik viskozite [$\frac{\text{kg}}{\text{m}}\text{s}$]
Pr	Prandtl sayısı
Nu	Nusselt sayısı
h_{ha}	Hava ısı iletim katsayısı [$\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$]
Q_{konv}	Konvansiyonel ısı iletimi [W]
A_{he}	Helva yüzey alanı [m^2]
Q_{0-wall}	Duvar boyutsuz ısı katsayısı
Bi	Biot sayısı
L_m	Helva kalıbı merkez nokta mesafesi [m]
λ_1	Lambda 1 sayısı
A_1	A 1 sayısı
τ	Fourier sayısı
e	Euler sayısı
α	Alfa sayısı [m^2/s]
t_s	Helva merkez nokta soğuma süresi [s]

1. GİRİŞ

Dünyada gıda sektöründe gerçekleştirilen modernizasyon çalışmaları ve gelişen teknoloji ile beraber yeni üretim teknikleri gıda üretiminde ileri düzey teknoloji kullanımını yaygınlaştırmıştır. Gıda üretim teknolojisi, üretim kapasitesindeki artış ile beraber hijyen kurallarına uygun gıda üretimini, ürün gramajındaki çeşitliliği ve ambalajlama kalitesini artırmaktadır.

Gıda üretim teknolojisindeki gelişmeler ile birlikte mevcut üretim teknikleri de gelişmekte ve üretim maliyetleri düşmektedir. Bu durum, gıda üretimi yapan firmaların hızlı gelişen rekabet ortamına uyum sağlayabilmelerini zorunlu bir ihtiyaç haline getirmektedir. Çağın gerisinde kalmış üretim tesislerinin modernize edilmesi, iş gücü olarak kullanılan insanların geri plana çekilip, kontrol ve denetleme mekanizmasının bir parçası haline gelmesi, makine odaklı üretimin faal olarak çalışması ile bu rekabet ortamına uyum mümkün olmaktadır.

Bu tez çalışmasında öncelikle gıda üretiminin çeşitli alanlarına ilişkin teknoloji kullanımı ve modernizasyon çalışmaları ile ilgili bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Yeni teknoloji uygulamaları, performans, ürün kalitesi, hijyenite, maliyet gibi açılardan ele alınmış, avantajlı ve dezavantajlı yönleri incelenmiştir. Güncel gıda güvenlik mevzuatı incelenmiş ve gıda güvenliği uygulamaları araştırılmıştır. Ayrıca bu çalışmada, Teknoloji ve Sanayi Bakanlığı tarafından Santez projesi kapsamında desteklenen gıda üretiminde örnek bir teknoloji ve modernizasyon uygulaması tasarım ve üretim açısından detaylı bir şekilde verilmiştir. Üretim bandı prototipi imalatı için kullanılan malzemelerin seçiminde ve üretilen gıda analizlerinde Türk Gıda Kodeksi dikkate alınmıştır. Önceki üretim tekniği tüm aşamaları ile incelenmiş, üretim gücünde verimliliği sınırlayan aynı zamanda gıda güvenliğinde risk ihtimalini barındıran etmenler tespit edilmiştir. Üretimi yapılacak tahin helvanın soğutulma sürelerinin belirlenebilmesi için gıdanın termo-fiziksel değerleri hesaplanmış, sistem tasarımı için gerekli olan akışkan soğutucu hava ve üretim bandı prototipi ile ilgili çeşitli hesaplama ve analizler yapılmıştır. Üretim bandı prototipinde kullanılacak malzeme ve teçhizatlar

belirlenmiş ve sonrasında Solidworks programında prototipinin tüm kısımları modellenmiş ANSYS ile soğutma sistemine yönelik analizler yapılmıştır. Malzeme ve teçhizat alımları gerçekleştirilmiş daha sonra imalat ve montaj kademeli olarak tamamlanmıştır. Çeşitli test çalışmaları yazılımsal ve donanımsal ayarlamalar ile beraber tamamlanmıştır. Üretim bandı soğutma sisteminin tahin helva soğutmasına yönelik test çalışma koşulları referans değer olarak alınmış ve test ortamında elde edilen soğutma süreleri kayıt edilmiştir. Soğutma sürelerinin hesaplanması için bir nümerik modelleme geliştirilmiş, bu modellemede test çalışma koşulları referans değerler olarak kabul edilmiş ve gıdanın soğutma süreleri hesaplanmıştır. Nümerik modellemede hesaplanan ve test çalışmalarında ölçülen soğutma sürelerinin kıyaslaması yapılmıştır. Nümerik modellemede havanın hacimsel debisi ve sıcaklığı değişken değer olarak kabul edilmiş ve her bir değer değişiminde bağıl parametreler yeniden hesaplanmıştır. Elde edilen veriler MATLAB programında işlenerek çeşitli grafiksel analizlere dönüştürülmüştür. Daha sonra üretimi yapılan gıdanın tüketime uygun olup olmadığını belirleyen laboratuvar analizlerinin gerçekleştirilmesi ve elde edilen sonuçların irdelenmesi ile çalışma tamamlanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Otomasyon Sistemleri

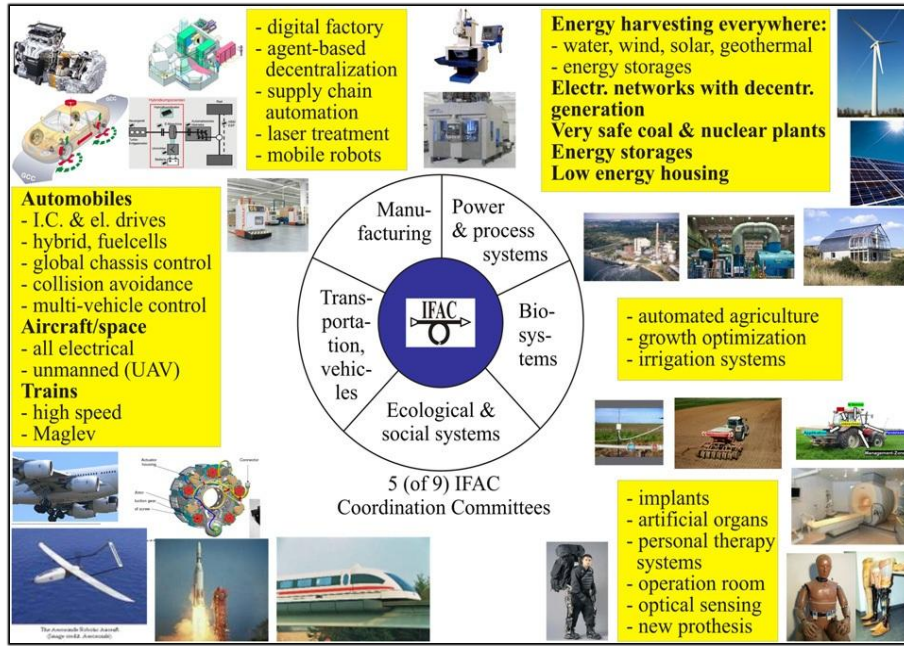
18. yüzyılın sonlarında, sanayi devrimi sonrasında İngiltere’de ilk adımlarının atıldığı düşünülen otomasyon bir üretim ve imalat ortamında mevcut üretim gücünün insan ve makine arasında paylaşılması olarak tanımlanır. Toplam üretim gücünün paylaşım yüzdesi otomasyon sisteminin niteliğini belli eder. Esasında otomasyon sistemlerinde üretimin mümkün olduğunca insan müdahalesi olmadan, planlanan ölçüde yürütülmesi hedeflenmektedir. Bunun için de özellikle seri üretim yapılan yerlerde üretimin her aşaması üzerinde titizlikle durulması, üretim ile ilgili proseslerin düzgün olarak yürütülmesi ve üretimin her aşamasının denetlenebilir olması gerekmektedir.

Üretim ve imalat sektörlerinde ilk karmaşık ve fonksiyonel olarak kullanılmaya başlayan otomasyon sistemleri; şalterler, butonlar, röleler ve kontaktörler gibi yapı elemanlarını bünyesinde bulundurmakta, kontrolü kumanda röleleri ve elektronik kartlar ile yapılmaktaydı. Klasik kumanda sistemi olarak bilinen bu sistemlerin kurulum maliyetlerinin yüksek olmasının yanında birbirleri ile uyum sıkıntısı yaşanması, karmaşık yapılarının olması ve üretim teknolojisindeki yeni gelişmelere kapalı olması gibi olumsuzlukları da vardı. Ayrıca üretim gücü olarak görev yapmasının dışında bu üretimi kontrol etme ve raporlama gibi özellikleri yoktu.

Endüstriyel otomasyon uygulamalarında esas büyük değişim 1970’lerde mikroşlemcilerin bulunuşu ile başlamıştır ve yazılım-programcılık çalışmaları ile üretim hattındaki tüm işleyişlerin komut ve denetim ayarlamaları yine bu mikroşlemciler sayesinde gerçekleştirilmiş olup kontrol cihazlarının içerisine monte edilmeleri ile beraber PLC (Programmable Logic Controllers) denilen ve endüstriyel üretim de mevcut üretim anlayışını tamamen değiştiren üstün bir anlayışı da beraberinde getirmiştir. PLC ler denetleme, sayma, zamanlama, mevcut bilgiyi işleme ve iletme gibi işlevleri kolaylıkla yerine getirebilen, donanım ve yazılım olarak endüstriyel çevreye adapte edilmiş bir bilgisayarın bu alandaki en önemli yapı elemanı olarak tanımlanabilir [1].

2.1.1. Otomasyon uygulama alanları

Otomatik kontrol veya daha geniş anlamda otomasyon sistemleri tarafından ilk zamanlarda, sürücülerin hız kontrolü, asansörlerin pozisyon kontrolleri, güç ve kimyasal tesislerin sıcaklık ve basınç kontrolü, uçakların irtifa ve takım tezgahlarının dizi kontrolü gibi basit ve temel düzeyde işlemler yapılmaktaydı. Zamanla bu sistemler işleyiş ve kapsam bakımından daha yetkin bir hale geldiler. Kontrol ve denetim görevlerinin kapsamı arttı ve günümüzde üretim teknolojisinin son halini aldılar. Şekil 2.1’de otomasyon sistemlerinin günümüz teknolojisinin farklı uygulama alanları içerisindeki kullanımı ile ilgili bilgi verilmektedir.



Şekil 2.1. Mikro işlemcili otomatik kontrolörlerin dünya genelindeki uygulama alanları [2]

Üretim tesisleri, güç ve süreç sistemleri, nakliye ve istifleme sistemleri, biyosistemler, çevresel ve sosyal sistemler olarak gruplara ayrılan otomasyon uygulamaları, kömür ve nükleer tesislerde enerji depolama birimlerinde, sulama sistemlerinde, otomobil endüstrisinde üretim hatlarında ve otomotiv endüstrisinde yeni teknoloji ürünü olan yakıt ve hidrojen pillerinin ortaklaşa kullanımını sağlayan hibrit motorlarda, su ve solar enerji gibi doğal enerji kaynaklarının depolanmasında, düşük enerji tüketimi donanımı olan evlerde, uçak ve tren donanımlarında, yapay

organ ve protezlere kadar geniş ve değişik bir sektörel alanda başarı ile uygulanmaktadır [2].

2.1.2. Endüstriyel otomasyon ve uygulama alanları

Bir otomasyon uygulamasının üretim alanına başarıyla entegre edilmesi ile yüksek üretim gücünün yanı sıra denetlenebilirlik, kontrol, enerji tasarrufu, iletişim, iş güvenliği gibi kriterlerde de büyük kazanımlar ve ilerlemeler sağlanmaktadır. Rohner'e göre, [3] PLC ile kontrolörlerin değişimleri sonucunda endüstriyel alanda çok daha ekonomik otomatik üretim hatlarına geçilmesi sağlanmış, özellikle tüketim malları üretimi, ağır sanayi üretimi ve makine üretimi değişime uğramıştır. Böylece elektronik programlanabilir kontrolörler, klasik röle sistemlerinin yerini almıştır. Üretim tesislerinde yüzlerce vericiden ve sensörden gelen verilerin bir noktada toplanıp analiz ve kontrol için kullanıma hazır hale getirilebilmesi zahmetli ve karışık bir iştir. SCADA yani Veri Tabanlı Gözetleme ve Kontrol Sistemleri de bu ihtiyaç için doğmuş özellikle büyük ölçekli işletmelerde otomasyon sisteminin vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Otomasyon sistemlerinde mevcut olan gelişmeler, paralelinde sektörel olarak da pek çok alanda başarılı uygulamalar başlatmıştır. Bu sektörler;

- Gıda sektörü: Seri üretim dolum tesisleri, paketlenme tesisleri
- İmalat sektörü: Fabrika otomasyon sistemleri
- İnşaat sektörü: Bina, deprem otomasyon sistemleri
- Elektrik sektörü: Akıllı sayaç, aydınlatma otomasyon sistemleri
- Geri dönüşüm sektörü: Su arıtma, atık kağıt değerlendirme otomasyon sistemleri
- Tekstil sektörü: kumaş boyama otomasyon sistemleri
- Enerji sektörü: Enerji üretim, denetim, ücretlendirme otomasyon sistemleri
- Elektronik sektörü: Devre dizayn, üretim otomasyon sistemleri.

Ayrıca bilişim, telekomünikasyon, ofis yönetimi otomasyon sistemleri de vardır[4].

2.1.3. Üretimde endüstriyel otomasyonun önemi

Seri üretim yapan bir tesiste planlanan üretim yöntemine göre öncelikli istenilen durumlar; pazar ihtiyaçlarının tam olarak karşılanması, üretim devamlılığının ve istenildiği takdirde kapasite artırımının sağlanmasıdır. Bu durumların gerçekleşmesi için teknolojik ilerlemeler doğrultusunda gelişime açık ve bütünleşmiş bir üretim yönteminin üretim sistemine adapte edilmesi gerekmektedir. Pazar ihtiyaçlarını karşılamak adına üretilen ürünleri, tüketici talepleri doğrultusunda istenilen standartlara getirmek ve ürün kalitesini ortak bir çizgide tutabilmek ise üretimde istenilen bir başka ana unsurdur.

Üretimde kullanılan ve seri üretim mantığını uygulayan otomasyon sistemleri hidrolik, mekanik ve elektroniğin birleşmesi ile işlevsel ve yapısal olarak farklı pek çok yapı elemanlarını bünyesinde bulundurmaktadır. Basınç, ısı, tork, hareket iletmeye sistemleri, röleler, mekanik iticiler, ölçüm sensörleri, elektrik motorları, hidrolik ve pnömatik pistonlar, nümerik kontroller, sinyal çevirgeçleri gibi birçok yapı elemanı gıda üretim tesislerinde kullanılmaktadır. Tergan, Andreev ve Liberman [5], otomasyon sisteminin kullanımının; ileri düzey bir işlem sırası yargısı, makine kullanım oranının artması ve verilerin sürece konması gibi olumlu etkenler ortaya çıkaracağını bu durumun da insan gücü ve zaman kayıplarının en aza indirgeyeceğini belirtmişlerdir. Fakat şu da unutulmamalıdır ki bu sayılan öğeler üretimde insan faktörünün üretim gücü olarak ortamdan uzaklaştırılmasını sağlar ki bu da üretimde hata riskini minimum seviyeye indirir. Sonuç olarak ürün kalitesi ve iş güvenliği artırılır. Üretim kontrolü daha hassas bir şekilde yapılmakta, üretim yöntemi için daha doğru veri ve bilgiler elde edilmektedir. Otomasyon sistemlerinin bir başka önemli avantajı da gıda üretiminde sağlayacağı olumlu hijyen şartlarıdır.

2.2. Gıda Güvenliği

Gıda güvenliği, tüketime sunulmak için işlem gören gıda maddelerinin, üretim aşamasında ve üretim sonrasında gıdanın oluşabilecek biyolojik, yapısal ve kimyasal etkenlerden korunabilmesi için alınan önlemler paketi olarak tarif edilebilir. Gıda

üretiminde hijyenik ortam koşullarının sağlanamaması, üretilen gıdanın tüketiciler üzerinde ciddi hatta ölümcül sağlık problemleri doğurmasına neden olmaktadır. Bu nedenle gıda endüstrisinin tüketicinin ihtiyaçlarını karşılarken gıda güvenliğini de tam olarak sağlaması yasal ve ahlaki bir zorunluluk olmaktadır. Son zamanlarda Avrupa’da yaşanan gelişmeler gıda denetimi konusunda farklı yaklaşımlar içine girilmesine sebep olmaktadır. Bunu gıda Mühendisliği Dergisi şöyle izah etmektedir “Özellikle yakın geçmişte patlak veren BSE, şap vakaları ve dioksin krizi gibi gıda kaynaklı kriz ve vakalar komisyonun, mevcut gıda güvenliği politikasını yeniden düzenlemesine ve yeni bir gıda güvenliği politikası oluşturmaya neden olmuştur. Bu çerçevede komisyon, Ocak 2000 tarihinde yayınladığı Beyaz Kitapta, tutarlı ve şeffaf kurallar yoluyla gıda mevzuatının modernizasyonu, gıda zincirinin her aşamasında kontrollerin artırılması, insan sağlığı ve tüketicinin korunması için bilimsel tavsiye sisteminin güçlendirilmesini amaçlayan yeni bir gıda politikasının oluşturulmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur” [6]. Gıda güvenliği konusu üzerinde gelişmiş ülkeler giderek yükselen bir hassasiyet anlayışı ile durmakta ve bununla ilgili birçok güvenlik-kontrol yöntemleri ortaya koymaktadırlar. Bu bağlamda ülkemizden özellikle Avrupa Birliği ve ABD, ithal ettikleri ürünlerde HACCP (Hazard Analysis for Critical Control) yani Kritik Kontrol Noktalarında Tehlike Analizleri uygulamalarının eksiksiz olarak uygulanmasını istemektedirler.

2.2.1. Türkiye’de gıda güvenliği mevzuatı

Türkiye özellikle Avrupa Birliğinin de uyguladığı gıda güvenliği ile ilgili gelişmeleri yakından takip etmektedir ve buna yakın bir biçimde gelişme göstermeye gayret etmektedir. Zira gıda ihracatının neredeyse yarısını bu konuda çok katı tutumları olan Avrupa Birliği ülkelerine yapan Türkiye, gıda güvenliği uygulamaları konusundaki beklentileri karşılamak için gayret göstermektedir. 17.12.2011 tarih ve 28145 Sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan 5996 sayılı Yetki Kanunun 4. Bölüm HACCP ile ilgili maddelere dayanarak gıda ve gıda ile temasta bulunan madde ve malzemeleri üreten iş yerleri yetki ve sorumluluklarını [7] kapsayan yönetmelik, gıda üretim ve satış yerlerinde HACCP uygulaması zorunlu hale getirilmiştir.

2.2.2. Gıda güvenlik mevzuatında HACCP uygulamasının önemi ve bu uygulamaya ilişkin kanun hükümleri

Ülkemizde, Tarım Gıda ve Hayvancılık Bakanlığının yetkisinde olan HACCP’ün sorumluluğu, sadece gıda denetimi ile ilgili kısım değil aynı zamanda üretim boyunca karşılaşılabilecek tüm riskleri de kontrol etmeyi kapsamaktadır. HACCP, bir üretim süresince besinlerin tüketilebilir gıda durumuna gelinceye kadar geçtikleri aşamalarda hangi noktalarda ne tür risklerin oluşabileceği ve bu tehlikelerin ne şekilde giderilebileceği konusunda yapılacak kontrol işlemlerinin sistemine edilmesini sağlamaktadır. Kritik kontrol noktaları risk faktörleri şöyle belirlenmiştir.

- Besin kaynağı
- Besin hazırlanırken kullanılan metot
- Saklama ve taşıma esnasındaki koşullar
- Uygun olmayan sıcaklık ve süre ilişkisi
- Personelin yetersiz hijyen eğitimi [8].

Bu sayılan kritik analiz kontrol noktalarını kapsayan gıda güvenliğini ve hijyenini sağlayan düzenlemeler gıda güvenlik mevzuatında bir takım yönetmelik ve tebliğler ile belirlenmiştir. Bu yönetmelik ve tebliğler aşağıda verilmiştir.

Gıda Hijyeni Yönetmeliği

Yetki Kanunu: 5996, Yayımlandığı R.Gazete: 17.12.2011-28145

“Bu Yönetmeliğin amacı, gıda güvenilirliği açısından tüketicinin korunmasını sağlamak amacıyla gıda işletmecisinin, gıdanın birincil üretiminden son tüketiciye arzına kadar uyması gereken gıda hijyenine ilişkin genel kuralları belirlemektir.”[7]. Bu yönetmelik gıdanın işlenmesi, ambalajlanması ve muhafaza edilmesi aşamalarında gıda hijyeninin sağlanmasını amaç edinmektedir. Yönetmelik, iş yerlerinin sahip olması gereken üretim koşulları, personel temizliği, kullanılan alet ve ekipman temizliği ve malzemesinin seçimi, gıdanın taşıma yöntemleri, gıda

atıkları gibi kıstasları düzenlemektedir. Ayrıca yönetmeliğin dördüncü bölümünde HACCP uygulaması ile oluşabilecek tehlikelerin önlenmesi veya kabul edilebilir düzeylere düşürülmesi için kontrolün temelini oluşturan aşama veya aşamalarda kritik kontrol noktalarının belirlenmesini kapsamaktadır. Ayrıca gıda işletmecisine, üretim faaliyetlerine uygun olarak tehlikelerin kontrolü amacıyla, uyguladığı tedbirlere ilişkin kayıt tutmak ve muhafaza etmek yükümlülüğünü vermektedir.

Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği

Yetki Kanunu: 5996, Yayımlandığı R.Gazete: 29.12.2011-28157

“Bu Yönetmeliğin amacı; gıda ve gıda ile temas eden madde ve malzemelere ilişkin asgari teknik ve hijyen kriterleri, pestisit kalıntıları ve veteriner ilaç kalıntıları, gıda katkı maddeleri, aroma vericiler ve aroma verme özelliği taşıyan gıda bileşenleri, bulaşanlar, ambalajlama, etiketleme, numune alma, analiz metotları, taşıma ve depolama ile ilgili yatay ve dikey gıda kodeksine ilişkin esaslar ile coğrafi işaretle ilgili özel hükümlerin belirlenmesine dair kuralları düzenlemektir.” [9]. Bu yönetmelik gıda ve gıda ile temas eden madde ve malzemelere ilişkin olarak gıdaların mikrobiyolojik kriterlerini, temas eden madde ve malzeme ile ilgili kuralları numune alma ve analiz metotlarını kapsamaktadır.

Gıda Maddeleri ile Temasta Bulunan Plastik Madde ve Malzemelerin Bileşenlerinin Migrasyon Testi için Temel Kurallar Tebliği

Yetki Kanunu: Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği, Yayımlandığı R.Gazete: 04.07.2005-25865 Tebliğ No: 2005/34

Bu Tebliğin amacı; gıda maddeleri ile temasta bulunan plastik madde ve malzemelerin bileşenlerinin gıda migrasyonuna ilişkin analizler için gerekli olan kuralları belirlemektir [10]. Bu tebliğ, migrasyon testine girecek gıda türleri ve migrasyon test koşullarını kapsamaktadır.

4-Gıda Maddeleri İle Temasta Bulunan Plastik Madde Ve Malzemeler Tebliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Tebliğ yayımlandığı R.Gazete: 10.06.2011-27960 Tebliğ No: 2011/29

“Bu Tebliğin amacı, gıda maddeleri ile temasta bulunan plastik madde ve malzemelerin tekniğine uygun ve hijyenik şekilde üretilmesini, işlenmesini, depolanmasını, taşınmasını ve pazarlanmasını sağlamak üzere özelliklerini belirlemektir.” [11]. Bu tebliğde izin verilen plastik katık madde ve malzemelerin listesi ve migrasyon değerleri verilmektedir. Bu migrasyon değerleri, gıda ile temas eden plastik esaslı malzemelerin seçiminde temel kriter olmaktadır.

Tahin Helvası Tebliği

Yetki Kanunu: Türk Gıda Kodeksi, Yayımlandığı R.Gazete: 05.03.2008-26807
Tebliğ No: 2008/6

“Bu Tebliğin amacı, tahin helvasının tekniğine uygun ve hijyenik şekilde üretim, hazırlama, işleme, muhafaza, depolama, taşıma ve pazarlamasını sağlamak üzere bu ürünlerin özelliklerini belirlemektir.” [12]. Bu tebliğ, tahin helvaya katılan çeşnileri, ürünün fiziksel özelliklerini, kullanılan katkı ve aroma maddelerini, bulaşanların; demir, bakır, arsenik, kurşun, kalay miktarlarının maksimum sınır değerlerini, ürünün bileşen özelliklerini, ambalajlama-etiketleme, hijyen taşıma ve depolama usullerini kapsamaktadır.

Gıda Güvenliği ve Kalitesinin Denetimi ve Kontrolüne Dair Yönetmelik

Yetki Kanunu : 5179, Yayımlandığı R.Gazete : 26.09.2008-27009

Bu Yönetmeliğin amacı, gıda güvenliğinin ve kalitesinin temini için gıda işyerlerinin asgari teknik ve hijyenik şartları ile gıda ve gıda ile temasta bulunan madde ve malzemelerin Türk Gıda Mevzuatı'na uygunluğunun denetim ve kontrol hizmetleri ile işyeri sorumluluklarına dair usul ve esasları belirlemektir [11]. Bu yönetmelik, HACCP uygulamasını, gıda güvenliği şartlarını, işyeri sorumluluklarını, işyerlerinin taşınması gereken özellikleri kapsamaktadır.

2.2.3. Gıda güvenliğinde dikkat edilmesi gereken hususlar

Üretilip sofralarda sunulan gıdaların üretiminin başlangıç aşamasından bitiş aşamasına kadar geçen sürede dikkat edilmesi gereken en önemli öncelik hiç kuşku yok ki gıda hijyeni olmalıdır ve gıda güvenliği de bu şartı sağlamakla mükelleftir. Temel besin kaynağı olan gıdalar yeteri kadar hijyenik olmayan koşullarda üretildiği zaman sağlığımızı tehdit eder hale gelebilirler. Bu nedenle gıda üretiminin her aşamasında besin hijyeninin ve ortam hijyeninin muhafaza edildiğinden emin olunmalıdır. Bunun için işlenecek ve üretime girecek gıda maddesinin hijyeni, çalışma ortamındaki personelin hijyeni, üretim sonrası oluşan çöp ve atıkların temizliği, çalışma ortamındaki teçhizat ve makinelerin temizliği gibi konularda dikkatli olunması gerekir. Ayrıca gıda üretimi konusunda dikkat edilecek bir başka önemli unsurda kimyasal migrasyondur. Kimyasal migrasyon, üretim ortamında veya üretim sonrası paketlenmede oluşan birtakım şartlar neticesinde, gıda ile temas eden materyalleri teşkil eden maddelerin temasta bulunduğu gıda maddesi ile etkileşerek gıdaya bulaşmasıdır. Bunun sonucunda gıda zehirlenmeleri ve ciddi hastalıklar ortaya çıkabilmektedir. Gıdada kullanılan paketlenme, ambalaj ekipman takım ve bunların ürünleri, seramik, mantar, kauçuk, cam, metal ve bunların alaşımları, kağıt, plastik, silikon, tekstil, vernik, kaplama balmumu ve ahşap gibi çeşitli türlerden malzemeler kullanılmaktadır. Bulduk'a göre [8] plastiklerin birleşiminde bulunan monomerler, plastifanlar, stabilizatörler, boyalar vb. maddelerin besine geçişi sonucunda besin kirlenmesine ve sağlık için zararlı hale gelmesine yol açabilmektedirler. Bunun için gıda ile temas edecek plastik malzeme seçiminde mümkün olduğunca az toksik etki yapan malzeme seçilmelidir. Son olarak makine ve teçhizatlarda kullanılan malzeme seçimlerine de dikkat edilmelidir. Özellikle asitli gıdaların bakır ve kurşun içeren kaplarda saklanması, işleme girmesi ve bekletilmesi sonucunda toksik metaller çözünerek gıdaya geçebilir ve sonuçta akut zehirlenmelerine yol açabilir. Bu sözü geçen kriterler dikkate alınarak gıdaların işlenmesi ve tüketime hazır hale getirilmesi gıdanın insan sağlığına karşı oluşturduğu tehlikeleri ortadan kaldırmak için yeterli olmaktadır.

2.3. Gıda Üretim Teknolojisi

Hızla büyüyen gıda endüstrisinin artan tüketici taleplerini karşılayabilmesi için gıda üretiminde yenilikçi endüstriyel teknoloji uygulamalarına ve otomasyon sistemli üretime ayrı bir önem vermeye başlamıştır. Bu durum, sistem tasarımcılarının ve ekipman sağlayıcılarının gıda üreticilerine servis konusunda ki ihtiyacın artmasını sağlamaktadır. Gıda endüstrisinde öncü bir ülke olan Birleşmiş Milletlerde İlyukhin S.V., tarafından yapılan bir araştırmaya göre son on yıl içerisinde, gıda üretiminde otomasyon uygulamalarının önemini artırmıştır [13]. Araştırmaya konu olan firmaların pek çoğu veri kayıt etme sistemleri bulundururken bazılarının böyle bir teknolojiye sahip olmadığı görülmektedir. Gıda endüstrisi içinde kullanılan otomasyon seviyeleri çok çeşitlilik göstermektedir. Ekipman tedarikçileri gıda üretim şirketlerine göre çok daha avantajlı bir durumdadırlar. Gıda endüstrisi tarafından belirlenen ortalama otomasyon taleplerine rağmen üretim ekipmanları içerisinde bu teknolojik yenilikler nadiren kullanılmaktadır. Sistem tasarım firmaları pek çok teknolojik avantaja sahiptirler ve yeni otomasyon teknolojilerini çok geniş bir yelpazede sunmaktadırlar. Ekipman tedarikçileri ve sistem tasarımcıları gıda endüstrisi için kendi çalışmalarını birleştirmelidirler [13].

Beceri, uyarlamalı görsel, mekanik ve karar verme yeteneğinden dolayı üretimde operatör olarak insanın yeteneklerinin yer değiştirmesi zordur. Ancak modern gıda işleme ve paketlemede yüksek hızlı tekrarlanan işlemler için insan operatörler zayıf kalmaktadır. İnsan performansı hem fiziksel hem de zihinsel yorgunluk başlangıcı ile düşer. Bu durum üretim hattının genel performans verimliliğini etkileyecek, sonuçta üretim kalitesini ve sağlık sorunlarına yol açabilecek zihinsel hata risklerini artıracaktır. Uzun süreli tekrarlanan çalışma, vücut hasarlarına yol açacak sonuç olarak işçi sağlığının bozulması iş gücü kaybına ve yüksek sağlık harcamalarına sebep olacaktır. Bu sebeple birçok gıda işletmesinde çalışma koşulları işçiler için uygun değildir. Bu ortamlardaki sıcaklıklar normal seviyenin üzerinde ve altında bulunmakta bu durum ise çalışan için iş stresine sebep olmaktadır [14].

Gelişen teknolojik buluşlar gıda endüstrisi gibi yeniliğe açık endüstriyel üretim alanlarında yeni uygulama çeşitleri doğurmaktadır. Bu yeni uygulamaların en önemlilerinden biri ultrases dalga kullanımıdır. Gıda imalatında, yüksek oranlı ultrases teknoloji, uygulanabilir potansiyeli olan yeni teknolojiler içerisinde bulunmaktadır. Ultrases, taşıma olayına etki edebilen bir mekanik dalgadır[15]. Ultrasonik uygulamalarla ilgili etki, ultrasonik dalgaların malzeme üzerinde ilerlemesine ve malzemenin etkilenmesine bağlı olmaktadır. Bu alandaki uygulamaların hayata geçirilmesi ile üretim süreçlerinde azalma ve üretim koşullarında gelişme gerçekleşmektedir [15]. Ultrases kullanımı ile tekrarlanır gıda işleme süreçleri birkaç dakika içerisinde tamamlanabilir. Bu durum sonucunda, üretim proseslerinin basitleştirilmesi, planlama, atık suların elimine edilmesi, zaman ve enerji tasarrufu ve ürün saflığında iyileştirme gibi avantajları beraberinde getirmektedir [16]. Böylece finansal ve çevresel maliyetlerde düşüş gerçekleşmektedir [15]. Ultrases uygulamaları, ısı ve kütle taşınımında etkili olmaktadır. Ultrases'e bağlı etkiler kavitasyon, kompresyon, genişleme ve mikro karıştırma içermekte, iç ve dış ısı aynı zamanda kütleli transfer dirençlerini etkilemektedir. Ultrases uygulamasının taşıma üzerindeki etkisinin sonuçları her bir sistem için örneğin katı-sıvı, sıvı-gaz, katı-süper kritik durumlar için farklılık göstermektedir. Bu durum enerji tasarrufu, verim ve ürün kalitesi ile beraber gıdanın işlenebilmesi için yeni olanaklar sunmaktadır [15]. Örneğin, soğutma, kesme, kurutma, ağartma, tavlama, sterilizasyon, eleme gibi işlemler başarıyla uygulanmaktadır. Çok daha etkili karıştırma, yüksek enerji ve kütle transferi, yoğunluk ve sıcaklık düşüşü, ekipman ölçülerinde küçülme, daha hızlı süreç kontrolü, hızlı başlangıç, üretim artışı, süreç adımlarında düşüş gibi avantajlar ultrases kullanımının avantajlarıdır [16]. Ultrases teknolojisi kullanımı, gıda işlemede yeni faaliyet alanları açmaktadır [15].

Gıda üretiminde gelişmekte olan bir başka yeni uygulama ise görsel algılama ve sınıflandırma sistemleri ile bütünleşmiş üretim hatlarıdır. Bu paragrafta görsel algılama ve sınıflandırma hatları ile ilgili örnek çalışmalar verilmektedir. Meyve sınıflandırma sistemleri, Avrupa, Birleşmiş Milletler ve Japonya'da kullanılmakla beraber son iki yılda Güney Kore'de de uygulanmaya başlanmıştır. Görsel

sınıflandırma sistemi; etkili sınıflandırma, iş gücü tasarrufu, ortak meyve kalitesinin tutturulması, sınıflandırma sonucuna göre tarımsal rehberlik, gıda sağlığı ve güvenliğinin izlenebilir olması gibi avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca en belirgin fark ise klasik üretim bantlarından otomasyon sistemlerine geçişte üretime yönelik kesin bilgilerin elde ediliyor olmasıdır. Tarım sektöründe ve yiyecekler üzerinden elde edilen geniş kapsamlı bilgiler, biomalzeme özelliklerinin çeşitliliğinin ve karmaşıklığının anlaşılır olması için bilgi toplama işini yapan sensörler o özellikler çerçevesinde tasarlanmaktadır. İzlenebilirlik sistemi içerisindeki datalar, dağıtıcı firmalar ve müşteriler tarafından görülebilmektedir. Bu çoklu bilgi sisteminin, her bir bölgede daha fazla gıda güvenliği ve yüksek kalitede üretimi sağlayacağı beklenmektedir [17]. Bir başka örnek çalışma ise balık aşılama düzeneğinde uygulanmıştır. El ile yapılan geleneksel balık aşılama işlemleri yüksek maliyet, zaman kaybı ve insan sağlığı açısından risk teşkil etmektedir. Pek çok balığı kısa zaman süreleri içinde aşılama zorunda olan personel, stres ve risk altında enjeksiyonu kendi eline yapma riski ortaya çıkmaktadır[18]. Bu sorunu gidermek için Norveç, Danimarka, Hollanda ve Birleşmiş Milletler’ de hızlı ve otomatik aşılama sistemi geliştirilmiştir. Özellikle yassı balıklar için, balık yüzeyinin analizi için bilgisayar destekli görsel algılamaya sahip bir aşılama algoritması kullanılmış ve bu sistem, (AVIS) konveyört bantlı otomatik aşı enjeksiyon sistemi olarak tanımlanmaktadır. Bu görsel sistemin kullanımı ile balık türlerinin tanımlanması, boyutlarının ölçülendirilmesi, su ürünleri sanayinde yüzme eylemlerinin analiz edilmesi sağlanmıştır. Görsel sistemle robotik uygulamanın bileşkesi sonucunda el ile yapılan aşılama minimum seviyeye indirgenmiş, üretim maliyetleri ve aşılama süreleri düşmüştür. Konveyör bantlı AVIS uygulamalı yeni aşılama sistemi el ile yapılan uygulamalara göre üç kat daha hızlıdır ayrıca insan sağlığını tehdit eden kazaların da bu uygulama ile önüne geçilmektedir[18]. Bisküvi üretiminde bisküvi renklerinin denetlenmesi için akıllı sistem ise bir başka örnek çalışmadır. Bu sistemde, Destek Vektör Makinleri (SVM) ve Wilk’in χ^2 analizini temel alan sınıflandırma tekniği kullanılmış ve bisküviler dört bölüm içerisinde sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmalar altında pişmiş, orta pişmiş, üstünde pişmiş ve çok üstünde pişmiş olarak tanımlanmaktadır. Sistemin doğruluğu, doğrudan ve çoklu adım sınıflandırılması kullanan standart diskriminant ile karşılaştırılmıştır.

Diğer sınıflandırıcılarla kıyaslandığında Wilk'in χ^2 analizinden sonra radyal tabanlı SVM analizinin daha hassas sınıflandırma yaptığı keşfedilmiştir. Üretim hattında sabit ve 9 dev/dk hareketli bisküviler için %96'dan daha fazla oranda doğru sınıflandırma sonuçları elde edilmiştir. Bu çalışmadaki görüntülü işlem platformu yüksek miktardaki bisküvi üretiminin ihtiyaçlarını karşılayabilmektedir. Çok çekirdekli işlemcilerin sistemde kullanılmasıyla bu yapay sınıflandırıcılar insan operatörleri ötesinde denetim hızlarını artırmak için iyi bir potansiyele sahip olacaktır[19].

Gelişmekte olan teknoloji ve endüstriyel üretim içerisinde ortaya koyduğu yeni uygulama alanları, üretim hattının verimli çalışabilmesi için sistem elemanlarının tam uyumluluğunu elzem kılmıştır. Bu sebeple üretim hatlarına yönelik analiz çalışmaları ortaya konulmaya başlanmıştır. Örneğin, Xiaolei X., ve Jingshan L., bir et üretim firmasında, et kesim ve paketlenme hattının geliştirilmesi ve analizi çalışmasını ortaya koymuşlardır. Analiz için bir model geliştirmişler ve bu modellemeyi fabrikadan toplanan verilerle doğrulamışlardır. Bir üstsel seri üretim hattı kullanılmış, fabrikada toplanan verilere ve toplamlara dayalı çıktılar modellenmiştir. Üretim hattı performansını geliştirmek için makinelerin performans sorunları tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda paketlenme hattı üzerinde film ve fermuarın düşürülmesi MVAC kesinti ilişkisini değiştirmekte bu durumda çalışma performansının diğer makinelere oranla artmasını sağlamaktadır. Bu çalışma ile verimlilikte önemli bir gelişme elde edilmiştir [20]. Bir başka örnek çalışma ise, dört yıllık bir zaman periyodu içerisinde pizza üretim hattında gerçekleşen hata verilerinin analizi çalışması Liberopoulos G., ve Tsarouhas P.,[21] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı üretim hattındaki kayıpların giderilip verimliliğin en üst seviyeye çıkartılması olarak amaçlanmıştır. Bu çalışmada, hata verilerinin istatistikleri hesaplanmış ve en önemli veri hataları tespit edilmiştir. Yapılan çalışma gösteriyor ki proaktif bakımlar, hat üzerindeki farklı kısımlarda ki çalışma koşullarını iyileştirmekte ve en çok görünen hata verilerinin meydana gelme sıklığı azalmaktadır [21].

Gıda üretim teknolojisinin başarılı olarak uygulandığı üretimlerde kontaminasyon yani gıdanın yabancı maddelerle kirlenme seviyesi minimum düzeyde kalmaktadır[22]. Üstün sanitasyon başarılı bir gıda üretiminin en önemli kriterlerinden birisidir. Uygun prosedürlerin kullanımı, ortamın ve ekipmanların temizliği kadar ortama kurulan konveyör bandın ve diğer ekipmanlarında kolaylıkla sanitasyon edilmesi önemli bir husustur. Düşük sanitasyon uygulamaları üretilen gıdanın kontaminasyonuna sebep olmakta bu durum ise iş gücü ve müşteri güveninin kaybına sebep olmaktadır. Bu durumun engellenmesi için bir takım hijyen uygulamaları gerçekleştirilmelidir. Bu uygulamalar, tesis ve ekipmanların sanitasyona uygun tasarımı, personel hijyeni, personel ve forklift trafik kontrolü, ortam hava ve sıcaklık kontrolü, sanitasyon suyunun sıcaklık, basınç ve hacminin yeterliliğidir[23]. Gıda üretimindeki otomasyon uygulamasının yeterliliği güçlü bir şekilde süreç tasarımına bağlıdır. Gıda üretiminde otomasyon uygulamalarının diğer üretimlerdeki uygulamalarından en büyük farkı gıda üretimi içindeki biyolojik kökenli maddelerin varlığıdır. Genel anlamda öğrenilen; mekanik, termal ve kimyasal stres faktörlerinin yanı sıra bu yapının çok fazla aşama ve bileşimden oluştuğudur. Sonuç olarak gıda üretimine mikrobiyolojik ve biyokimyasal durumlarda eşlik etmektedir. Bilinen bir şey vardır ki gıda üretim işlemleri genellikle doğrusal olmayan, sabit zamanlı ve düzensizdir. Gıda üretiminde kullanılan otomasyon sistemleri bu işlemleri uygun bir şekilde yerine getirebilmelidir. Örneğin, gıdanın istenilen yapısının oluşturulabilmesi için mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmemesi ve biyokimyasal tepkimelerin gerçekleştirilmesi gerekir aksi halde gıda kalitesinde düşüş yaşanmaktadır [22]. Bu anlamda düşünüldüğünde üretim tesisindeki konveyör bantlarının seçimi önemli bir husustur çünkü her bir iş istasyonu boyunca ürünü taşıyan konveyör, ürünle en uzun temasta bulunan ekipmanların başında gelmektedir[23]. Konveyör bantlarının seçimi için dikkat edilmesi gereken kriterlerin başında bandın migrasyon sınır değerlerinin gıdaya uygunluğu ve sanitasyon kolaylığıdır. Sceffler R., [23] konveyör bantlarının kolay sanitasyon olma kabiliyetlerinin, çalışma saatlerini su ve enerji maliyetlerini düşürdüğünü belirtmektedir. Ayrıca Sceffer R., konveyör bant temizliği için kullanılan suyun 47-54 0C ve su basıncının minimum 150 psi olması gerektiğini belirtmiştir [23].

Gıda ürünleri ve kalitesinin, depolama, taşıma ve nihai kullanımı sırasında korunması açısından uygulanan en önemli işlemlerden birisi paketlenme evresidir. Son zamanlarda önemli bir kalite kontrol aracı olarak gündeme gelen “Akıllı Paketlenme Teknolojisi”, üzerinde çalışmaların hala devam ettiği ve sürekli olarak gelişmekte olan bir sistemdir. Geliştirilen yeni teknolojilerle etiket ve ambalajlara akıllılık vasfı yüklenerek gıda güvenliğinin sağlanması, izlenebilirliğin verimli hale gelmesi ve gıda kalitesinin sürekli iyileştirilmesi hedeflenmektedir[24]. Akıllı gıda paketlenme teknolojisi üretici ve kullanıcı firmalar tarafından uzun süredir ilgi odağı olmakta ama malesef bu sistemin ticarileşmesi daha henüz başlangıç aşamasında kalmaktadır [25]. Sonuç olarak ülkemizde henüz herhangi bir uygulama alanı bulamayan bu tür etiket sistemlerinin önümüzdeki dönemlerde daha da yaygınlaşacağı öngörülmektedir [24].

Yokoyama'nın belirttiği, iyi paketlenmenin temel koşulları ve genel özellikleri listesinde, seri üretim, uygun paketlenme malzemesi, uygun yapı ve şekil, kolaylık, yok edilebilme kriterleri yer almaktadır. Gıda paketlenme gelişiminde mevcut olan eğilimler gösteriyor ki kavrama ve tutma kolaylığı için tasarım, paketlenme malzemesi ve işlemi ile ilgili çevresel kaygılar önem kazanmaktadır [26]. Gıda teknolojisindeki nanokompozit veya nanomateryaller (1-100 nm) üzerindeki araştırmalar giderek artmaktadır. Gıda teknolojisinde paketlenme malzemesinde Nanomateryallerin kullanımı, malzemede, mekanik ve oksidasyon kararlılığını artırmakta ve bariyer özelliklerini artırmaktadır. Paketlenme malzemesindeki bariyer özelliği, gıdaya dış ortamdan ışık, nem ve havanın geçmesinin engellemesinde hayati bir role sahiptir. Ayrıca paketlenme malzemesinin çözülme hızını artırır, gıdanın raf ömrünü ve kalitesini uzatır [27]. Akıllı paket uygulamalarında gösterge etiketleri gibi yazılımsal ve paketlenme filmleri gibi kısımlar üzerinde birkaç problem bulunmakta fakat gelecekte teknolojiye gelişmelerle beraber bu sıkıntıların aşılacağı ve akıllı paketlenme uygulamaları rahatlıkla işlevsel hale gelebileceği ön görülmektedir. Ayrıca HACCP için akıllı paketlenme teknolojisi uygulama kolaylığı sağlayacaktır [25].

Gıda üretim makinelerinin kullanımı, yenilikçi tasarımlarla beraber üreticilerin yatırım dönüşlerini artırmaktadır. Makinelerin pek çoğu mikro-işlemcili kontrolör ve çoklu çıkış özellikleri ile değişken üretim ihtiyaçlarına bir kaç ekipman değişimi ile kolay adapte olmaktadır. Makineler gıda işlemede kullanılıyor olsa da sistemleri içerik olarak kutulama, sarma, etiketleme, presleme, kapatma, soğutma, kurutma, besleme, yerleştirme, muayene, tespit, paletleme, toplayıcı, temizleyici ve sterilizasyon işlemlerini yapmaktadırlar [27]. Aksoy,S. ile Mühürücü, A.'nın yaptığı otomasyon kontrollü gıda makinasında ortaya konulan çalışmada, sistem kesme grubu, vakum grubu, form grubu, PLC'li kumanda panosu ve opretatör panelinden oluşmaktadır. Sistemde, konveyör hareketini sağlayan pozisyon kontrollü bir AC motor sürücü ünitesi, atık folyöleri emen bir adet emici fan ünitesi ve folyelerin üstünü kapatan naylon ambalajın hareketini kontrol eden gerdirme ünitesi mevcuttur. Folyeye form verme ve folyenin üstünü naylon ile kapatma işlemi için, PID (proportional integral derivative) kontrollü ısıtıcılar ve renk sensörü kullanılmaktadır. Kullanıcı ile makine arasındaki bilgi alışverişi dokunmatik ekranlı bir operatör paneli tarafından sağlanmaktadır. Sistemin otomasyonu için PLC'nin programlanması yaygın olarak kullanılan merdiven programlama yöntem ile gerçekleştirilmiştir [28].

Endüstriyel gıda içinde ekmek, şeker, et, sebze gibi pek çok gıdanın işlem gördüğü bölümler yer almaktadır. Her bir bölüm içerisinde konveyör banda bağlı yüzlerce uygulama bulunmaktadır. Bu uygulamalar, transfer hatları, soğutma, hamur şekillendirme, dilimleme, tartı, ayırma, hızlandırma, serpmeye, ürün hizalama, dolum ve mühürleme hatları bulunmaktadır [29]. Gıda üretim işlemine uygun konveyör hattının seçimi sistemin verimliliği için önemli bir husustur. Özdağaloğlu, A., ve Özdağaloğlu, G.'nin yapmış olduğu bir çalışmada etkin bir materyal aktarma sisteminin iş yerine getireceği faydalar araştırılmıştır. Gıda sektöründe materyal aktarma sistemlerinin iyileştirilmesine yönelik bir uygulama ele alınmıştır. Uygulamada gıda sektöründe faaliyet gösteren sandviç ve hamburger üretim bantlarının bulunduğu bir firmanın faaliyetleri incelenmiştir. İncelemeler sonucunda elde edilen bilgiler baz alınarak üretim miktarları oransal olarak belirlenmiş ve sisteme giriş olasılıkları bir benzetim modeline uyarlanmıştır. Çıkan sonuçlar neticesinde mixer ve üretim bantlarının kurulum yerlerinin ve mesafelerinin, çalışma

alanlarının, taşıma tekniğinde raylı taşıma araçlarının öneminin, doğru taşıma işlemleri gibi olguların üretim üzerindeki etkileri ortaya çıkartılmıştır [30]. Poliesterüretan (PSU) gıda konveyör bantlarında yaygın olarak kullanılan bantlardan birisidir[31]. Ayrıca, bir konveyör bant çeşidi olan çelik bant konveyör sanayide yaygın olarak kullanılmaktadır. Çelik-bantlı konveyör uygulamaları soğutma / katılaşma, kurutma, presleme dahil dondurma, pişirme ve malzeme taşıma işlemlerinde kullanılmaktadır. Bir diğer uygulama grubu için, şerit gaz yakıcı sistem tarafından veya konvektif olarak ısıtılan bant, tahıl kurutma, kurabiye pişirme, elma gibi meyvelerin kurutulması işinde kullanılmaktadır. Kurabiye imalatında ise karbon-çelik bant her bir parça yüzeyinin şekillendirilmesinde görev almaktadır. Bant, özel pişirme işlemi için uygun ısı özellikleri sağlamaktadır [32]. Gıda imalat endüstrisinde kullanılan bir diğer konveyör ise, sentetik bantlı konveyör sistemidir.



Şekil 2.2. Sentetik bantlı konveyör sistemleri [29]

Gıda üretiminde sentetik konveyör bantları üç ana grupta sınıflandırılabilir. Bunlar, kaplı kumaş bantlar, plastik modüler bantlar ve plastik konveyör zincirleridir. Kullanım amacına bağlı olarak her yapı farklı avantajlar sağlamaktadır. Her bir ürün incelendiğinde, ürün grupları, farklı ve çeşitli ihtiyaçları doğrudan tasarımlarını etkilemiştir. Hijyen ise, herhangi bir gıda üretimi içinde önemli bir konudur. Gıda üretiminde kullanılan konveyör bantların hijyenik tasarımı sıklıkla göz ardı edilen bir durumdur. Konveyör bant uygulamalarına genel bir bakış yapıldığında, hijyen ve

temiz ortam oluşması için çözüm ve tasarım kriterleri, doğru bant seçiminde yardımcı olmaktadır [29]. Konveyör bantlarının pek çok çeşidi pastacılık, bisküvi, mandıra, et, balık ve kümes işleme tesislerinde popülerlik kazanmaktadır. Taşıma bandı antimikrobiyal ek madde içererek bant yüzeyinde bozulan mikroorganizmaların büyümesini önler [27]. Taşıma bantları hijyenitesini geliştirmeye yönelik çalışmalar devam etmektedir. Hijyenik ve etkili üretim hattı için uygun konveyör bandı seçimi kadar, gıda endüstrisinin farklı seğmenlerinin olmasına karşılık bakım performansını ve konveyör bandının doğru zamanda yenilenmesi de hayati öneme sahiptir[31].

2.4. Geleneksel Yöntem İle Tahin Helva Üretimi

2.4.1. Tahin helva

Bu çalışmada verilen örnek teknoloji ve modernizasyon uygulamasının gereği olarak, üretilen ürünün çevresel ve yapısal koşullara bağlı olarak kontaminasyon riskinin ve üretim koşullarının iyi anlaşılması gerekmektedir. Bu amaçla tahin helvanın yapısal özelliklerinin bilinmesi önemli bir husustur. Tahin helvası; seker, içme suyu, sitrik asit veya tartarik asit ve çöven ekstraktı kullanılarak tekniğine uygun bir şekilde tahin ile karıştırılıp yoğrularak elde edilen katı homojen, ince lifli bir üründür [33]. Tahin helvası yaklaşık % 60 oranında tahin içermektedir. Bu nedenle helva, iyi bir inorganik bileşen kaynağıdır. 100 gram helva yetişkin bir insanın günlük Fe gereksiniminin % 58'ini, Mg'un % 55'ini, P'un % 48'ini, Zn'in % 36'sını, Mn'un %18'ini ve Ca'un % 5'ini karşılamaktadır. Bunlara ilaveten 100 g helva 29.6 g yağ, 22.8 g protein, 43.5 g toplam şeker, 1.54 g kül ve 0.89 g ham selüloz içermekte ve 540 kcal. enerji vermektedir [34]. Tahin helva düşük seviyede su içeren bir gıdadır ve düşük su oranından dolayı tahin ve tahin helva yaklaşık 1 yıl kadar uzun raf ömrüne sahiptir. Tahin helvada su aktivitesi (a_w) 0,17 ile 0,23 arasında değişmekte olup ortalama olarak 0,16 dır. Bu durum herhangi bir gıda kökenli mikroorganizmanın üremesini engellemektedir (bazı gıdalar için mikrobiyal üremeyi engelleyen su aktivitesi $a_w < 0,60$ sınırını bulmaktadır) [35]. Dünya Sağlık Örgütü yayınında yer alan araştırma kapsamında test edilmiş helva örneklerindeki PH

oranları 4,8 ile 5,9 arasında olup ortalaması 5,5'dir. Helva örneklerinde koliform bakterilerinin olduğu kanıtlanmıştır [35]. Gıdalarda koliform mikroorganizmaların bulunması; kötü sanitasyon koşullarının, yetersiz veya yanlış pastörizasyon uygulamalarının, pişirme ve pastörizasyon sonrası tekrar bulaşma olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilmektedir [36]. Tahin helvanın ana bileşenlerinden birisi tahindir ve ideal bir tahin helvasında ortalama %50-55 civarında tahin bulunmaktadır. Tahin genellikle doğrudan tüketilmez ve özellikle Ortadoğu'da humus gibi bir takım geleneksel yemeklerin yapımında kullanılmaktadır ayrıca tahin, tahin helvası yapımında kullanılan ana bileşimdir [35]. Tahin, susam adı verilen bir bitki tohumundan elde edilmektedir. Susam genellikle sıcaklık değeri 40°C civarında olan bölgelerde ve tropikal bölgelerde yetişmektedir. Dünyadaki ana üretim ülkeleri Hindistan, Çin, Myanmar ve Sudan'dır aynı zamanda pek çok Asya ve Afrika ülkesinde bölgesel tüketim için susam üretmektedir. Susam tohumları yüksek kalitede tüketime uygun yağ içermektedir ve uzun raf ömrü boyunca bozulmadan muhafaza edilebilir. Susam yağı bünyesinde sesamin sesamolin ve sesamol antioksidanları ihtiva etmektedir. Susam yağı sağlık ve kozmetik sektörlerinde kullanılmaktadır. Susam tohumların çeşidine ve yağ çıkarma miktarına bağlı olarak %35-50 oranında protein ihtiva etmekte içerik olarak yüksek miktarda metiyonin ve düşük miktarda lizin aminoasit içermektedir [37]. Karakahya, E., gerçekleştirdiği tahin helvası üretiminde farklı bitkisel yağ ve soya proteini kullanımının kalite özellikleri üzerine etkisi ile ilgili çalışmasında elde edilen değerlendirme sonuçlarına göre örnekler arasında standartlara uygunluk açısından farklılık gözlemlenmiştir. Sonuç olarak TSE standartlarına göre ise tahin helvasında susam yağından başka yağ kullanılması kesinlikle uygun olmadığı saptanmıştır [38]. Dünya Sağlık Örgütünün yaptığı çalışmalara göre bir bildiri yayınlanmıştır [35]. "Tahin üretimini geleneksel üretim yöntemleri ile gerçekleştiren firmaların ürünlerinde belirlenen mikrobiyal sayımların modern üretim yapan firmaların ürünleri ile kıyaslandığında daha yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiş bu sebeple tahinde mikrobiyolojik tespitler modern üretim tekniği ve geleneksel üretim tekniğinin kıyaslanması açısından iyi birer koşullar göstergesi olduğu görülmüştür." Sonuç olarak modern üretimin gerekliliğinin insan sağlığı açısından önemi anlaşılmaktadır. Tahinin işlenmesinde modern makinalar ile yapılan işlemlerle beraber ıslatma yöntemi de kullanılmaktadır.

Bu yöntem çok fazla su tüketimine sebep olmaktadır. Ayrıca susam öğütme işlemi bazı durumlarda ve bazı işletmeler tarafından değirmen taşında ezilerek gerçekleştirilmektedir. Değirmen taşının kullanılması gıda sağlığını etkileyecek bulaşma riskini gerçekleştirmektedir. Susam öğütme işlemi için küçük disklerin kullanılması ve kapalı ünitelerin kullanılması susam öğütme işleminin geliştirilmesi için yeterli bir durum teşkil etmemektedir [35]. Suyun aktivitesi (aw) 0,12 ve 0,18 arasında değişmekte ve ortalaması 0,16 iken tahin PH değeri 5,65 ile 6,0 arasında değişmekte ve ortalama değeri 5,9 olmaktadır. Şu durum açıkça görülmektedir ki tahin içindeki düşük seviyedeki su oranı gıda kaynaklı mikroorganizmaların büyümesine engel olmaktadır. Ancak tahin başka gıdaların hazırlanmasında kullanıldığı zaman mikrobiyal durum oluşmakta ve pek çok mikroorganizma hayatta kalmaktadır. Sonuç olarak belirli bir mikroorganizma sayısına sahip tahinde hastalık yapıcı bakteriler serbest kalabilir. Bu durumun oluşmaması için ise temizlik, personel hijyeni, haşere kontrolü gibi bir takım güvenlik ve sağlık kontrol uygulamalarının ortaya konulması gerekmektedir. Söz konusu olan bu uygulamaların ortaya konulabilmesi için geleneksel üretim metotlarının daha modern üretim metotlarına dönüştürülmesi gerekmekte böylece üretim güvenliği ve kalitesinin gelişmesini sağlamaktadır [35]. Helva üretim yöntemi ve kullanılan öğeler dikkate alınınca, bileşiminde yer alan yağın tam olarak emülsiyon edilemediği görülmektedir. Bu nedenle yağ kolaylıkla helvadan dışarı sızabilmektedir. Depolama koşullarındaki sıcaklık faktörü de yağın sızmasını arttıran önemli bir etkidir. Depolama sırasında yağın sızması, helvada şeker ve yağın içinde bulunduğu kendi fiziksel şartlarıyla açıklanmaktadır [39]. Ülkemizde helva üretimindeki esaslar zaman içerisinde büyük değişiklik göstermemiştir. Tahin helvanın küçük üreticiler tarafından modern teknoloji kullanılmaksızın geleneksel yöntemlerle yapılması, helvanın kalite özelliklerini önemli ölçüde etkilemekte ve farklı zamanlarda üretilen ürünler arasında farklılıklar olabilmektedir [40]. Helva, yoğurma işlemi ve kalıplama aşamasında özellikle personel ve çevreden kaynaklanan nedenlerle kontamine olabilmektedir. Bununla birlikte, soğumaya bekletme, ambalajlama, taşıma, depolama, satışa sunum gibi aşamalarda uygun olmayan hijyenik koşullara bağlı olarak da kontaminasyona maruz kalabilmektedir [41].

Tahin Helva Yapımında Kullanılan Gıda Maddeleri

Susam: Ege ve Akdeniz taraflarında üretimi yapılan susam tohumları %55-60 yağ ve %25 protein bulunduran bir yağ bitkisidir [33].

Sitrik Asit: Gıda endüstrisinde özellikle şekerli gıdaların üretilmesinde sıklıkla kullanılan sitrik asit, tahin helvası üretiminde şekerin kristalleşmesini engellemek ve böylece helvanın ağdalı yapısını korumak için kullanılır [33].

Çöven Suyu: Çöven bitkisinin kök ve rizomlarından kaynatılarak elde edilen ve ana bileşeni saponin olan, gıdalarda katkı maddesi olarak kullanılan bir ekstrakt olup; tahin helvası, koz helva ve sultan lokumu olarak adlandırılan gıdaların üretiminde ağartıcı katkı maddesi olarak kullanılmaktadır [33].

Sakaroz: Endüstriyel olarak şeker pancarı veya şeker kamışından elde edilir. Kaynağı ne olursa olsun kimyasal özellikleri değişmez. Sakaroz saf halde kristal yapıda, beyaz renkli bir şeker olup helva üretiminde en önemli hammaddelerden birisidir [33].

Fruktoz: Mısır nişastasının enzimatik yöntemlerle parçalanarak önce glikoza, sonra da bu glikozun yüksek oranlı fruktoza dönüştürülmesiyle oluşturulan bir şekerdir. Elde edilen glikoz %42 fruktoz ve %50-52 glikoz içeren bir karışıma dönüştürülür. Bu glikoz şurubu şekerleme ve benzer birçok hazır gıdanın üretiminin yanında helva üretiminde kullanılmaktadır. Tatlılık oranı, donma/kaynama noktası, ozmotik basınç, viskozite, kristalleşme, hidrasyon ve nem seviyesi gibi özelliklere bağlı olarak değişmektedir [33].

Tahin Helva Yapılışı

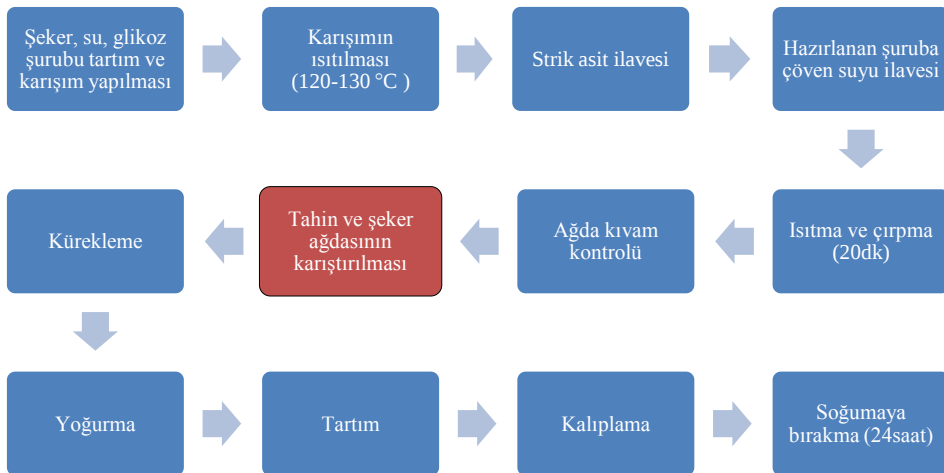
Tahin helva, önceden hazırlanan ve yaklaşık 120-130 °C sıcaklıkta tutulan glikoz şurubunu ve tahinin yoğurma teknelerine alınıp karıştırılması, küreklenmesi ve sonrasında istenilen kıvama gelinceye kadar yoğurulması ile bilinen halini almaktadır.

Susam tohumları ilk önce dinlendirme havuzlarına atılarak susam kabukları yumuşatılarak soyulmaya hazır hale gelmesi sağlanır. Susam tohumları iyice

yumuşamaları için yaklaşık 8 saat bekletilir ve suyun tahliye edilmesinden itibaren yaklaşık 1 saat dinlendirilirler. Soyulma kıvamına gelen susam tohumları, susam kabuğu soyma makinasında yaklaşık 50 dakika boyunca işlenir ve susam taneleri kabuklarından ayrıştırılır. Ayrıştırma işleminden sonra susamlar bekletme havuzlarına atılır. Susam tohumları yoğunluk farkından dolayı bekletme havuzlarında kabuklarından arındırılır ve santrifüjleme işleminden geçirilerek kurutulur. Sonra ki süreçte susam taneleri, kavurma makinelerinde 2,5 – 3 saat kadar pişirilir ve soğumaya bırakılır. Susam son kez yabancı maddelerden arındırılmak için elekten geçirilerek temizlenir ve değirmende çekilir. Değirmende uygun kıvama gelinceye kadar ezilen susam, öğütülerek macunsu yapısına getirilir.



Şekil 2.3. Tahin hazırlama şeması



Şekil 2.4. Tahin helva hazırlama şeması

Şeker eritme kazanı, glikoz şurubu, sitrik asit ve su ilavesi ile karıştırılarak ısıtılır. Bu işlemin ortalarında karışımın ağartılabilmesi için çöven suyu ilavesi yapılır. Karışım, kıvamı istenilen seviyeye geldiği zaman, mat kazanına aktararak ısıtma ve çırpma işlemlerine devam edilir ve karışımın kıvamı kontrol edilir. Kıvam yoğunluğunun istenilen düzeyde olabilmesi için çöven suyu miktarı, verilen kaynatma sıcaklığı ve çırpma hızı önem arz etmektedir. Karışımın ısısı yaklaşık 70 °C' ye düşürülerek helva yapımının diğer aşamalarına hazır hale getirilir. Daha sonra yoğurma kazanında hazır tutulan tahinin üzerine bu hazırlanan karışım döküldükten sonra yaklaşık 25 dakika süren karıştırma ve kürekleme işlemi gerçekleştirilir (Şekil 2.5.).



Şekil 2.5. Tahin ve şeker ağdasının karışımı (kürekleme)

Karıştırma ve kürekleme işlemi biten tahin helva istenilen yoğunluğa ve lifli yapıya gelinceye kadar el usulü ile yoğrulur (Şekil 2.6.).



Şekil 2.6. Tahin ve şeker ağdasının yoğrulması

İstenilen kıvama gelen tahin helva el yordamı ile tartılara konulup tartılır daha sonrada kalıp tepsilerine konulur (Şekil 2.7.).



Şekil 2.7. Tahin helvanın tartılıp kalıplanması

Kalıplanıp bekletme raflarına dizilen tahin helvalar 12 ile 15 saat süre arasında dinlendirmeye bırakılarak soğutulur (Şekil 2.8.).



Şekil 2.8. Tahin helva dinlendirme işlemi

Dinlendirme işleminden sonra tepsilerden çıkartılan tahin helva istenilen boyutlara göre sınıflandırılarak kesim makinesine dizilerek kesilir. Kesilen ve kalıp haline

getirilen tahin helva el yordamı ile paketleme makinelerine dizilir ve paketlenir (Şekil 2.9.).



Şekil 2.9. Tahin helvanın kesim ve paketleme işlemleri

2.4.2. Mevcut üretim tekniğinin dezavantajları

Helva üretiminde mevcut üretim tekniğinden kaynaklanan zorluklar ve dezavantajları sıralanacak olursa;

- Üretimde kontrol ve denetleme mekanizmasından ziyade karar mekanizmasının da insana bağlı olması.
- Tahin helva üretiminde yoğurma ve kalıplama işleminden sonra helvanın kalıplarda 12 ile 15 saat süre arasında bekletilmesi sonucunda üretim kapasitesi ve süreci üzerinde yarattığı büyük kayıp.
- Üretim gücü olarak insana ihtiyaç duyulması sonucunda üretim sürecinin devamlılığında ve süreç uzunluğunda yaşanan olumsuz durumlar.
- Üretim ortamında mevcut olan insan faktöründen dolayı oluşabilecek hijyen kaybı riski.
- Helva kesme düzeneğinden kaynaklanan malzeme kaybı.
- Birbirinden bağımsız olarak çalışan hantal üretim makinelerinin ve insan faktörünün yarattığı büyük alan ihtiyacı.
- Tahin helvanın soğutulması için gerekli bekletme alan ihtiyacı.

2.4.3. Dünya genelinde tahin helva tüketimi

Santez projesi kapsamında gerçekleştirilen uluslararası gıda fuarı ziyaretinde ve bu esnada gıda firmaları ile yapılan görüşmelerde anlaşılmıştır ki dünya genelinde helva tüketimi Türkiye dışında ki geniş bir coğrafyada da kabul görmektedir. Ortadoğu, Kuzey Afrika, Balkanlar, Türki Cumhuriyetler, Türk ve Arap etnik kökenine sahip insanların yoğun olarak yaşadığı Almanya, Fransa, Belçika, Hollanda gibi Avrupa ülkelerinde tahin helvası tüketilmektedir. Ayrıca Fas, Tunus, Cezayir, Mısır, Filistin, Lübnan gibi ülkelerde de tahin helva üretimi yapılmaktadır. Tahin helva üretimi yapılan bu ülkelerde, üretim usulü hemen hemen aynı düzeyde olup, insan teması gerektiren klasik üretim tekniklerinin uygulandığı görülmektedir.

2.5. Literatür Değerlendirmesi

Gıda üretiminde, artan pazar talepleri ve rekabetçi piyasa şartları, yüksek üretim gücünün yanında kalite ve hijyenik üretimin önemini artırmıştır. Gelişen teknoloji ile beraber gıda endüstrisinde yeni uygulama alanları oluşmaktadır. Gıda üretim proseslerinde ultrases teknolojisi, görsel algılama ve sınıflandırma sistemleri ve akıllı paketlenme teknolojisi gibi yeni uygulamaların etkinlik kazanması, üretim proseslerinin kısılmasına, işçilik ve enerji maliyetlerinin azalmasına, üretimde HACCP uygulamalarına, daha hijyenik şartlarda kontaminasyon riskinden uzak saf ürün elde edilmesine imkan sağlamaktadır. Teknolojik uygulama alanlarının gıda endüstrisinde genişlik kazanması, pek çok faydanın yanında üretim hatlarının kurulumunda daha titiz ve kapsamlı çalışmaları mecbur kılmıştır. Özellikle yeni teknolojik uygulamalar sistemin yapı elemanlarının senkronizasyonunu üretim hattının verimliliği açısından elzem kılmakta ve bu amaç doğrultusunda yazılımsal ve donanımsal çeşitli analizler yapılmaktadır.

Bu çalışmaya konu olan tahin helva üretim bandı üzerinden gıda üretiminde otomasyon destekli gıda üretim hatları irdelenecek olunursa, öncelikli olarak üretimi yapılacak gıdanın üretim şartları ve yapısal özelliklerinin değerlendirmeye katılması gerekmektedir. Zengin bir enerji kaynağı olan tahin helva, bileşimindeki düşük su

oranından dolayı mikroorganizmaların üremesi ihtimalini düşük bulunmaktadır. Fakat uygun olmayan çalışma koşulları ve yetersiz hijyen şartlarında tahin helva yapısında mikroorganizma varlığı saptanmıştır. Bu sonuç gösteriyor ki, gıda üretiminde, gıdanın mikrobiyolojik ve biyokimyasal durumları göz önüne alındığında üretim tekniği beraberinde uygun olmayan koşullarda uygun olmayan teçhizat kullanıldığında bakteri üreme riski taşıyan durumlar meydana gelmekte ayrıca standart ürün kalitesinin altına düşülmektedir. Ayrıca yapılan mikrobiyolojik test ve analizler, modern üretim tekniğinin geleneksel üretim tekniğine göre gıda sağlığı açısından üstünlüğünü ortaya koymaktadır. Üretim ortamının hijyenitesi gıda sağlığı için önemli bir husustur. İnsan yeteneğinin üretim operatörlüğünde büyük öneme sahip olmasına rağmen insan faktörünün üretim ortamından uzaklaştırılmasının iki ana sebebi vardır. Birincisi, insan üretim ortamında hastalık yapıcı bakterilerin üremesine sebep teşkil edebilecek potansiyele sahiptir. İkinci sebep, insanın uzun ve sık tekrarlı işlerde fiziksel ve mental devamlılık süresinin yetersiz olmasıdır.

Helva üretiminde, geleneksel üretim yöntemi ve ürünün depolama koşullarındaki sıcaklık faktörü helva bileşimindeki yağın tam olarak emülsiyon edilmesini olumsuz yönde etkilemektedir. Helvadan yağın dışarı sızma olayına karşın bu durumu bertaraf etmek için helva üretiminde emülgatör görevi gören çöven kullanılmaktadır. Gıdanın soğutulması için gerçekleştirilen depolama işleminin ortadan kaldırılması gıdada, yağ sızıntısının tamamen engellenmesini sağlayacaktır. Depolama işleminde gıdanın soğutulması için 12-15 saatlik bekletme sürelerini ortadan kaldıracak yeni bir üretim tekniğinin uygulanması hem gıdanın yağ sızıntı ihtimalini ortadan kaldıracak hem de hava ile daha az temas eden gıdanın hijyenitesini artıracaktır. Sistem olarak, PLC kontrollü bir otomatik kontrolör kullanmanın avantajları; kolayca yeniden programlanabilir komut düzeneği, gelişmiş kontrol ve kumanda işlevselliği, verilerin saklanması ve işlenmesindeki uygulama kolaylığı, sistemin değiştirilebilir, geliştirilebilir ve entegrasyon kabiliyeti olarak sayılabilir.

Tahin helva üretimi ile ilgili, firmalar bir takım gıda makinaları yapmaya çalışmışlardır ama kesinlikle tahin helvasının niteliğini koruyacak bir sonuç elde edememişlerdir. Bu sebeple, ya üretimden vaz geçmişlerdir ya da bütünsel üretim

makinaları yerine kısmi üretim makinalar imal etmişlerdir ve baştan sona kadar helva üretimi yapan bir makine bulunmamaktadır.

3. MATERİYAL VE METOD

3.1. Tahin Helva Karıştırma Yoğurma Şekillendirme ve Soğutma Bandı Tasarımı Amacı

Genel olarak gıda hijyenitesi ve gıda üretim teknolojileri ile ilgili geniş bilgi, ve Literatür Araştırması kısmında verilmiştir. Bu kısımda, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından Santez projesi kapsamında desteklenen örnek bir patentli çalışma ortaya konulmakta olup üretim hattı modernizasyonu ile somut bilgiler ortaya çıkartılmak amaçlanmıştır. Tamamen yeni bir üretim tekniğini barındıran ve mevcut üretim tesisine başarı ile entegre edilen bu patentli çalışma, tahin helva üretim hattı modernizasyonuna örnek teşkil etmektedir. Yapılan çalışmanın amacı; gıda güvenliği açısından değerlendirildiğinde çağın gerisinde kalmış tahin helva üretim yöntemlerinin yerine tahin helva üretimini daha verimli, seri, ekonomik ve insan faktöründen kaynaklanan olumsuzluklara ortam yaratmadan kısa sürede tamamlayan yeni bir sistemin kurulmasını kapsamaktadır. İmalatı gerçekleştirilen üretim bandı, helva üretiminde karıştırma, yoğurma, kesme ve soğutma işlemlerini tek bir hat üzerinden gerçekleştirmektedir. Ayrıca klasik yöntemde, üretim sürecinin ardından helvayı, soğutma evresinde 12 ile 15 saatlik bekletme süresini ortadan kaldırmaktadır. Bu durum, enerji ve zaman tasarrufunun yanı sıra tahin helvayı ortamdan kaynaklı mikroorganizmalardan da korumaktadır. Bu proje çalışmasında, sıcak helva malzemesi, karıştırma ünitesinde karıştırılıp merdane yardımı ile yoğrulmaktadır. Ayrıca şekillendirme ünitesi sayesinde istenilen ebatlara getirilen helva malzemesi kesilerek, soğutulmakta ve paketlemeye hazır hale getirilmektedir.

3.2. Helva Karıştırma, Yoğurma, Ölçülendirme ve Soğutma Bandı Yapısı ve Çalışma Prensipleri

Helva yoğurma ve soğutma bandı sistemi işlevsellik ve donanım özellikleri dikkate alındığında 5 kısımda sınıflandırılabilir.

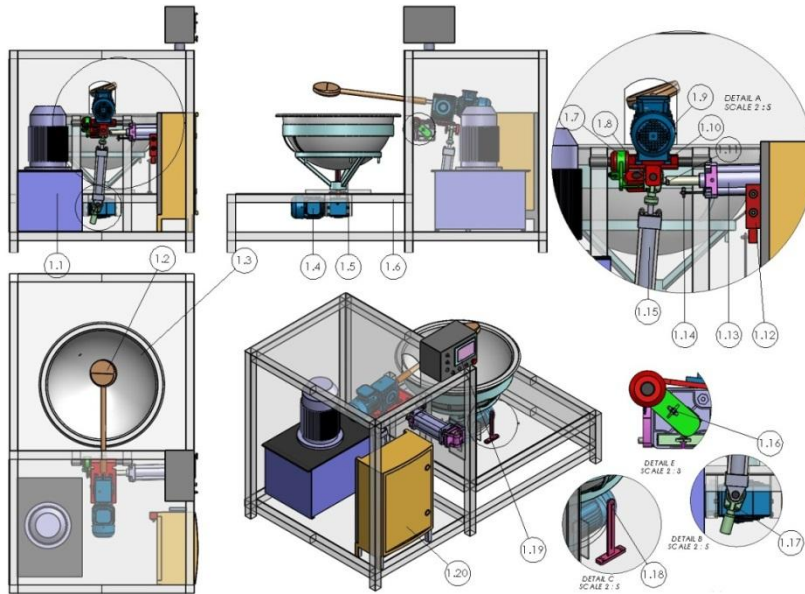
1. Karıştırma ve yoğurma tertibatı
2. Şasi, bant ve tambur tertibatı

3. Soğutma tertibatı
4. Şekillendirme ve kesme tertibatı
5. Kontrol ve denetleme tertibatı

İmalatı yapılan üretim bandında firma imkanları içerisinde üretilen donanım ve makine parçaları olduğu gibi soğutma ve otomatik kontrol elemanları gibi dışarıdan temin yolu ile alınıp sisteme entegre edilen yapı elemanları da mevcuttur.

3.2.1. Karıştırma ve yoğurma tertibatı

Karıştırma ve Yoğurma Tertibatı Yapı Elemanları



Şekil 3.1. Karıştırma ve yoğurma tertibatı yapı elemanları

Helva Karıştırma ve Yoğurma Tertibatı Yapı Elemanları

1.1.	Hidrolik yağ ünitesi	1.11.	Dikey öteleme pistonu üst mafsalı
1.2.	Karıştırma küreği	1.12.	Pnömatik valf
1.3.	Karışım haznesi	1.13.	Pnömatik yatay öteleme pistonu
1.4.	1 numaralı motor-redüktör	1.14.	Karıştırma nokta sensörü
1.5.	Karıştırma haznesi çevirme aparatı	1.15.	Dikey öteleme pistonu
1.6.	Şasi	1.16.	Kürek seviye kontrol sensörü
1.7.	Yatay öteleme bileziği	1.17.	Dikey öteleme pistonu alt mafsalı
1.8.	Yatay öteleme pistonu çatal aparatı	1.18.	Karışım haznesi pozisyon sensörü
1.9.	2 numaralı motor-redüktör	1.19.	Otomasyon gösterge paneli
1.10.	2 numaralı motor-redüktör alt aparatı	1.20.	Elektrik panosu

Karıştırma ve yoğurma tertibatı, yaklaşık 120~130°C civarındaki tahin ve glikoz şurubunun karışım haznesine alınarak yaklaşık 5 dakika boyunca karıştırılması işlemini gerçekleştirmektedir. Bu süreç sonunda, 2 ile 3 dakika boyunca karışımın küreklenmesi ve istenilen ağdalı yapı oluşturulana kadar yoğurulması işlemi de bu kısımda gerçekleşmektedir.

Şasi

Karıştırma düzeneği, aktuatörler ve otomatik kontrolör düzeneğini üzerinde taşıyan yapı elemanıdır. Şasi 60x60x4 mm AISI 316L krom nikel alaşımlı paslanmaz çelik profilden imal edilmiş ve bağlantıları kaynaklanarak birleştirilmiştir. Şasi gövdesinde krom nikel alaşımlı 5 mm kalınlığında krom nikel alaşımlı AISI 304 paslanmaz çelik sac ve şasi profili kaynaklanarak birleştirilmiştir.



Şekil 3.2. Karışım ve yoğurma tertibatı gövdesi

Karışım ve yoğurma tertibatı ölçüleri Şekil 3.2.'de gösterildiği gibidir. Yoğurma tertibatı karışım haznesi (1.3) krom-nikel alaşımlı AISI 316L paslanmaz çelikten imal edilmiştir ve kapasitesi 110,5 litredir.

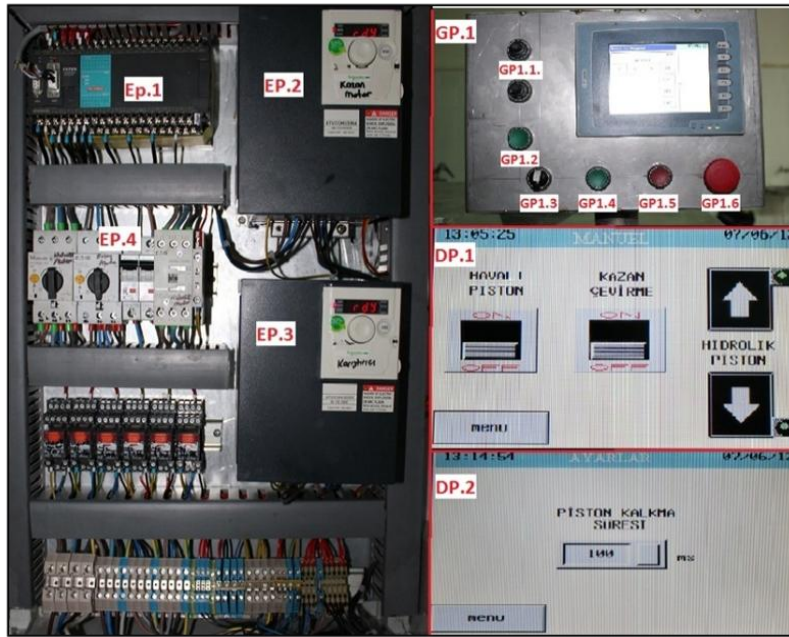
Otomasyon Panosu, Sensör ve Aktuatörler



Şekil 3.3. Karıştırma nokta sensörü (1.14), karıştırma küreği yükseklik seviye sensörü (1.16), karışım haznesi pozisyon sensörü (1.18).

Karışım ve yoğurma tertibatı otomasyon yazılımı ve pano kurulumu hizmet alımı kapsamında gerçekleştirilmiştir. Karışım ve yoğurma tertibatında, karışım haznesini tahrik eden 3 kW gücünde bir motor-redüktör (1.4) düzeneği mevcuttur. Ayrıca, karışım haznesinin alt kısmında hazne dönüş sentelerini kesecek hizada bir pozisyon sensörü (1.18) konumlandırılmıştır. Hazne içindeki helvayı karıştırmak için ise karıştırma küreğini tahrik eden 2,2 kW gücünde ikinci bir motor-redüktör düzeneği (1.9) mevcuttur. Karışım küreği, hazne içinde hem aksel bir dönüş hem de dönerken yatay bir öteleme hareketi yapmaktadır. Bu öteleme hareketi için otomasyon sistemi, karışım nokta sensöründen (1.14) konum bilgisi almaktadır. Öteleme hareketi 100x100 mm'lik bir pnömatik piston (1.13) tarafından gerçekleştirilir. Pnömatik piston, motor-redüktör tertibatının bağlandığı motor redüktör alt aparatını (1.10), yatay öteleme bileziği (1.7) aracılığı ile tahrik eder ve karıştırma küreğinin (1.2) bağlı olduğu düzeneği otomatik kontrolörün ön gördüğü ölçüde öteler. Karışım küreğini (1.2), haznenin (1.3) içine uygun mesafeye kadar sokmak için karışım küreğinin bağlı olduğu düzeneğe bir dikey hareket mekanizması yerleştirilmiştir. Bu mekanizmada bir hidrolik piston (1.15) ve pistona gerekli yağ basıncını tedarik etmek için bir hidrolik yağ ünitesi (1.1) mevcuttur. Otomatik

kontrolör, karıştırma küreği yükseklik seviye kontrol sensöründen (1.16) aldığı konum bilgileri dâhilinde, küreğin karışım haznesine dalış mesafesini belirlemektedir. Karışım ve yoğurma tertibatı basit bir otomasyon düzeneği ile kontrol edilmektedir. Şekil 3.4’de verilen otomasyon panosu incelenirse, 1 ve 2 numaralı motor redüktörleri kumanda eden iki adet hız invertörü (EP.2-EP.3) bulunmaktadır. Otomasyon panosunda, hidrolik ünite, karışım haznesi ve mikser motorlarına bağlı koruma şalterleri (EP.4) mevcuttur. Hareket mekanizmasını kontrol ve kumanda eden PLC (EP.1) ise 36 giriş ve 23 çıkışa sahiptir. Karıştırma ve yoğurma ile ilgili süre ve hız ayarlarının kontrol edilip düzenlenebilmesi için ise sisteme 1 ve 2 numaralı motor frekans potansiyometreleri (GP.1.1) konulmuştur. Ayrıca aktuatörlerin analog veya otomatik çalışma durumlarını, dikey pistonun çekili kalma süresinin kullanıcı tarafından kolaylıkla belirlenmesini sağlayan gösterge ekranlı dokunmatik panel (DP.1) entegre edilmiştir.



Şekil 3.4. Elektrik panosu, gösterge ve dokunmatik panel

Sistemin Çalışması

Karışım ve yoğurma tertibatının düzeneği üretim hattının başlangıç kısmında ve hattın bağımsız olarak çalışmaktadır. Bu yüzden sistemin çalışması, kendi bölümü

içerisinde ayrı olarak ele alınmıştır. Karıştırma ve yoğurma haznesi, otomatik olarak veya manuel olarak çalışabilmektedir. Şekil 3.4’de görülen konum anahtarını (GP 1.3) manuel konuma getirip düğmesine basıldığı zaman DP.1 ekranı gelmektedir. Ekranda, dokunmatik panel üzerinde manuel sayfasında manuel kullanım için aktif edilebilen aktuatörler görülmektedir. Dokunmatik panelde aktif edildikten sonra manuel butona basılırsa, basılı kaldığı süre içerisinde otomatik kontrolör, Şekil 3.6’da görüldüğü gibi, PLC çıkışlarını enerjilendirmektedir. Manuel otomatik konumlandırma anahtarı otomatiğe alındığında ise ortamdaki aktuatörler aktif konumda olur ve start butonuna bir kere basıldığı zaman bütün aktuatörler otomatik olarak tahrik edilmektedir. Stop butonuna basılıncaya dek Şekil 3.5’de gösterildiği üzere PLC çıkışları enerjilendirir ve hareket mekanizması aktif olarak çalışmaya devam eder.

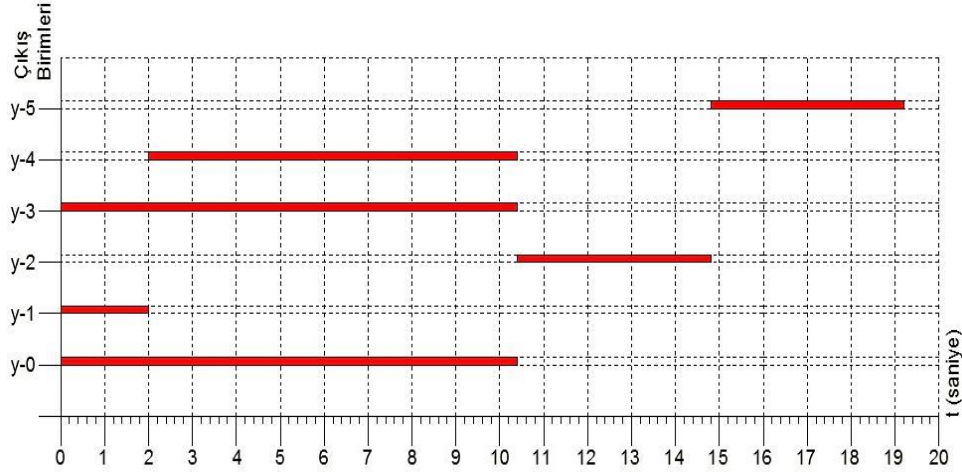
Çizelge 3.1. Karışım haznesi PLC modülü giriş ve çıkış birimleri

Karıştırma Haznesi PLC Modülü Giriş Çıkış Birimleri				
Giriş Birimleri			Çıkış Birimleri	
<i>No</i>	<i>Bağlantı Adresi</i>	<i>Algılayıcılar</i>	<i>Bağlantı Adresi</i>	<i>Algılayıcılar</i>
1	x ₀	Start Butonu	y ₀	Hidrolik Motoru
2	x ₁	Stop Butonu	y ₁	Hidrolik Piston-Yukarı
3	x ₂	Acil Stop Butonu	y ₂	Hidrolik Piston-Aşağı
4	x ₃	Manuel/ Otomatik Konum Butonu	y ₃	Mikser (Karıştırıcı Motor)
5	x ₄	Mikser Yukarıda Sensörü	y ₄	Havalı Piston-Geri
6	x ₅	Karıştırma Nokta Sensörü	y ₅	Karışım Haznesi Motoru
0	x ₆	Pozisyon Sensörü		
8	x ₇	Manuel Buton		

Çizelge 3.1’deki giriş çıkış uçları, Şekil 3.5’de PLC enerjilendirme süreleri ve Ek 5’de verilen otomasyon yazılım şemalarında takip edilirse sistemin nasıl çalıştığı daha iyi anlaşılabacaktır.

Manuel/otomatik konum butonu (GP1.3) seçili durumda, normalde açık start butonuna (GP1.2) (x₀) basıldığında enerji, normalde kapalı acil stop butonlarının üzerinden geçmekte ve hidrolik motoru (y₀), hidrolik piston yukarı çıkışını (y₁) ve mikser (y₃) çıkışlarını enerjilendirmektedir. Bu arada karışım haznesi motoru (y₅)

mühürlenerek aktif hale gelmektedir. Böylece hidrolik piston, 2 numaralı motor redüktör düzeneğini yukarı doğru itmekte ve karıştırma küreği haznenin içine dalmaktadır.

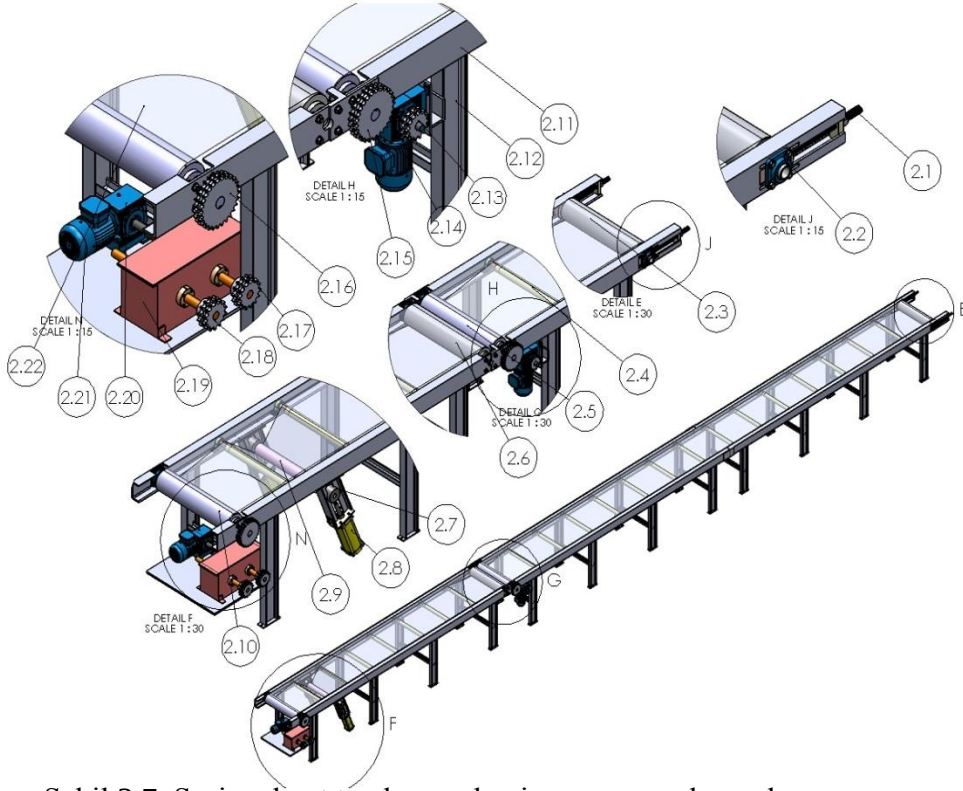


Şekil 3.5. PLC çıkış birimlerinin enerjilendirilme süreleri

Aynı zamanda aktif olan mikser, hazne içindeki helvayı karıştırmaya başlamakta ve aktif olan hidrolik piston yukarı (y_1) resetlenmektedir. Mikser yukarı sensörü (1.16) (x_4), üst sınır sentesi ile aynı hizaya geldiğinde (y_1) çıkışını resetlemekte ve hareketi durdurmaktadır. Böylece karıştırma küreğinin karışım haznesine istenen seviyeye kadar indirilmesi sağlanmaktadır. Devamında ise, x_3 , y_0 , x_4 konumlarının enerjilendirilmesi ile pnömatik piston geri çıkışı (y_4) setlenmekte ve normalde açık olan pnömatik piston kendini geri çekmeye başlamaktadır. Bu geri çekmenin süreci hava kesici vanaların ayarlanması ile tayin edilmektedir. Karıştırma nokta sensörü (1.14) (x_5), piston çatal aparatı üzerinde bulunan ve öteleme hareketinin miktarını belirleyen sınır çentiği ile aynı hizaya geldiğinde, pnömatik piston mikseri geri iterek başlangıç konumuna gelmektedir. Aynı zamanda, hidrolik piston aşağı (y_2) setlenmekte ve hidrolik piston 2 numaralı motor reduktör tertibatını (1.9) aşağı doğru çekmekte böylece karışım küreği, karışım haznesinden çıkmaktadır. Hidrolik piston aşağı (y_2) çıkışının enerjilendirilmesi ile beraber T_0 zamanlayıcısı devreye girmektedir. T_0 zamanlayıcısı, dokunmatik panel üzerinden girilen süre boyunca karışım küreğinin hazneye dalmadan yukarıda sabit kalmasını sağlamaktadır. T_0 zamanlayıcısının sayımı bitirmesi ile beraber karışım hazne motoru (y_5) enerjilendirilmekte ve karışım haznesini çevirmeye başlamaktadır. Bu arada y_0 , y_2 ve

3.2.2. Şasi ve bant tambur mekanizması

Şasi ve Bant Tambur Mekanizması Yapı Elemanları



Şekil 3.7. Şasi ve bant tambur mekanizması yapı elemanları

Şasi ve Bant Tambur Tertibatı Yapı Elemanları			
2.1.	Vidalı bant gerdirme sonsuz vida	2.14.	2. Bant elektrikli tahrik motoru
2.2.	Vidalı bant gerdirme yataklandırması	2.15.	2. Bant tamburu tahrik dişlisi
2.3.	4 numaralı bant tamburu	2.16.	1. Bant tamburu tahrik dişlisi
2.4.	Avare makara	2.17.	1 numaralı şanzıman çıkış dişlisi
2.5.	3 numaralı bant tamburu	2.18.	2 numaralı şanzıman çıkış dişlisi
2.6.	2 numaralı bant tamburu	2.19.	1. Bant tertibatı şanzıman kutusu
2.7.	Gergi tamburu hareket kasnağı	2.20.	1. Bant tertibatı redüktörü
2.8.	Pnömatik gergi pistonu	2.21.	1. Bant elektrikli tahrik motoru
2.9.	Gergi tamburu	2.22.	2. Bant malzeme taşıma bandı
2.10.	1 numaralı bant tamburu	2.23.	Kayar porya göbeği
2.11.	Yatay şasi profili (NPU 160)	2.24.	İstinat yastıkları
2.12.	Dikey şasi profili NPI 160)	2.25.	Gergi tambur muylusu
2.13.	2. Bant redüktör tahrik dişlisi		

Şasi iskeleti, üretim bandının sonradan entegre olan soğutma grubu haricindeki bütün kısımlarını üzerinde taşıyan yapıdır. Ağırlık ve sarsılmalara dayanıklı olmasının yanı

sıra, tamburların çalışma şartları göz önüne alındığında çok hassas bir eksenel dengeye de sahip olmaktadır. Bant tambur mekanizması tahrik için gerekli gücü sağlayacak olan elektrik motoru, tahrik devir ve güç oranını ayarlayan redüktör, güç dağıtımını ve yönünü belirleyen şanzıman, tahrik dişlileri, tahrik zinciri, tahrik tamburları, pnömatik ve vidalı bant gergi mekanizmaları, avare makaralar ve malzeme taşıma bandından oluşmaktadır.

Ana Şasi

Şasi iskeleti, tamburlara yataklık yapan NPU 160x10 mm çelik yatay profiller (2.11) ve gövdeyi ayakta tutan NPI 160x10 mm çelik dikey profillerden (2.12) oluşmaktadır.



Şekil 3.8. Şasi ve bant tamburları (Bant tamburları montaj aşaması)

Toplam boyu 18 metre, genişliği 1005 mm yüksekliği 1165 mm olan şasi iskeleti 6'şar metreden 3 parça halindedir. Şasi iskeleti kurulumunda her bir şasi kısmı ayrı ayrı terazisine getirilip montaj edildikten sonra son bir eksenel kontrolden geçirilmiştir. İmalat aşamasında, 6'şar metrelik NPU profillerin her iki ucuna dikey ve çapraz olarak eş uzunlukta hizalama profilleri kaynatılıp hiza ve eksen kontrolleri tamamlanmış sonrada şasi ayakları kaynatılarak ayak köprüleri yerleştirilmiştir. Şasi iskeleti, ayakları arasına her 2 metrede bir atılan NPU 60x2 mm'lik profiller ile

sabitlenip ana şasi oluşturulmuştur. Son olarak bant tamburları ve avare makaraların montajı yapılarak ana şasi ayağa dikilmiştir.

Şasiyi sınıflandırırken, şekillendirme, kesme ve şoklama işlemlerinin gerçekleştiği ilk 6 metrelik kısım birinci bant tertibatı olarak, geri kalan 12 metrelik kısım ise ikinci bant tertibatı olarak adlandırılmaktadır.

Bant Tamburları

Bant hareket düzeneğinde üç farklı ölçüde tambur ve rulo kullanılmıştır. Bunlar;

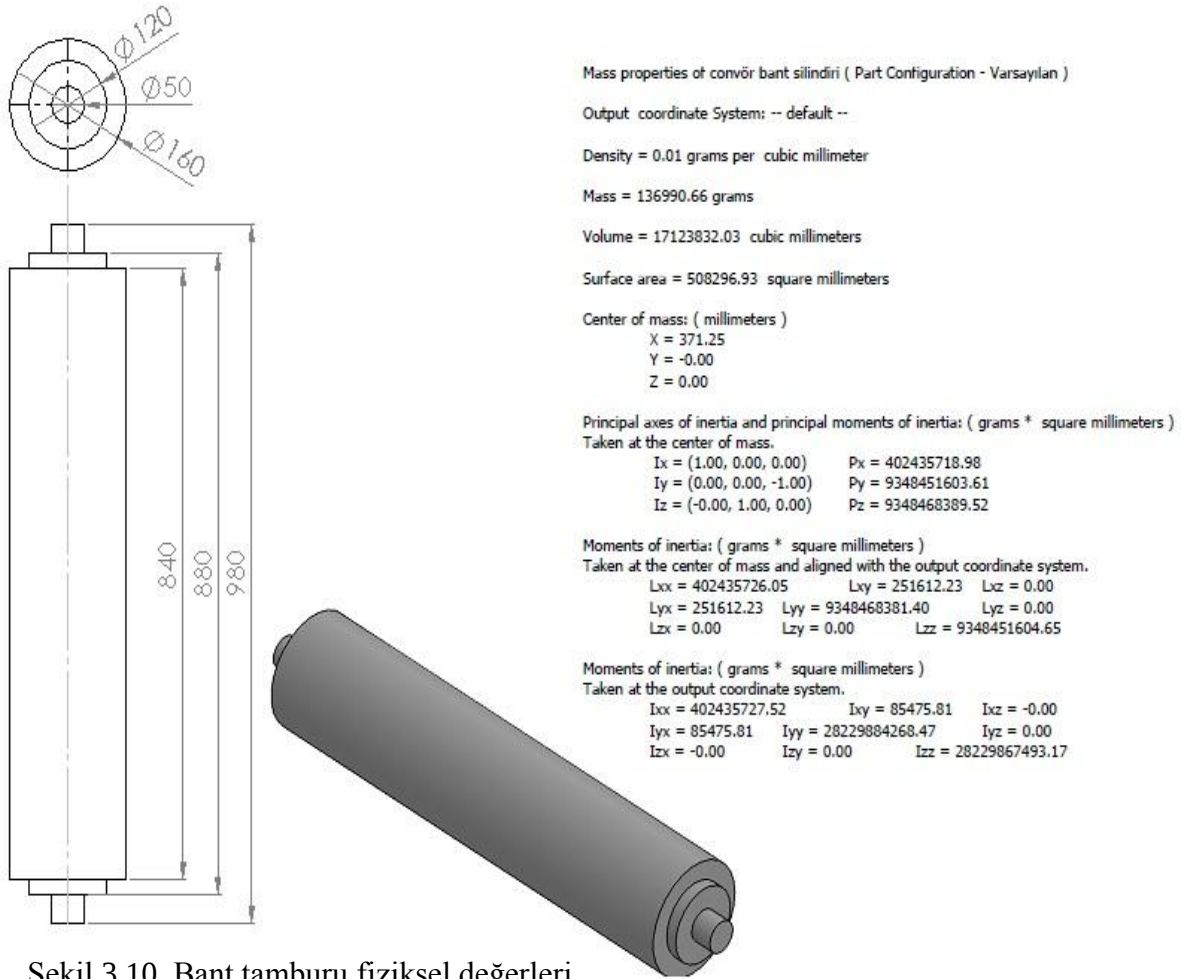
- a. Bant hareket tamburu
- b. Avare rulo
- c. Bant gergi tamburu

- a. Bant hareket tamburu (2.3, 2.5, 2.6, 2.10):

Bandı hareket ettiren tamburlardır. Ana şasi üzerinde toplam 4 adet bulunmaktadır. Bant hareket tamburlarının ikisi zincir kasnak vasıtası ile tahrik edilerek bandı çevirmekte diğer ikisi ise yön değiştirme tamburu olarak görev yapmaktadır. Bant hareket tamburları krom-nikel alaşımlı AISI 316L paslanmaz çelikten imal edilmişlerdir. Bant hareket tamburu, dişli kasnak bağlantısı kamalı yapıya sahiptir.



Şekil 3.9. Tahrikli ve tahriksiz bant tamburları

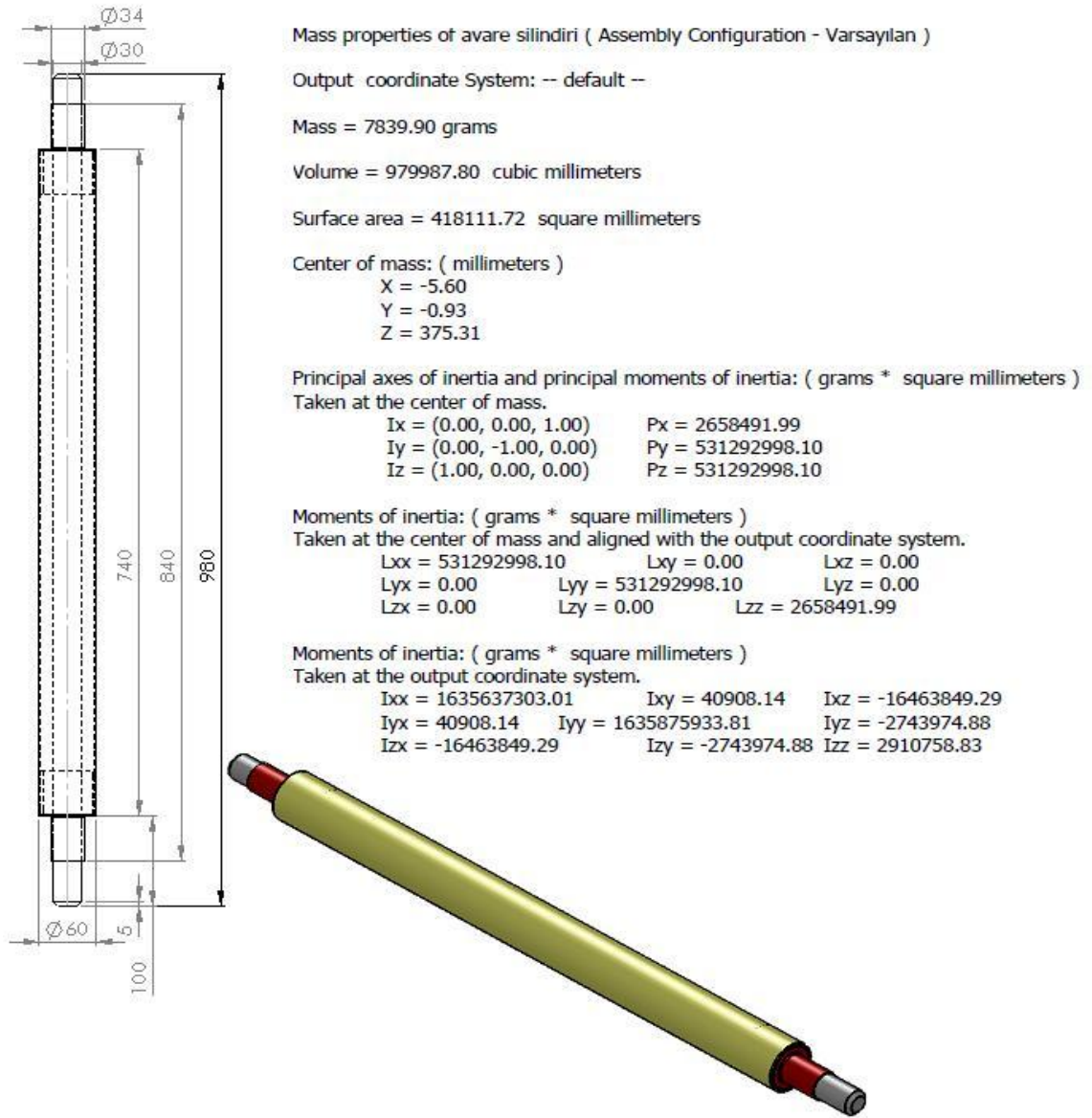


Şekil 3.10. Bant tamburu fiziksel değerleri

b. Avara rulo (2.4): Yön değiştirme tamburundan sonra bandın hareketine kolaylık sağlayan rulolardır. Birinci bant tamburunda 7 adet, ikinci bant tamburunda 15 adet bulunmaktadır.



Şekil 3.11. Avara makara montajı

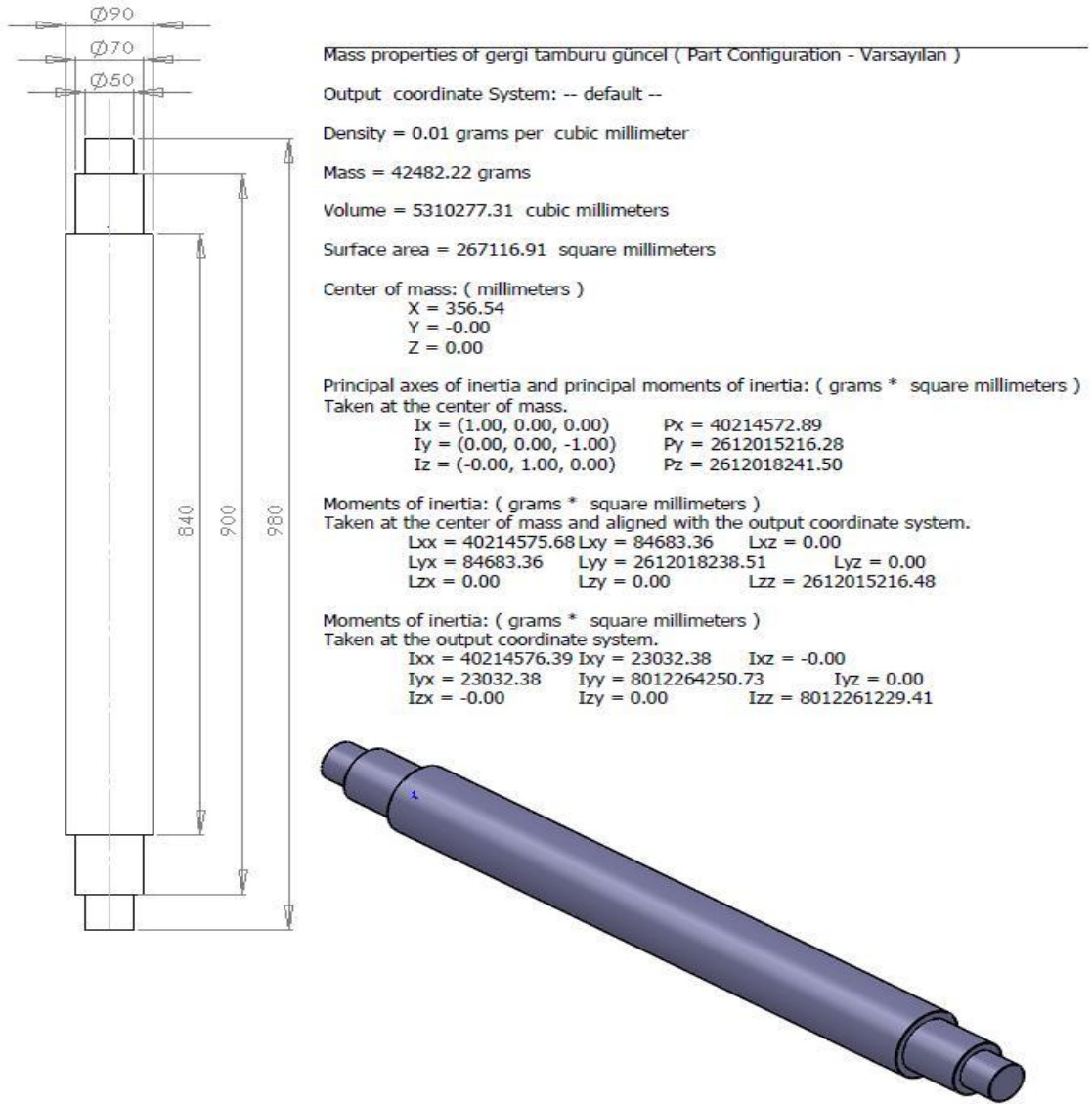


Şekil 3.12. Avara makara fiziksel değerleri

Avara makara, 30 mm çapında krom-nikel alaşımlı AISI 316L paslanmaz çelikten oluşan rulo mili, iki adet tambur boru tapası, 60 mm çapında AISI 316L krom-nikel alaşımlı paslanmaz boru ve 2 adet yataklamadan oluşmaktadır.

c. Bant gergi tamburu (2.9):

Bant üzerine basan ve banda gergi kuvveti uygulayan tamburdur. İmalatında krom-nikel alaşımlı AISI 316L paslanmaz çelik kullanılmıştır.



Şekil 3.13. Bant gergi tamburu fiziksel değerleri

Bant Gergi Tertibatları

Pnömatik Gerdirme Tertibatı

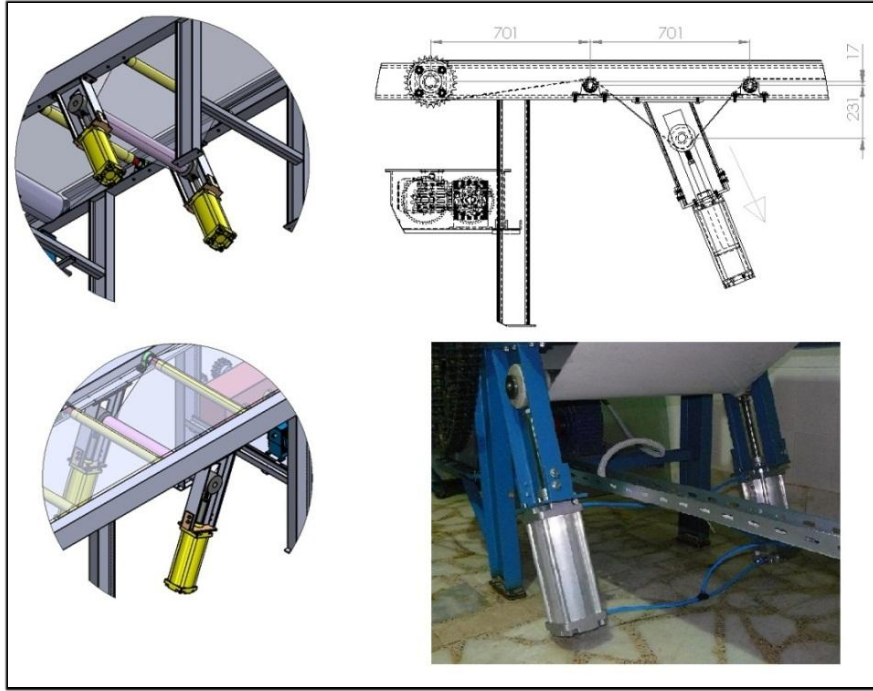
Birinci bant tertibatı, bandın ilk 6 metrelik kısmında görev yapmaktadır ve giriş kısmında ortalama 70 °C sıcaklığındaki helvayı taşımaktadır. Malzeme taşıma bandının maruz kalacağı bu sıcaklık, bandın normal çalışma şartlarına göre daha kısa sürede ve daha fazla bir oranda genleşeceği ve çalışma gerginliğini bırakacağı anlamına gelmektedir. Bu durum malzeme taşıyan bantlar için istenmeyen bir

durumdur. Bu noktada, malzeme taşıma bandını sürekli ve istenilen seviyede gergide tutacak bir sistem düşünülmüştür. Bant gergi kuvveti, bant gergi tertibatında eş ekseninde bulunan ve çalışma basıncı pnömatik basınç ayar düzeneği tarafından ayarlanan iki adet pnömatik piston (2.8) tarafından oluşturulmaktadır. Pnömatik pistonlar, uç kısımlarından, gergi tamburu gerdirmeye kızak rayına, gergi tamburu hareket kasnakları vasıtası ile yataklandırılmıştır. Hareket kasnakları silindirik polyemit malzemeden imal edilmiş olup gergi tamburu muylusuna sıkı geçme olarak monte edilmiş ve sabitleme cıvatası ile sabitlenmiştir. Pnömatik pistonlara çekme basıncının verilmesi ile piston milleri, gergi tamburu hareket kasnaklarını (2.7) kendilerine doğru çekmektedir. Düşey ekseninde kızak rayı üzerinde aşağı çekilen hareket kasnakları beraberinde bağlı oldukları gergi tamburunu da (2.9) çekerek bandın gerilmesini sağlamaktadır.



Şekil 3.14. Pnömatik gergi tertibatı montajı

Bandın gerdirilmesi için gerekli çekme kuvvetini oluşturan pnömatik pistonlar (2.8) 125 mm piston çapına, 250 mm kurs boyuna sahiptir ve maksimum çalışma basıncı 12 bar'dır. Hesaplanan bant gergi kuvvet değerlerine göre eş ekseninde çalışan her bir pnömatik pistonun 0,46 bar'lık çalışma basıncına sahip olması bant için uygun olan çalışma gergisini oluşturmaktadır.

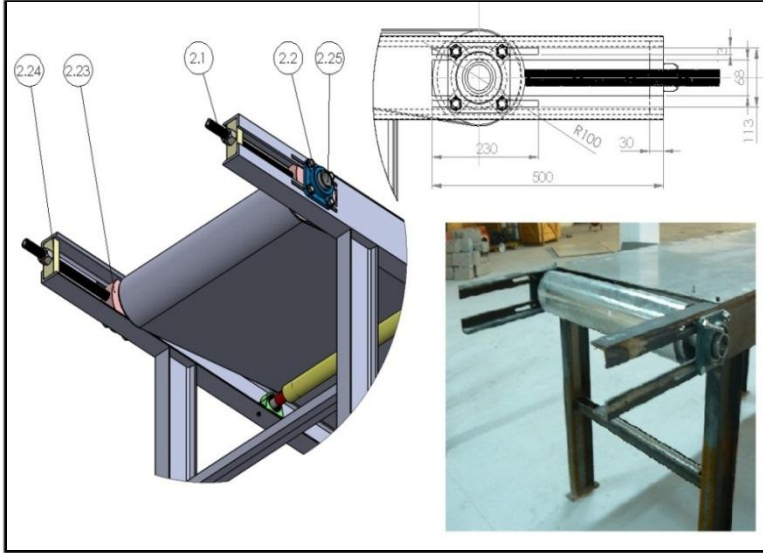


Şekil 3.15. Gergi tertibatı modellemesi

Vidalı Gerdirme Tertibatı

İkinci bant tertibatında, NPU 160 profilin bitim kısmında bulunur. NPU 160 şasi profilinin enlemesine 230x13 mm boyutlarında ve bilyalı yataklama çevre civatlarını eksenleyecek şekilde iki adet kanal açılmıştır. Gergi tambur muylusunun (2.24) eksenel hareketine imkân sağlayabilmesi için profilin boylamasına 68 mm genişliğinde bir kanal açılmış ve bu kanal profilin son kısmından başlayarak 500 mm içeriye girecek şekilde uzatılmıştır. Bant gerdirme tamburuna yataklık eden bilya yataklandırması (2.2), profilin iç kısmında bulunan ve eksenel gerdirme hareketinde kızak görevi gören kayar porya göbeğine (2.22) 4 adet M10 cıvata ile sabitlenmiştir. İstinat yastıkları ise şasi bitiminde her bir profil ucuna M 12'lik 4 adet cıvata ile monte edilmiştir. İstinat yastıkları şekilden de anlaşılacağı gibi kayar porya göbeğine (2.22) yatay eksenle dik olarak bağlanmış olan vida kanallı gerdirme milinin yol alması ile bir nevi istinat duvarı görevi yapmaktadır. İstinat yastıklarına dayalı olan somunun çevrilmesi ile oluşan vida adımı ile vida kanallı gerdirme mili ve ona bağlı

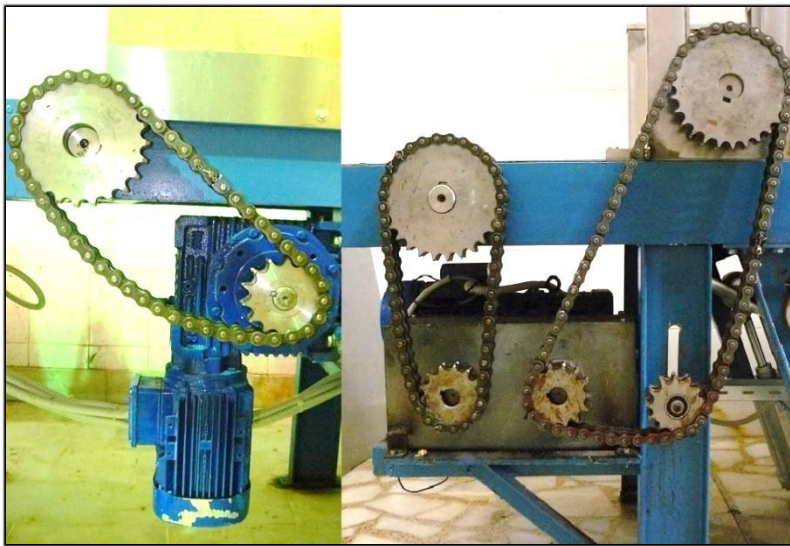
olan kayar porya göbeği (2.22) bilyalı yataklandırmayı ve beraberinde bant tamburunu çekerek gerdirmeye işlemini gerçekleştirmektedir.



Şekil 3.16. Vidalı gergi tertibatı ölçüleri ve yapı elemanları

Şanzıman, Tahrik Tertibatı ve Malzeme Taşıma Bandı

Birinci ve ikinci bant tertibatlarının tahrikinde 1.5 kW 1400 dev/dk 50 Hz frekanslı elektrik motorları ve 1.5 kW $n_{max}:1400$ $i=40$ ve $n=35$ dev/dk kapasitesine sahip redüktörler kullanılmıştır.



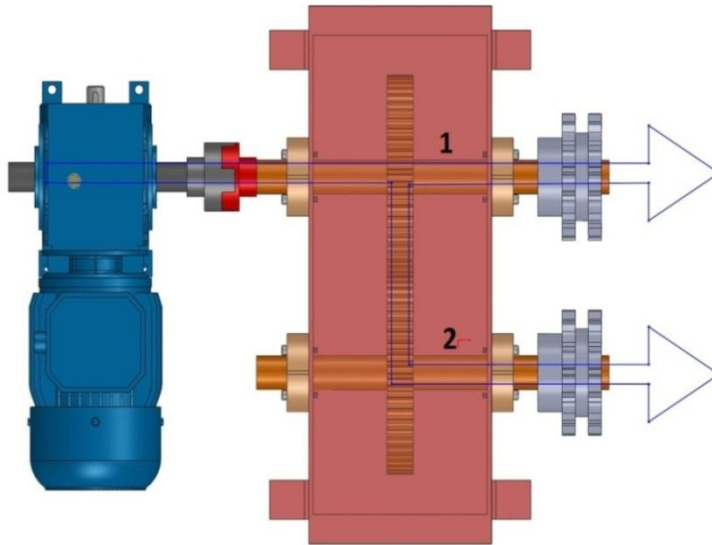
Şekil 3.17. Bant tamburu tahrik tertibatı

Ayrıca birinci bant tahriki, şekillendirme tamburunun ters yönlü tahriki ve giyotin kesim sürelerinin oluşturulmasında kullanılan encoder için, bir şanzıman kutusuna ihtiyaç duyulmuştur. Şanzıman kutusu iç tahrik dişlileri 190 mm çapında ve 12,5 mm hatve ölçüsüne sahiptir. Eşit moment ve devir çıkışlarını elde etmek için özdeş olarak imal edilmişlerdir. Şanzıman çıkış dişlileri 8 diş modülüne sahiptir. Bir numaralı çıkış dişlisi ve iki numaralı çıkış dişlisi sırası ile 115 mm ve 223 mm diş üstü çapına sahiptirler. Dişliler AISI-1050 imalat çeliğinden imal edilmiştir.



Şekil 3.18. Dişli kutusu ve zincir tahrik dişlileri

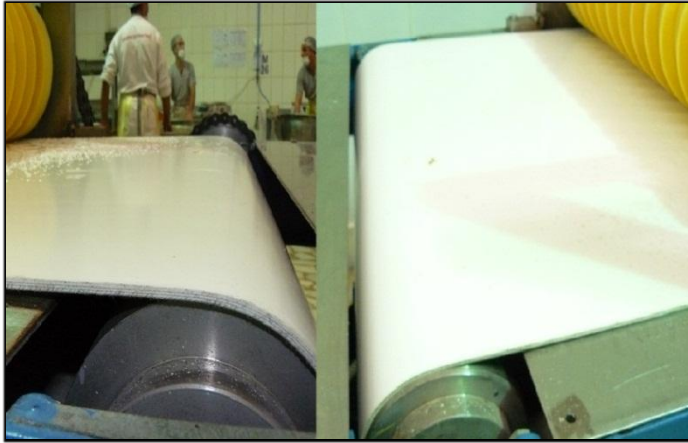
Şekil 3.19’da görüldüğü üzere redüktör, motordan aldığı tahrik momentini ve devrini istenilen çalışma şartlarına uyarlayarak bir numaralı şanzıman miline aktarmaktadır.



Şekil 3.19. Dişli kutusu devir ve moment çıkışları

Redüktör ile aynı moment ve devire sahip bir numaralı şanzıman mili çıkışında ki dişli-zincir-dişli tertibatındaki $i = 1.93$ 'lük güç aktarım oranı ile tahrik momentini artırırken aynı oranda devir sayısını düşürerek malzeme şekillendirme tamburunu tahrik etmektedir. Aynı zamanda yine Şekil 3.19'da görüldüğü üzere, şanzıman içinde bulunan 1 numaralı şanzıman miline bağlı dişlinin, 2 numaralı şanzıman miline bağlı özdeş dişliyi tahrik etmesi ile iki numaralı milde de bir tahrik kuvveti ve devri oluşur. Yine aynı şekilde ikinci dişli-zincir-dişli tertibatındaki $i = 1.93$ 'lük aktarım oranları ile bir numaralı bant tamburu tahrik etmektedir.

Malzeme taşıma bandı 3 katlı olup 3,8 mm kalınlığında ve 860 mm uzunluğundadır. Bant bezi olarak polyester ve her bir katta PVC malzeme kullanılmıştır. Bandın %1'lik uzama sınır değeri 16 N/mm ve birim ağırlığı 4,90 kg/m² dir.



Şekil 3.20. Gıda taşıma bandı

Üretimde gıda güvenliği için dikkat edilmesi gereken hususlardan biriside gıda ve temas halinde olduğu ekipman arasında gerçekleşen migrasyondur. Migrasyon yani gıdanın başka bir malzeme ile etkileşime geçmesi için belirli bir takım kriterler önem arz etmektedir. Bu kriterler, temas süresi, temas sıcaklığı, gıdanın yapısı son olarak gıdaya temas eden malzemenin yapısı ve içinde kullanılan maddelerin miktarıdır. Türkiye Bilimsel Teknik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi Gıda Enstitüsünün, projede kullanılan gıda taşıma bandına yönelik yapmış olduğu ve Ek 6 da verilen migrasyon sınır değerleri analiz raporu sonuçları Çizelge 3.2'de görülmektedir.

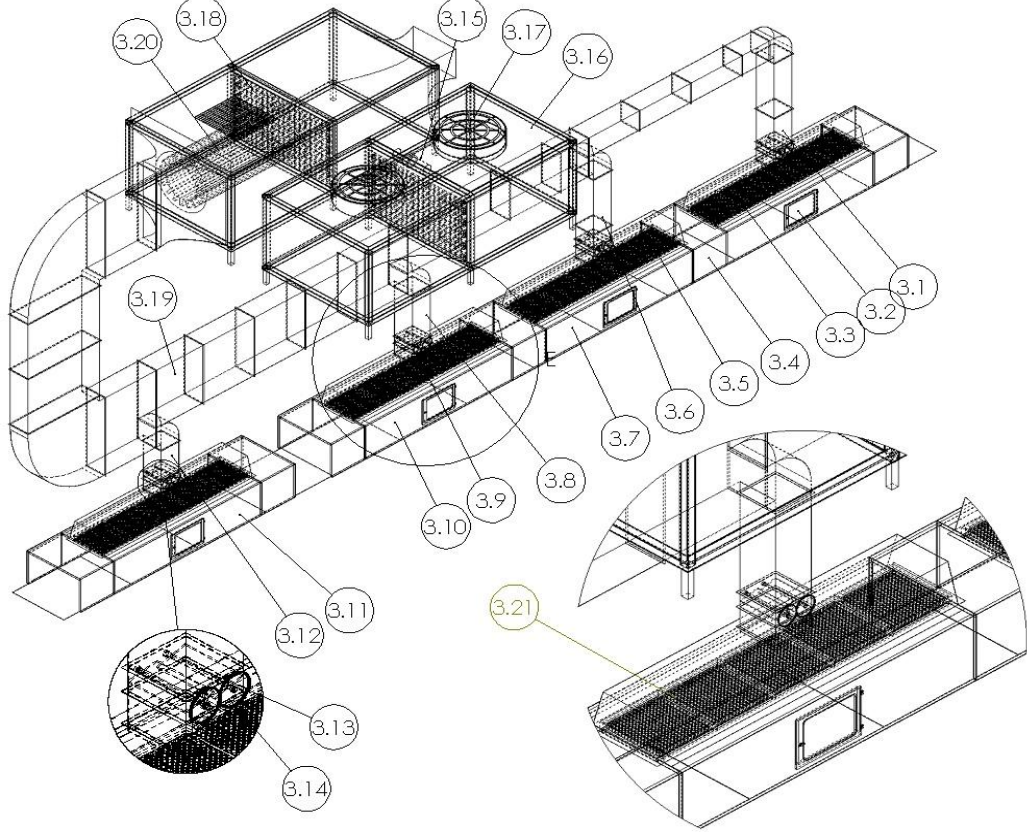
Çizelge 3.2. PVC gıda bandı migrasyon analiz sonuçları [Ek-6]

<i>PVC Gıda Bandı Migrasyon Analiz Rapor Sonuçları- Gıda maddeleri ile temas eden plastik madde ve malzemelerin bileşenlerinin migrasyon testi</i>			
Analiz	Sonuç	Limit	Yöntem
Asetik Asit	1 mg/dm ²	10 mg/dm ²	Analiz koşulu: Asetik asit (%3) 70°C-30dk
Etil Alkol	1,4 mg/dm ²	10 mg/dm ²	Analiz koşulu: Etil Alkol (%10) 70°C- 30dk
İzo-oktan	8,5 mg/dm ²	10 mg/dm ²	Analiz koşulu: İzo- oktan -40 °C -10dk

Rapordan anlaşılabacağı üzere, asetik asit, etil alkol, izo-oktan gibi gıda maddelerinden gelebilecek çözücülerin bant ile teması sonucunda oluşan üst migrasyon değerlerinin, belirlenen sınır değerlerinin altında çıkmaktadır. Projede kullanılan PVC-Polivinilklorür gıda taşıma bandı çoğunlukla gıda ve farmasötik endüstri alanlarında kullanılmakla beraber, -10 °C ve 70 °C arasında oldukça başarılı şekilde çalışma koşullarını sağlayabilmiş olup aynı zamanda gıda içerisindeki her türlü esansiyel yağlara karşı direnç göstermektedir. Kısa ve genel bir tanım ile adhezyon, iki farklı maddenin molekülleri arasındaki çekim kuvvetine verilen isimdir. PVC bandının bir diğer özelliği kullanılan gıda maddesi ile adhezyon kuvvetinin olmayışıdır ki bu da gıda maddesi ile bir etkileşimin olmadığı ve düşük migrasyon gözleneceği anlamına gelmektedir. Bununla beraber darbelere karşı dayanıklılığı, güçlü olması ve banda bulaşan gıdanın oldukça kolay temizlenebilmesi gibi özellikleri göz önüne alındığında PVC bandı gıda maddesinin güvenliği ve tüketici sağlığı açısından uygunluk göstermektedir.

3.2.3. Soğutma sistemi

Soğutma Sistemi Yapı Elemanları



Şekil 3.21. Soğutma sistemi yapı elemanları

Soğutma Sistemi Yapı Elemanları			
3.1.	4 numaralı soğutma tüneli bacası	3.12.	1 numaralı soğutma tüneli bacası
3.2.	4 numaralı gözetleme penceresi	3.13.	Havalandırma klepesi
3.3.	4 numaralı soğutma tüneli davlumbazı	3.14.	Havalandırma damper motoru
3.4.	Soğutma tüneli ara bağlantı duvarı	3.15.	Evaporatör
3.5.	3 numaralı soğutma tüneli davlumbazı	3.16.	Hava soğutmalı kondenser
3.6.	3 numaralı soğutma tüneli bacası	3.17.	Kondenser fanı
3.7.	3 numaralı soğutma tüneli	3.18.	Hava soğutma radyatörü
3.8.	2 numaralı soğutma tüneli bacası	3.19.	Soğutma tüneli ana boru hattı
3.9.	2 numaralı soğutma tüneli davlumbazı	3.20.	Havalandırma santral
3.10.	2 numaralı soğutma tüneli	3.21.	Hepa Filtre
3.11.	1 numaralı soğutma tüneli		

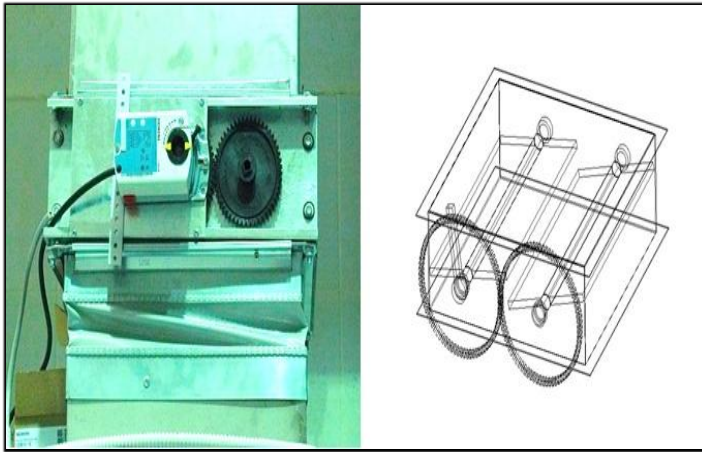
Soğutma sistemi, otomasyon kontrollü üretim bandının bir ünitesi olup sıcak helvanın paketlemeye hazır hale gelene kadar hat üzerinde sistematik ve kademeli bir

şekilde soğutulmasını sağlamaktadır. İlk soğutma, sıcak helvanın şekillendirme tamburundan (4.11), çıkıp malzeme yolluk kısmına girdiği noktada başlamakta ve soğutma tüneline sonuna kadar devam etmektedir.

Soğutma Tünel Bacası ve Havalandırma Hattı

Sistemde toplam 4 adet soğutma tünel bacası mevcuttur. Soğutma tünel bacalarının (3.1, 3.6, 3.8, 3.12), 1,2 mm kalınlığındaki 35x35 cm kesit ölçüsünde havalandırma kanalları krom-nikel alaşımlı AISI 304 paslanmaz çelik sacdan imal edilmiştir.

Tünel bacaları, her bir birleşme noktasında kendi kesit alanlarına eşit bir havalandırma dağıtım kanalına bağlıdır. Bu dağıtım kanalı ise soğutma tertibatından gelen havayı, havalandırma tünellerine dağıtmak ile görevlidir.



Şekil 3.22. Soğutma bacası damperi ve klapesi

Sistemde, Şekil 3.22’de gösterildiği gibi her bir havalandırma bacasından soğutma tüneline yollanan havanın debisini kontrol edip ayarlayan havalandırma klepeleri ve bu klepeleri hareket ettiren damper motoru bulunmaktadır.

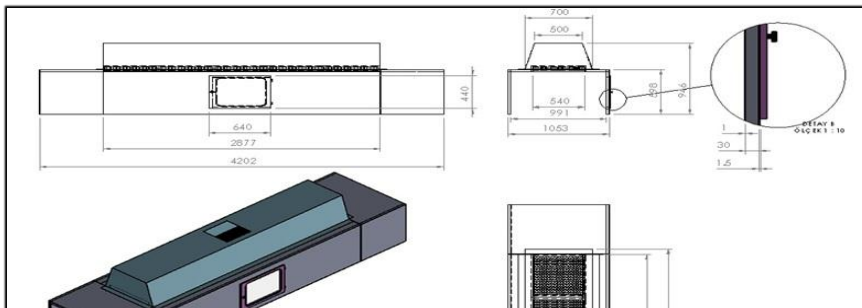


Şekil 3.23. Soğutma sistemi boru hatları ölçüleri

Ayrıca her bir hava bacasında hava hızını ölçen duyargalar mevcuttur. Bu duyargalar Şekil 3.23’de gösterilen bacalardan geçen hava hızlarını ve dolayısı ile soğutma tüneline yollanan hava miktarını ölçmek için kullanılmaktadır.

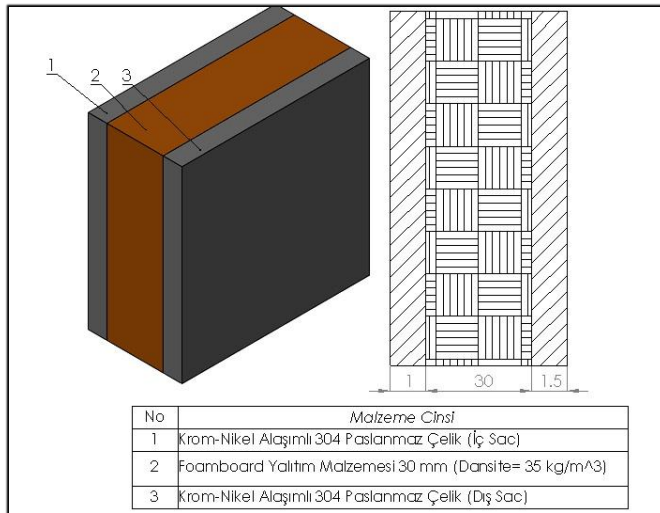
Soğutma Tüneli

Her bir soğutma tünel bacasının, soğutma tünelleri ile bağlantı noktasında ki havalandırma davlumbazları (3.3, 3.5, 3.9) 1,5 mm kalınlığında krom-nikel alaşımlı AISI 304 paslanmaz çelik sacdan imal edilmiştir. Havalandırma davlumbazlarının her birinde, sisteme giren havayı etkin biçimde filtre eden ve gıda maddesinde hijyen koşullarının korunmasını sağlayan 5 adet toplamda 20 adet hepa hava filtresi mevcuttur.



Şekil 3.24. Soğutma tünel modül ölçüleri

Hizmet alımı kapsamında imal edilen soğutma tünelleri, toplam 18 metre uzunluğunda olup 4 ana modül ve 6 ara modülden oluşmaktadır. Soğutma tüneli duvarı iç kısımda 1 mm kalınlığında krom -nikel alaşımlı AISI 304 paslanmaz çelik sac, orta kısmında 30 mm kalınlığında foamboard izolasyon malzemesi, dış kısmında ise 1,5 mm kalınlığında krom-nikel alaşımlı 304 paslanmaz çelik sac kullanılmıştır (Şekil 3.24). Soğutma tünelinde 5 adet 440x640 mm boyutlarında izleme penceresi (3.2) mevcuttur.

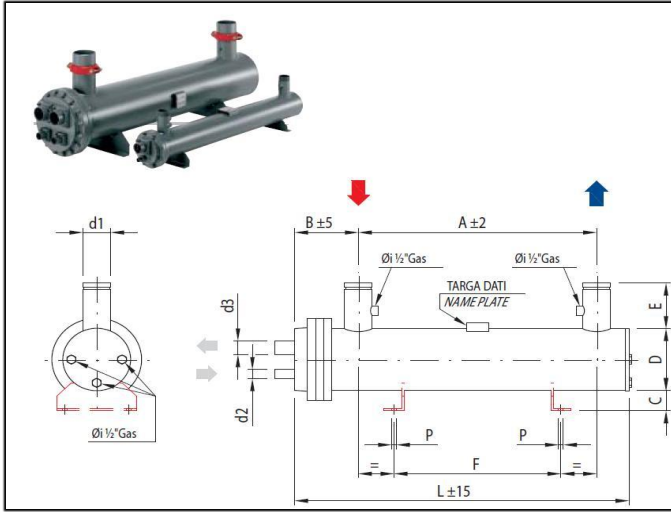


Şekil 3.25. Soğutma tüneli duvarı malzeme kesiti
Soğutma Grubu

Helva üretim bandındaki sıcak helvanın şoklama ve soğutma işleminin gerçekleştirilebilmesi için uygun görülen iklimlendirme şartlarını sağlayan sistemdir (Şekil 3.26).

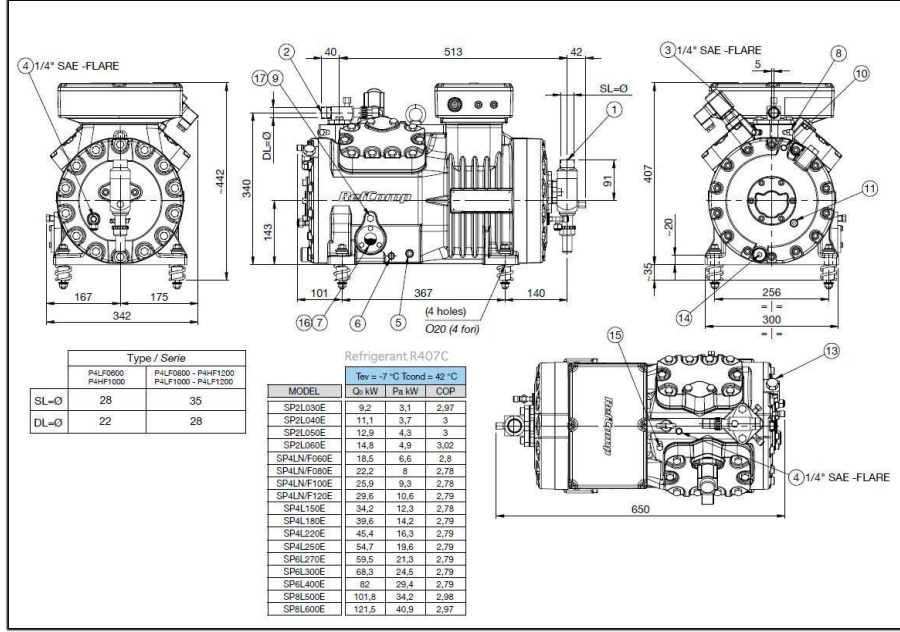


Şekil 3.26. Soğutma sistemi soğutma grubu



Şekil 3.27. Soğutma grubu evaporatörü [42]

Soğutma grubunda, thermo key evaporatörlü (Şekil 3.27), yarı hermetik kompresörlü (Şekil 3.28), Azak kondenserli Chiller soğutma sistemi ve bu sisteme bağlı Carrier marka havalandırma santrali mevcuttur. Sistem kapasitesi 600 pa, hava üfleme kapasitesi $16000 \text{ m}^3/\text{h}$ 'dır.



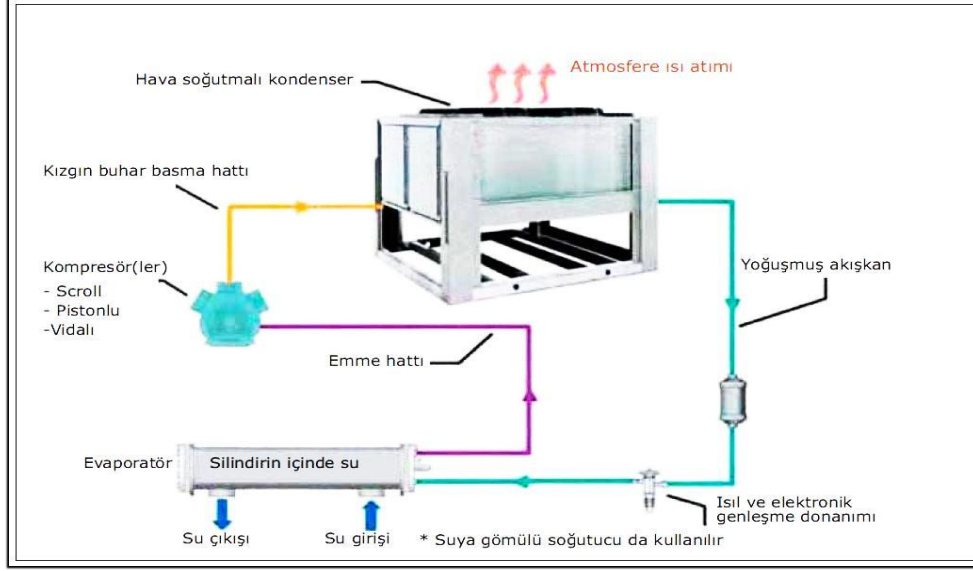
Şekil 3.28. Refcomp kompresör[43]

Bünyesinde 100000kcal/h kapasiteli soğutucu batarya, EU toz filtresi, torba filtresi olan, %100 dış hava ile çalışan havalandırma santrali kullanılmıştır ve gerekli tahrik gücü 7,5 kw lık bir elektrik motorundan almaktadır. Alarko Carrier marka havalandırma santralinde 2 adet 800 mm'lik fana sahip Azak kondanser bulunmaktadır. Soğutma sisteminde, sıvı haldeki akışkanda ısı emilimini yapmak için 407 C sıvı soğutucu kullanılmaktadır. Soğutma sisteminde ayrıca su soğutmalı Thermokey, Shell and Tube marka evoparatör bulunmaktadır. Batarya ve chiller sistem arasında sirkülasyon işini yapan 407 C gaz ile çalışan pistonlu Refcomp kompresör kullanılmaktadır (Şekil 3.28).

Chiller Hava Soğutma Sisteminin Çalışma Prensibi

Hava soğutmalı soğutma gruplarının soğutma çevriminde, su, evaporatöre girer ve evaporatörün içindeki devrede akmakta olan daha soğuk soğutucu akışkan ile soğutulur. Soğutulan su yine soğutma sürecinde kullanılmak üzere hava soğutma bataryalarına pompalanır. Evaporatörde ki soğutucu akışkan, daha sıcak olan geri dönüş suyunun ısınısını emer, buhara dönüşür ve son olarak evaporatörü kızgın buhar

olarak terk eder. Kızgın buhar halindeki soğutucu akışkan, kompresörün emme girişine girer. Kompresörde basınç ve sıcaklığı artırılarak soğutucu akışkan sıkıştırılır.

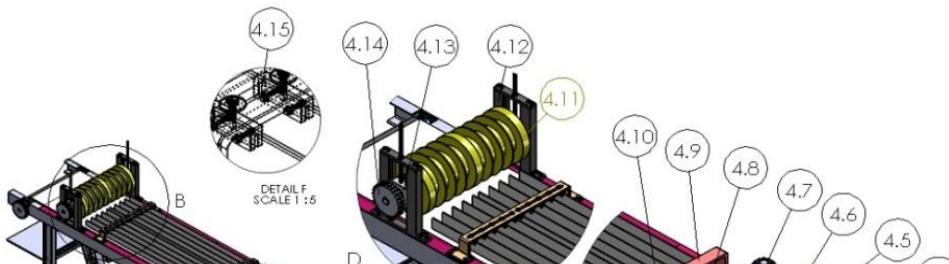


Şekil 3.29. Hava soğutmalı sistemin soğutma çevrimi[44]

Yüksek basınç ve sıcaklıkta ki soğutucu akışkan kompresörden çıkar ve basma hattından geçerek kondensere girer. Hava soğutmalı kondenser bataryasında iken, kızgın buhar kondenser tüpleri içinde yoğuşur ve kondenser fanları vasıtası ile kondenser bataryasına çekilen soğutucu dış havasına ısı verilir. Yoğuşmuş haldeki soğutucu akışkan daha sonra kondenserden çıkar ve genişleme vanasına girer. Soğutucu sıvı genişleme vanasından geçerken, basınç ve sıcaklığı soğutucu akışkanın bir bölümü buhara dönüşecek şekilde azalır. Genleşme vanası belli bir aşırı ısı değerini muhafaza etmek için buharlaşma miktarını kontrol eder ve böylece sıvının kompresör emiş hattına iletilmemesini sağlar. Genleşme vanasından çıkan soğutucu akışkan evaporatöre girer ve çevrim bu şekilde tekrarlanır [44]. Evaporatörden çıkan su, soğutma tüneline yollanacak olan havayı soğutmak için bataryaya yollanır.

3.2.4. Şekillendirme ve kesme tertibatı

Sistem Yapı Elemanları



Şekil 3.30. Şekillendirme ve kesme tertibatı yapı elemanları

Şekillendirme ve Kesme Tertibatı Yapı Elemanları			
4.1	Malzeme yolluk sacı	4.17	Giyotin üst direk ara yastığı
4.2	Malzeme yolluk sacı bağlantı ayağı	4.18	Giyotin bıçak yastığı
4.3	Giyotin bıçağı	4.19	Öteleme mili terazi yatağı(koza yatak)
4.4	Giyotin kızağı	4.20	Giyotin öteleme yatay kurs bilyası
4.5	Giyotin ayağı	4.21	Giyotin kurs mili
4.6	Giyotin üst profili	4.22	Giyotin ayak pabucu
4.7	Pnömatik dikey kesim pistonu	4.23	Giyotin öteleme kurs mili yatağı
4.8	Pnömatik yatay öteleme pistonu	4.24	Giyotin bıçak aparatı
4.9	Giyotin yatay piston ayağı	4.25	Giyotin kızak bağlantı kulağı
4.10	Giyotin yatay piston mafsalı	4.26	Dikey piston bağlantı çatalı
4.11	Şekillendirme tamburu	4.27	Yatay piston mili yatağı(koza yatak)
4.12	Şekillendirme tamburu ayağı	4.28	Yatay piston çatalı bağlantı aparatı
4.13	Şekillendirme tamburu yataklaması	4.29	Yatay piston çatalı
4.14	Şekillendirme tamburu tahrik dişlisi	4.30	Mil
4.15	Malzeme yolluk sacı bağlantı aparatı	4.31	Şekillendirme tamburu ayar vidası
4.16	Giyotin kızak rayı	4.32	Malzeme haznesi

Şekillendirme ve kesme tertibatı, yoğurma tertibatından ürün haznesine gelen yaklaşık 70 °C sıcaklığındaki helva karışımının önce istenilen olan genişlik ve kalınlık oranlarına getirip ebatlandırılması sonra şoklanan ürünü paketleme ölçülerine uygun şekilde kesilmesi işlemini gerçekleştirir.

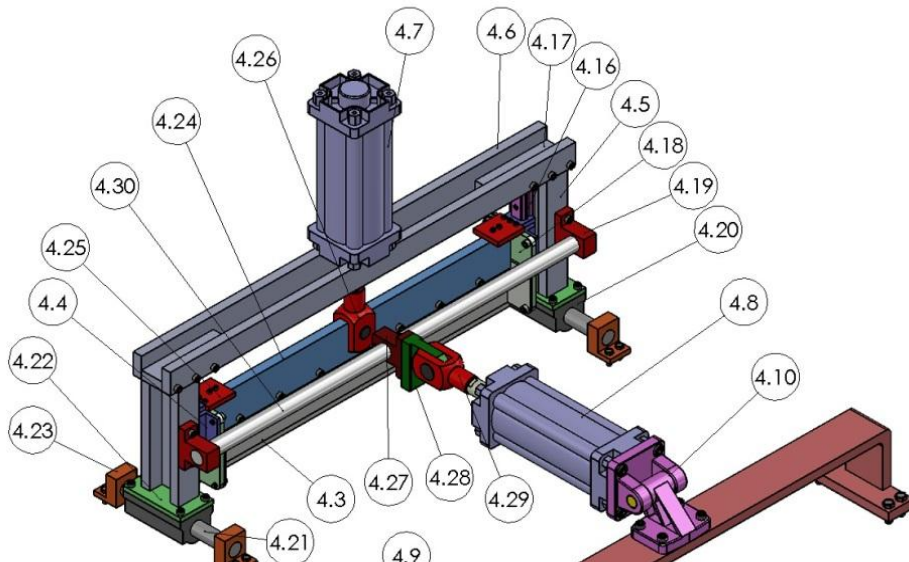
Giyotin Tertibatı



Şekil 3.31. Giyotin tertibatı montaj hali

Giyotin tertibatı birinci bant tertibatı ve ikinci bant tertibatını arasında konumlandırılmıştır. Giyotin tertibatı şekillendirme tamburunda çıkıp soğutulmaya başlanan ve ürün yolluk kanalları arasında gelen helvayı kesip 50 mm öteleyerek ikinci bant tertibatı yolluk kanallarına itme işini yapmaktadır.

Giyotin üst profili (4.6), giyotin üst direk ara yastığı (4.17), giyotin ayağı (4.5) birbirlerine cıvatalar ile monte edilerek ana şasi yapısı kurulmuştur. Öteleme hareketi yapacak olan giyotin yatay mil bağlantıları giyotin ayak pabucu (4.22), alüminyum AW-5005 (Al Mg1) serisi malzemeden imal edilmiş ve iç çapı 30 mm çapındaki kayar mil yatağı (4.20) ile ana şasi iskeleti arasında bağlantı yastığı görevi yapmaktadır.



Şekil 3.32. Giyotin tertibatı elemanları

Kayar mil yatağı, 30 mm çapında 200 mm uzunluğunda AISI 1055 karbon çeliğinden imal edilmiş olan giyotin kurs mili (4.21) üzerinde hareket etmektedir. Sıkı geçme olan giyotin kurs mili yatakları (4.23) AISI 316L paslanmaz çelik malzemeden imal edilmiştir. Giyotin gövde ana iskelet yapısı, hafif ve işlenmedeki kolaylığı nedeni ile alüminyum AW-5005 (Al Mg1) serisi malzemeden imal edilmiştir. Böylece yatay hareket yapan giyotin tertibatının düşük kütleye sahip olması ile öteleme hareketi yapan pnömatrik pistonu çalışma kolaylığı sağlamıştır.



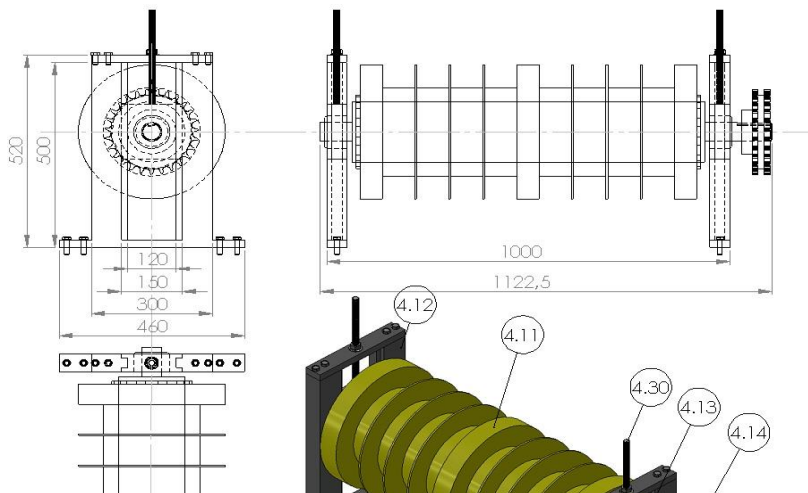
Şekil 3.33. Giyotin tertibatı imalat parçaları

Giyotin direği ara yastıklarına monte edilen giyotin kızak rayı (4.16), AISI 1055 karbon çeliğinden imal edilmiş olup giyotin kızıağı (4.4) ile beraber dışarıdan temin yolu ile tedarik edilmiştir. Giyotin kızıağı (4.4), giyotin bıçak yastığı (4.18) ve giyotin kızak bağlantı kulağı (4.25) vasıtası ile giyotin bıçağına bağlanmıştır. Giyotin bıçağı, krom-nikel alaşımlı AISI 316L paslanmaz çelikten imal edilmiştir ve kesimde giyotin etkisi için 773 mm uzunluğunda ki kesim kenarının iki ucu arasında 15 mm

eksen farkı bulunmaktadır. Kesim için gerekli hareketi sağlayan dikey kesim pistonu (4.7), piston bağlantı çatalı (4.26), alüminyum AW-5005 (Al Mg1) serisi malzemeden imal edilmiş olan giyotin bıçağı aparatı (4.24) ile giyotin bıçağına monte edilmiştir. Kesim sonrasında öteleme işlemi için yatay hareket sağlayan ana gövde ayaklarının (4.5) yanak kısımlarına alüminyum AW-5005 (Al Mg1) serisi malzemeden imal edilmiş olan 2 adet koza tip yataklar (4.19) monte edilmiştir. Yataklara, 30 mm çapında 950 mm uzunluğunda kurs mili (4.30) yataklandırılmıştır. Giyotin gövdesine yataklandırılmış mil (4.30), yatay öteleme pistonuna (4.8) koza yatak tip olan alüminyum AW-5005 (Al Mg1) serisi malzemeden imal edilen piston mil yatağı (4.27) ile yataklandırılmış ve piston bağlantısı, bağlantı aparatı (4.28) vasıtası ile yapılmıştır. Yatay öteleme pistonu (4.8) ise ana gövdeye, giyotin yatay piston ayağı (4.9) ve giyotin yatay piston mafsalı (4.10) vasıtası ile bağlanmıştır.

Şekillendirme Tamburu ve Yolluk Tertibatı

Hizmet alımı kapsamında imalatı gerçekleştirilen şekillendirme tamburu (4.11), birinci bant tertibatı giriş kısmında konumlandırılmıştır ve yaklaşık 70 °C sıcaklığındaki helvanın istenilen gramajlarının sağlanması için genişlik ve kalınlık (ebatlama) boyutlarına bu sistem tarafından getirilir. Karışım haznesinden, şekillendirme tamburunun kanallarına dolan helva bu kanallarda şekillenip aynı hızda bulunan malzeme yolluk saclarının (4.1) oluşturduğu kanallara geçmekte ve bant boyunca yol almaya devam etmektedir. Şekillendirme tamburu, farklı kalınlık ve genişlikte üretilecek helva kalıpları düşünülerek, sökölür takılır olarak tasarlanmış ve 4 farklı ölçüde üretilmiştir. Şekillendirme tamburu iç mili AISI 316 L paslanmaz çelikten işlenerek imal edilmiştir. Şekillendirme tamburu dış gömleği yani helvaya şekil veren kanal kısımları ise kestamid malzemeden oluşmaktadır.



Şekil 3.34. Şekillendirme tamburu tertibatı yapı elemanları ve ölçüleri

Kestamid malzemesi, gıda ile temas eden maddeler kapsamında incelendiğinde T.C. Resmi Gazetede 17.01.2009 tarihinde 27113 sayılı yayınında Türk Gıda Kodeksinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmeliğin 22. maddesine uygunluk göstermektedir. Bu durumun izahı aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

“Madde 22 – Gıda ile temas eden plastik esaslı madde ve malzemelerin kullanımı ile ilgili aşağıdaki esaslara uyulur.

a) Gıda maddeleriyle temasta bulunacak plastikler, yüksek molekül ağırlıklı polimerlerden oluşmalı ve gıda ile kimyasal etkileşime girmemelidir. Gıda ile temas eden madde ve malzemenin yapısında kalabilecek monomerlerin miktarı plastiklere ait teknik özelliklerde belirtilen kriterlere uygun olmalıdır.” [45].

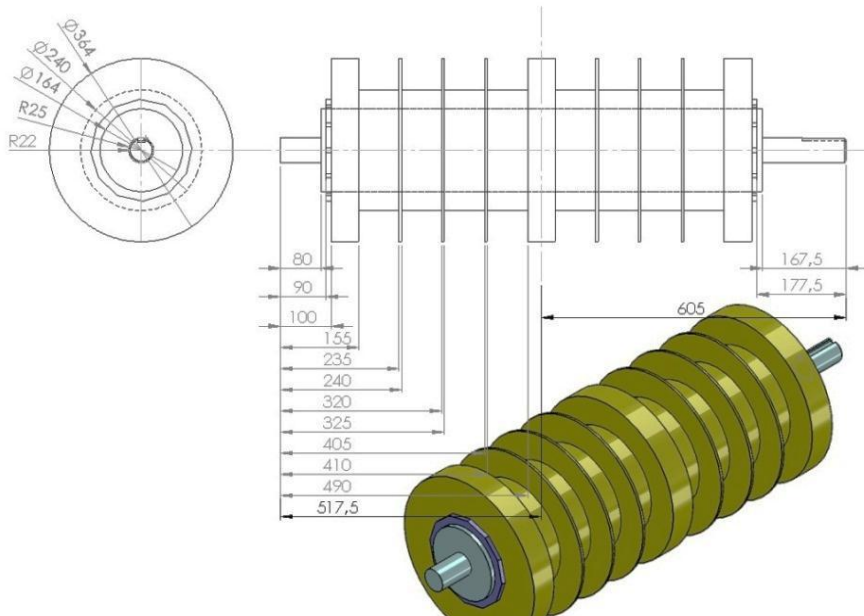
Yukarıdaki maddede talep edilen özellikler dikkate alındığında, yüksek molekül ağırlığı, kristalize yapısı ve çapraz bağlantıları nedeniyle, kestamid aşınmaya karşı dayanıklı sert bir plastiktir ve metaller ile sürtünerek çalışma durumunda dahi çok yüksek aşınma dayanımı göstermektedir.

“b) Gıda maddeleriyle temasta bulunacak plastiklere üretim sırasında katılan; plastikleştirici, antioksidan, stabilizör, emülgatör, parlaticı, katalizör gibi katkı maddelerinin miktarı, gıda maddesinin kalitesini değiştirmeyecek ve toksik bir etki yapmasına neden olmayacak düzeyde olmalıdır.” [45]. Kestamid malzemesinin

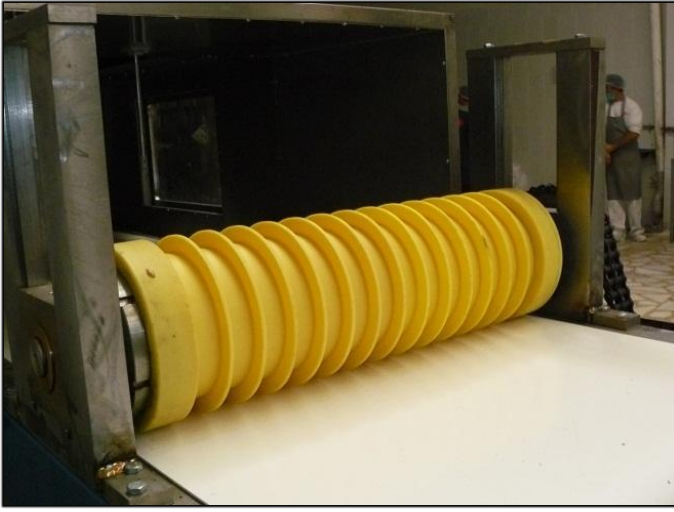
mekanik ve fiziksel özelliklerini geliştirmek için katkı maddeleri ile özel türleri üretilmektedir. Kestamid, metal ve ahşap atölyelerinde kolayca işlenebilir bununla birlikte kestamid iyi kimyasal dirence sahiptir.

“c) Gıda maddeleriyle temasta bulunacak plastik malzemeler ve ambalajlar gıda maddelerini absorbe etmemeli, gıdayı sızdırmamalı, tat, koku ve rengini değiştirmemeli, taşıma ve depolama şartlarının gerektirdiği fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olmalıdır.” [45]. Kestamid malzeme yüksek mekanik dayanım özelliğine sahiptir ve erime noktası sıcaklığı 220°C 'dir. Gıda ve ilaç endüstrisinde de kullanılan kestamid malzeme gıdaya sızmaz, boya bırakmaz ve gıda maddesini absorbe etmez.

“ğ) Gıda maddeleriyle temasta bulunacak plastik maddeler kolay kırılmayan, yırtılmayan ve şekil bozukluğuna uğramayan bir yapıda olmalıdır.” [45]. Kestamid; üstün mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikleri ile en yaygın olarak kullanılan mühendislik plastiklerinden biridir. Kestamid iyi darbe ve aşınma direncine ve yorulma dayanımına sahiptir. Kestamid malzemenin yüksek molekül ağırlığına, yüksek erime sıcaklığına sahip olması, kimyasallara ve mekanik aşınmaya karşı dirençli olması ve kolay işlenebilirliği sayesinde şekillendirme tamburu için uygun bulunmaktadır.



Şekil 3.35. Şekillendirme tambur ölçüleri (500 gr helva kalıbı için)

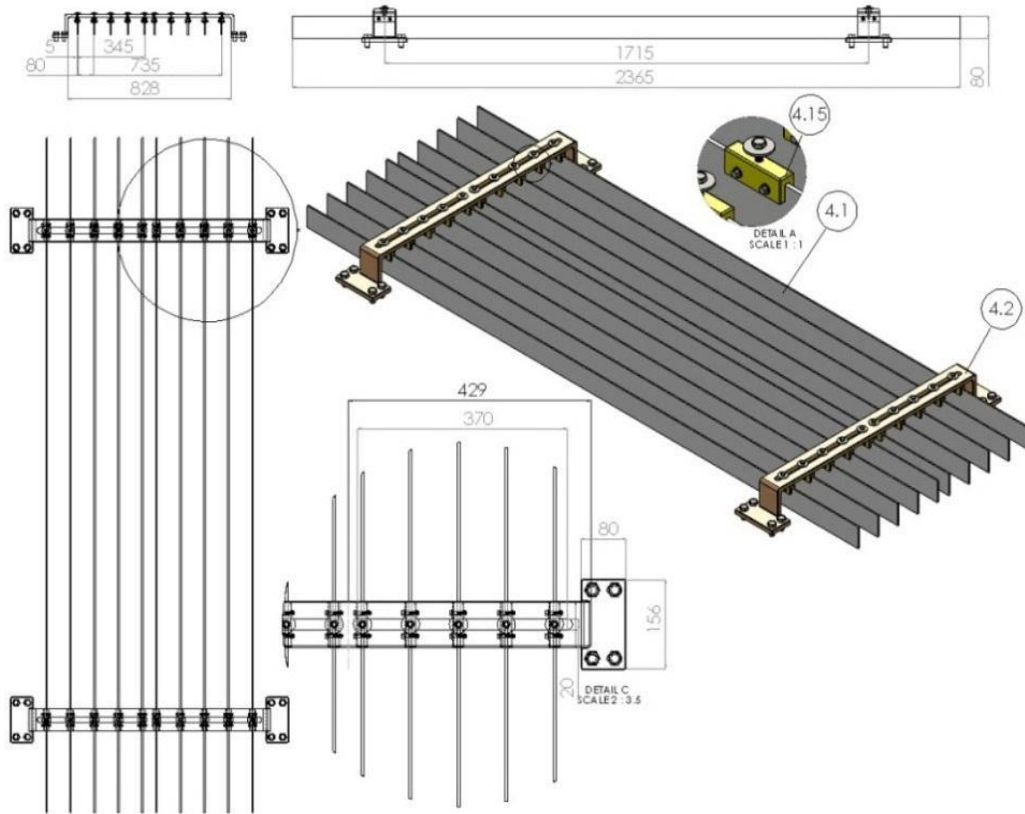


Şekil 3.36. Şekillendirme tamburu (80 gram helva kalıbı için)

Şekillendirme tamburu dış gömleği üç parça halinde tambur iç miline oturtulmuş ve sağlı sollu iki adet kilitleme bileziği ile mile sabitlenmiştir. Şekillendirme tamburu ayağı (4.11), dış gövdesi krom nikel alaşımlı AISI 316 paslanmaz çelikten imal edilmiştir ve ana şasiye M12'lik 4 adet cıvata ile monte edilmiştir. Şekillendirme tamburu muylu yatakları 50 mm iç çapa sahip bronz bileziklerden oluşmaktadır. Bu yataklarımların aksnel hizalaması üstün mil yatağına bağı olan hassas hizalama vidasının (4.30) ayarlanması ile olmaktadır. Şekillendirme tamburu, sırası ile 80, 500, 1000 gramlık üretimi yapılacak helva kalıpları için 3 farklı ölçüde imal edilmiştir.

Malzeme yolluk sacları, bağılantı aparatları ve sac bağılantı ayakları krom-nikel alaşımlı AISI 316L paslanmaz çelikten imal edilmiştir. Malzeme yolluk sacları (4.1), yolluk plaka bağılantı aparatı (4.15) aracılığı ile yolluk sac bağılantı ayağına (4.2) monte edilmişlerdir. Bağılantı ayağı (14) ise, ana şasiye her bir pabuçta bulunana

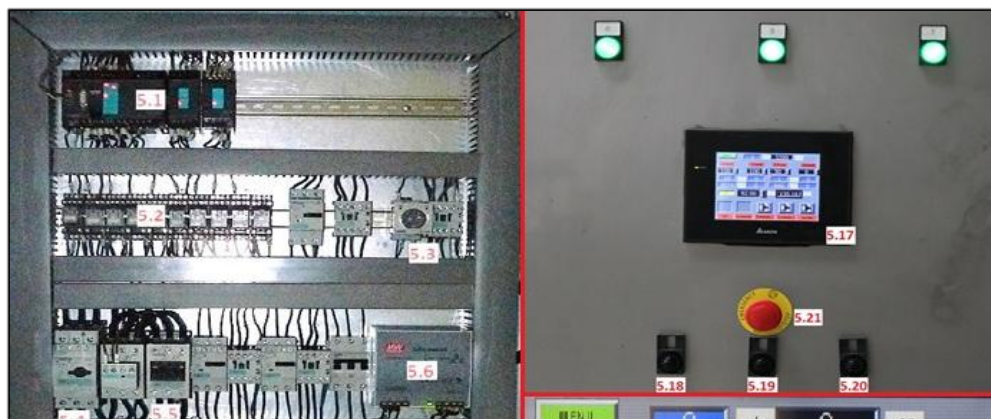
ikişer adet M 8 cıvata ile monte edilmiştir. Bu şekilde 10 adet malzeme yolluk sacı (4.1), 8 adet ürün kanalı oluşturacak şekilde yan yana monte edilmiştir. Yolluk plaka bağlantı ayağının (4.2) cıvata bağlantı delikleri kanal şeklinde açılmış olup, yolluk plaka bağlantı aparatının (4.15) yatay ekseninde hareket ederek kanal genişlik mesafesinin ayarlanmasına imkan tanımaktadır.



Şekil 3.37. Yolluk tertibatı modellemesi (500 gram helva kalıbı için)

3.2.5. Kontrol ve kumanda tertibatı

Kontrol ve Kumanda Tertibatı Yapı Elemanları



Şekil 3.38. Otomatik kontrolör panosu, potansiyometreler, acil stop butonu dokunmatik panel

Kontrol ve Kumanda Tertibatı Yapı Elemanları			
5.1.	PLC modülü	5.14.	Bağlantı klemensleri
5.2.	PLC röleleri	5.15.	PLC giriş çıkış klemensleri
5.3.	Zaman rölesi	5.16.	İzolasyon ve damper motor trafoları
5.4.	Motor koruma şalteri	5.17.	Dokunmatik Panel
5.5.	Kontaktör	5.18.	1. konveyör hız ayar potansiyometresi
5.6.	Pano güç kaynağı	5.19.	Fan hız ayar potansiyometresi
5.7.	Soğutma fanı hız kontrol reg.	5.20.	2. konveyör hız ayar potansiyometresi
5.8.	Faz dağıtım kutusu	5.21.	Acil kapatma butonu
5.9.	1. bant motor koruma şalteri	5.22.	Encoder
5.10.	2. bant motor koruma şalteri	5.23.	Hava Akış ve Sıcaklık Duyargası
5.11.	Fan koruma şalteri	5.24.	Damper Motoru
5.12.	1. Bant hız kontrol regülatörü	5.25.	Hava Fark Basınç Anahtarı
5.13.	2. Bant hız kontrol regülatörü		

Kontrolör ve kumanda tertibatı, tahin helvanın, bant üzerinde taşınması, şekillendirilmesi, kesilmesi ve soğutulması ile ilgili işlemleri kontrol ve kumanda eder. Kontrolör ve kumanda tertibatının yazılımı ve kurulumu, geliştirilen yeni üretim tekniğine uygun olarak hizmet alımı kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler esnasında, bünyesinde bulunan duyargalar vasıtası ile pek çok ve farklı fiziksel değeri ölçüp yorumlar. Bu yorumlar neticesinde, fan motoru, kompresör gibi soğutma grubu donanımı, üretim bandını ve şekillendirme tamburunu tahrik eden motor redüktör tertibatlarını, giyotin sistemini tahrik eden pnömatik pistonlarını kumanda eder. Sistem ayrıca kontrol ve kumanda verilerini okuma, istenilen ürün

çeşidine göre üretim ile ilgili parametreleri görsel ve dokunmatik panelden girme olanağını kullanıcıya sunmaktadır.

PLC Modülü

FATEK FBS serisi PLC, 24V DC güç girişine sahip, maksimum artırılabilir 512 dijital I/O girişi aynı zamanda artırılabilir 64 analog giriş ve 64 analog çıkışı bulunmaktadır.



Şekil 3.39. PLC modülü

Güç Kaynağı

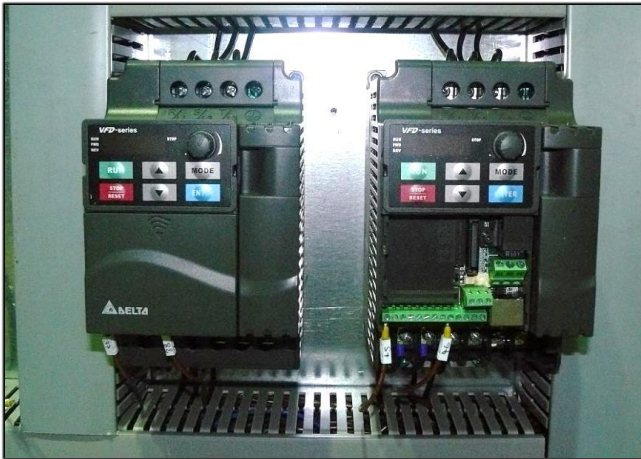
Güç kaynağı, 10 amperlik anma akımı, 240 watt nominal güç değerlerine sahiptir. Giriş verileri ise 340-550 Vac voltaj aralığına ve 47-63 Hz frekans aralığına sahiptir.



Şekil 3.40. Pano güç kaynağı

Bant Hız Kontrol İnvantörleri

Delta VDF serisi hız kontrol cihazları 50 Hz, 1410 dev/dk kapasitesindeki iki adet elektrik tahrik motoruna komut etmektedir. Yeni nesil hız kontrol cihazı olarak tanımlanan bu cihaz 0,1-600 Hz çıkış frekans aralığına ve PID kontrolüne sahiptir.



Şekil 3.41. Birinci ve ikinci hız kontrol regülatörü

Hız Kontrol Regülatörü

Enda E 250 tip hız kontrol cihazı, üretim bandı hava soğutma Chiller grubundan soğutma tüneline hava yollayan fan motoruna komut etmektedir. Besleme gerilim değeri 380~480 V ve çıkış frekansı 0.01~400 Hz değer aralığına sahiptir. Nominal çıkış akımı 50/60 Hz olan hız kontrol cihazı beraber çalıştığı fan motoru ile üst sınır değeri olarak uyum göstermektedir.



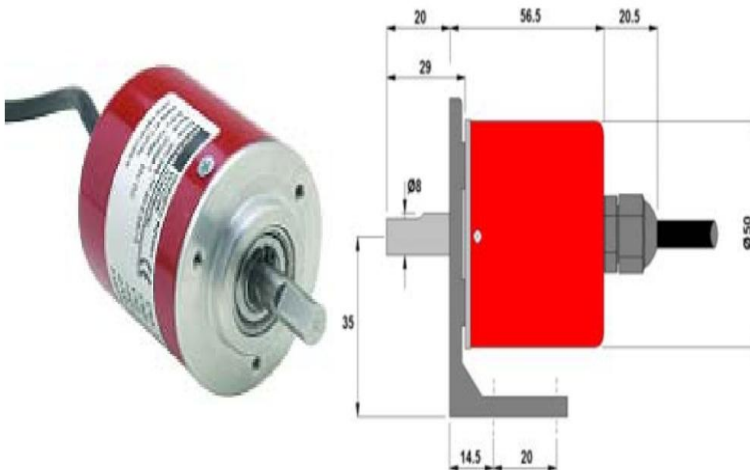
Şekil 3.42. Soğutma sistemi hava üfleme fanı hız inventörü

Denetleme ve Kumanda Duyargaları

Hava basıncı, hava akışı, motor hızı, soğutma sistemi su sıcaklığı, soğutma sistemi motor yağ basıncı, sistem besleme gerilimler, klape konum açısı gibi nicel ve nitel değerleri PLC girişlerine yollayan duyargalar sistemde mevcuttur.

Encoder

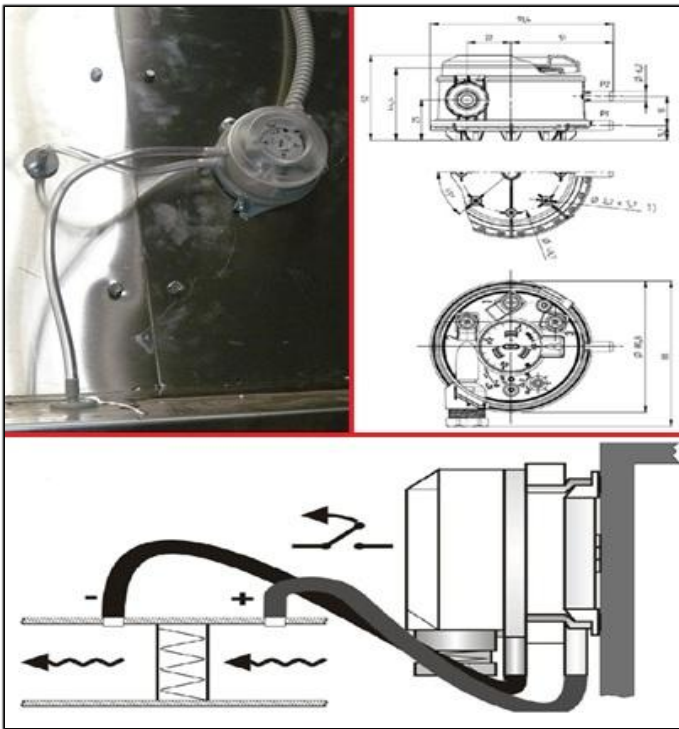
Sayım için gerekli dönüş hareketini 1 numaralı bant konveyörü tahrik motoru milinden almaktadır. Encoder, bağlı olduğu milin hareketine karşılık sayısal (dijital) elektrik sinyalleri oluşturan elektromanyetik bir cihazdır. Giyotin tertibatının kesim işlemi yapmasında kullanılan mesafe ve konum bilgileri, encoderdan çıkan artımsal darbe sinyalleri tarafından belirlenmektedir ve PLC'nin ürettiği 30 kHz'lik sinyalleri sayabilmektedir.



Şekil 3.43. Encoder

Hava Fark Basınç Anahtarı

Fark basınç anahtarı, her bir soğutma tüneli davlumbazı içinde bulunan ve soğutma tüneline giren havayı filtre eden hepa fitrelerin tıkanıklık kontrolünü yapmaktadır.



Şekil 3.44. Hava fark basınç anahtarı

Anahtardan çıkan iki adet hava hortumu basınç farkının ölçülmesi istenilen kanallara Şekil 3.44’de gösterildiği gibi monte edilmektedir. Fark basınç anahtarı anahtarlama değer aralığı 50-500 Pa olup üst anahtarlama değeri 200 pa olarak ayarlanmıştır.

Hava Akış ve Sıcaklık Sensörü

AVT serisi dijital ısı ve hava akış duyargası (-20) ~85 °C sıcaklık çalışma aralığına ve 0,5~20 m/s hava ölçüm aralığına sahiptir.



Şekil 3.45. Hava akış ve sıcaklık duyargası

Hava akış ve sıcaklık duyargası, ana hava soğutma kanalında ve her bir hava soğutma bacasının alt kısımlarında bulunmaktadır. Soğutma bacalarında bulunan duyargalar, soğutma tüneline üflenene hava miktarını ve ana boru hattındaki hava miktarı ile sıcaklık değeriinin tespiti için kullanılmaktadır.

Damper Motoru

Damper motoru, her bir hava soğutma bacasının, soğutma tüneli giriş kısımlarında ki hava akış klapelerine konumlandırılmıştır. Soğutma tüneline, soğutma grubu tarafından yollanan hava debisinin uygun değeriilere getirilmesinde ve sabit tutulmasında kullanılmaktadır.



Şekil 3.46. Damper motoru

3.2.6. Helva üretim hattı çalışma düzeneğinin belirlenmesinde kullanılan hareket modellemeleri

Üretim bandı üzerindeki mekanik ve dijital donanımların işlevlerini yerine getirebilmeleri için, PLC ye gelen dijital ve analog sinyallerin işlenip, yorumlanıp, son olarak analog ve dijital sinyal olarak Çizelge 3.3'deki gibi sürücü ve düzenleyicilere iletilmektedir.

Giriş sinyalleri, sistemin çalışabilmesi için uygun şartların belirlenmesinin yanı sıra, başlangıç aşamasında işlevselliği engelleyecek arızalarında tespitini sağlamaktadır. Bu kontrol sinyallerinin görev tanımlamaları, hareket modellemeleri kısmında izah edilmektedir. Tahrik elemanları, aktuatörler ve sürücüler baz alınarak sınıflandırıldığında helva üretim hattı çalışma düzeneğini, üç farklı hareket modellemesi kullanarak izah edilmektedir.

- Ürün taşıma bandı hareket modellemesi
- Soğutma sistemi hareket modellemesi
- Giyotin sistemi hareket modellemesi olarak sınıflandırılabilirler.

Çizelge 3.3 PLC' nin analog ve dijital giriş-çıkış adresleri ve çalıştırma komutları

No	Analog Giriş	No	Analog Çıkış	Çalıştırma Komutu
1	Ana boru hattında hava akısı ve sıcaklığı ölçüm değeri	1	Fan motoru hız kontrolü	0-10 Volt arasına skale edildi

(1 Numaralı Hava Akış ve Sıcaklık Duyargası)		(Enda E 250 Hız İnvantörü)	
2	1. Soğutma bacasındaki hava akısı	2	1. Soğutma bacası hava klape aralığı
(2 Numaralı Hava Akış ve Sıcaklık Duyargası)		(1 Numaralı Damper Motoru)	
3	2. Soğutma bacasındaki hava akısı	3	2. Soğutma bacası hava klape aralığı
(3 Numaralı Hava Akış ve Sıcaklık Duyargası)		(2 Numaralı Damper Motoru)	
4	3. Soğutma bacasındaki hava akısı	4	3. Soğutma bacası hava klape aralığı
(4 Numaralı Hava Akış ve Sıcaklık Duyargası)		(3 Numaralı Damper Motoru)	
5	4. Soğutma bacasındaki hava akısı	5	4. Soğutma bacası hava klape aralığı
(5 Numaralı Hava Akış ve Sıcaklık Duyargası)		(4 Numaralı Damper Motoru)	
No	Dijital Giriş	No	Dijital Çıkış
1	1. Soğutma bacasında ki hava fark basınç değeri	6	1. Konvör tahrik motoru hızı
(1 Numaralı Hava Fark Basınç Duyargası)		(Delta VDF Hız İnvantörü)	
2	Kompresör bobininde oluşan ısı değeri	7	2. Konvör tahrik motoru hızı
(Kompresör Isı Termiği)		(Delta VDF Hız İnvantörü)	
3	2. Soğutma bacasında ki hava fark basınç değeri	Çalıştırma Komutu	
(2 Numaralı Hava Fark Basınç Duyargası)		1	1. Konveyör tahrik motoru
4	3. Soğutma bacasındaki hava fark basınç değeri	2	2. Konveyör tahrik motoru
(3 Numaralı Hava Fark Basınç Duyargası)		3	Fan motor inventörü
5	3. Soğutma bacasındaki hava fark basınç değeri	4	Kesme bıçağı
(3 Numaralı Hava Fark Basınç Duyargası)		5	Öteleme bıçağı
6	4. Soğutma bacasındaki hava fark basınç değeri	6	Chiller soğutma grubu
(4 Numaralı Hava Fark Basınç Duyargası)		7	Kompresör
7	Evoparatör gaz basınç alt değeri (Alçak Basınç Valfi)	8	Fan motoru
8	Evoparatör gaz basınç üst değeri (Yüksek Basınç Valfi)		
9	Kompresör yağ basınç değeri (Yağ Basınç Müşiri)		
10	Gerilim dengesizliği ve aşırı ısınma durumu		
(Motor Koruma Şalteri)			
11	Gaz basıncı ölçüm değeri (Fan prosestan)		

Sisteme, çalışma başlangıcında, Çizelge 3.4’de görüldüğü üzere üretilecek ürüne uygun set değerleri dokunmatik panel ve hız potansiyometreleri ile girilmektedir.

Çizelge 3.4 Kullanıcı tarafından belirlenen ve otomatik kontrolöre girilen değerler.

No	Girilecek Değerler	Değer Giriş Cihazı	Birim
1	Her bir baca klapesinin açıklık değeri	Dokunmatik panel 2. satır	X ⁰
2	Soğutma grubu fan motor çalışma aralığı	Potansiyometre 5.19	Herz
3	Dilimleme ebatları	Dokunmatik panel 5. satır	mm
4	Ürün taşıma bantları hızı	Potansiyometre 5.18 ve 5.20	Herz

Girilen set değerlerinin ardından, pano ve dokunmatik panel üzerinde bulunan ve otomasyon sistemini aktif hale getiren anahtar, şalterler ve butonlar devreye alınmaktadır. Sistemi aktif hale getiren anahtar, şalter ve butonlar Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5 Otomasyon sistemi şalter ve anahtarları

Şalterler ve Anahtarlar	
<i>m0</i>	Fan start
<i>m1</i>	Sirkilasyon pompası
<i>m2</i>	1. konveyör start
<i>m3</i>	2. konveyör start
<i>m4</i>	Kesme start
<i>m5</i>	Ölçü ok
<i>m6</i>	Kesme ok
<i>m7</i>	Kesme ok
<i>D200</i>	Piston set

Çizelge 3.5’de verilen anahtar, şalter ve butonların devreye alınması ile Çizelge 3.6 da verilen PLC giriş birimleri ve PLC yazılımındaki komut düzeneğine göre belirlenen bir sırayla çıkış birimleri enerjilendirilir.

Çizelge 3.6 PLC giriş-çıkış birimleri

PLC Modülü Giriş Çıkış Birimleri				
Giriş Birimleri			Çıkış Birimleri	
No	Bağlantı Adresi	Algılayıcılar	Bağlantı Adresi	Algılayıcılar
1	x0	Encoder A	y0	Fan
2	x1	Encoder B	y1	Kompresor
3	x2	Fan presostan	y2	1. kompersör fanı
4	x3	Hava akış ve sıcaklık duyargası	y3	2. kompersör fanı
5	x4	1. baca fark basınç anahtarı	y4	Sirkilasyon pompası
6	x5	2. baca fark basınç anahtarı	y5	1. konveyör tahriki
7	x6	3. baca fark basınç anahtarı	y6	2. konveyör tahriki
8	x7	4. baca fark basınç anahtarı	y7	Kesme valfi
9	x8	Boş	y8	Öteleme valfi
10	x9	Alcak basınç valfi		

11	x10	Yüksek basınç valfi
12	x11	Motor koruma şalteri
13	x12	Yağ basınç
14	x13	Kompresör Isı Termiği

Dokunmatik panel üzerinde, helvayı şekillendirmek, kesmek, soğutma bandına komut etmek ve veri girmek için gerekli buton ve ara yüzlerin olmasının yanında sistemin çalışması ile ilgili pek çok bilgiye de ulaşılmaktadır. Şekil 3.47’de görüldüğü üzere ilk satırda, soğutma tüneline yollanan toplam havanın ana boru hattında ölçülen hızı ve hacimsel debisi verilmektedir. İkinci satırda, soğutma tüneline bağlı her bir soğutma bacasının klape açıklık miktarları, üçüncü satırda bu bacalardaki hava hızı, dördüncü satırda ise hacimsel hava debileri verilmektedir. Beşinci satırda, kalıp sütun halinde gelen tahin helvanın boylamasına uzunlamasına kesim mesafesi belirtilmektedir. Son satırda ise fan, kompresör, konveyör ve giyotin tertibatlarının açıp kapama butonları bulunmaktadır. Soğutma tüneline üfletilen havanın sıcaklık değeri, fan hızı ayar potansiyometresine bağlıdır. Soğutma suyu sıcaklık değeri fan motorlarının çalışma frekansları ile belirlenmekte ve bir hava sıcaklık ölçer ile gözlenmektedir. Sisteme üfletilen hava hızını potansiyometre ile artırmak aynı havanın sıcaklık değerinin de düşmesini sağlamaktadır.



Şekil 3.47. Dokunmatik panel

Ürün Taşıma Bandı Hareket Modellemesi

Ürün taşıma bandı hareket modellemesi, iki adet bant konveyörü ve bunları tahrik eden 2 adet 1.5 kW gücünde 50 Hz elektrik motorunu ihtiva etmektedir. Motorların biri, birinci bant tertibatını diğeri ise ikinci bant tertibatını tahrik etmektedir. Panelde bulunan iki adet potansiyometre, 0-50 Hz frekans çalışma aralığına sahip hız invertörlerinin tahrik frekans aralığını belirlemektedir. Böylece birinci ve ikinci bant tertibatları birbirinden farklı hız değerlerine de ayarlanabilmektedir.

Tambur Bant Hızı ve Ürünün Bantta Kalma Süresinin Hesabı

Birinci ve ikinci bant tamburları, uygun çalışma koşulları altında elde edilen test verilerine göre tahrik devri set değeri $4,45 \frac{\text{dev}}{\text{dk}}$ olarak kabul edilmektedir. Birinci bant tertibatı, tamburları arasında ki mesafe $L_1=5610 \text{ mm}$, ikinci bant tertibatı, tamburlar arası mesafe ise $L_2=11527 \text{ mm}$ dir. Birim zamanda ki tambur turu miktarı yani frekansı (3.1), daha sonra tur periyodu (3.2) bulunmaktadır.

$$f = \frac{4,45}{60} = 0,0742 \frac{1}{s} \quad (3.1)$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,0742} = 13,477 \text{ s} \quad (3.2)$$

Helva, üretim hattının başından sonuna kadar $0,0373 \text{ m/s}$ (3.3) çizgisel bant hızında, iki bant tertibatı için ürünün bantta kalma süreleri $t_{1b}=150,39 \text{ s}$ ve $t_{2b}= 309,021 \text{ s}$ (3.4, 3.5) ve toplam $t_{\text{top}}=459,41 \text{ s}$ (3.6) olarak hesaplanmaktadır.

$$V_{\text{bant}} = \frac{\pi \cdot D}{T} = \frac{\pi \cdot 160}{13,477} = 37,297 \frac{\text{mm}}{\text{s}} = 0,0373 \text{ m/s} \quad (3.3)$$

$$t_{1b} = \frac{L_1}{V_{\text{bant}}} = \frac{5610}{37,297} = 150,39 \text{ s} \quad (3.4)$$

$$t_{2b} = \frac{L_2}{V_{bant}} = \frac{11527}{37,297} = 309,021 \text{ s} \quad (3.5)$$

$$t_{top} = t_{1b} + t_{2b} = 150,39 + 309,021 = 459,41 \text{ s} \quad (3.6)$$

Soğutma Sistemi Hareket Modellemesi

Soğutma sisteminin çalışmasında, PLC soğutma grubu devrelerinden gelen sinyal değerlerini yorumlamaktadır. Yorumlanan sinyal değerleri sonucunda bir aksaklık tespit edilirse sistem hata mesajı verir. Ayrıca soğutma sistemi bünyesinde bulunan sınır değer devreleri, anormal değerler tespit edildiği zaman otomatik kontrolörden bağımsız olarak devreyi keserek sistemi emniyete almaktadırlar. Sınır emniyet devreleri aşağıda maddeler halinde verilmektedir.

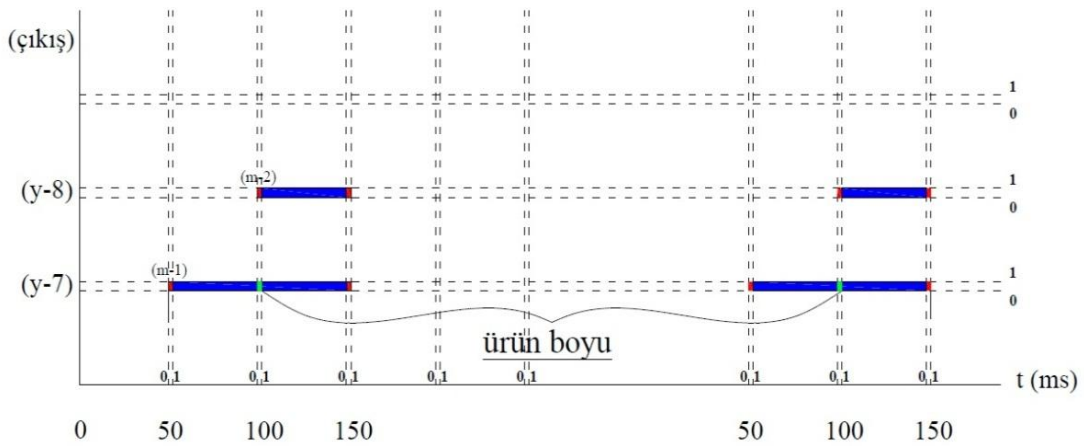
- a) Alçak Basınç Devresi: Evoparatör sisteminde suyun soğutulmasında kullanılan 407 C gazının alt basınç değerini kontrol etmektedir. Sistemdeki gaz basıncı 1,5 bar seviyesine indiğinde devreyi kesmekte, gaz basıncı 4 bar seviyesini gördüğünde ise sisteme enerji vermektedir. Sistemde gaz basıncı düşmesi, drayer tıkanığında ve selenoid vana arızası gibi durumlarda nüksetmektedir.
- b) Yüksek Basınç Devresi: Kondenser gaz basınç üst değerlerini kontrol etmektedir. Kondenser de ölçülen gaz basınç değeri 23 bar seviyesini gördüğü zaman devreyi kesmekte ve 19 bar alt değerini gördüğünde ise devreye enerji vermektedir
- c) Yağ Basınç Müşiri: Kompresör karterinde devir daim eden yağ basıncını kontrol etmekte ve yağ basıncı düştüğü durumlarda arıza sinyali vermektedir. Bu durum, pompa arızası ve krank yağ kanallarının tıkalı olması ile nüksetmektedir.
- d) Kompresör Isı Termiği: Kompresör bobininde aşırı ısı artışı durumunda devreyi kesmektedir.
- e) Fan Prosestan: Evoparatörde, soğutucu akışkanın buhar formatında kompresöre girmesi ve kompresörün çalışmaya başlaması ile beraber hava soğutmalı kondenserin 1 numaralı fanının devreye girmesi sağlanmaktadır. Soğutma sisteminin

daha üst kapasitede çalışma ihtiyacı kondenserdeki gaz basıncının artmasına yol açmaktadır ve bu durum 2 numaralı kondenser fanının devreye girmesini sağlamaktadır. Fan prosetan, gaz basıncının 16 bar'a ulaştığı noktada 2 numaralı fanı enerjilendirmekte ve 13 bar seviyesinde ise devreyi keserek fan çalışmasını durdurmaktadır.

Soğutma tüneline gerçekleştirilen soğutma işlemi için her bir bacadaki klape açıklığı dokunmatik panel üzerinden manuel olarak girilmekte ve her bir bacada ki hava akışı sistemden takip edilmektedir. Analog çıkış olarak bu işlem gerçekleştirildiğinde, PLC sırası ile fan motor inventörünü, fan motorunu, Chiller soğutma grubunu ve kompresörü enerjilendirmekte böylece soğutma sistemi çalıştırılmaktadır.

Giyotin Sistemi Hareket Modellemesi

Hareket modellemesinde, tambur set devri 4,45 dev/dk olarak kabul edilmiş ve bant çizgisel hızı 0,0373 m/s (3.3) olarak bulunmuştur. Banttaki ürün hareket başlangıç noktası ile giyotin bıçağı kesim noktası arasındaki mesafe $L_3 = 5326,7$ mm'dir. Bu mesafe süresince encoder'dan 1058 adet dijital darbe sinyalleri gelmektedir.



Şekil 3.48. Giyotin tertibatı çıkış/ zaman diyagramı

Encoder'dan gelen bu dijital sinyaller, hesaplanan kesim ve öteleme zamanlarında sürücülere hareket verebilmek için hafıza etiketleri (m_x) olarak işaretlenmektedirler. Yazılmış olan PLC kesme ve öteleme programında, sayıcı (counter), belirlenen sinyal miktarların saymakta ve verilen komuta göre hafıza etiketlerini, giyotin pistonlarının enerjilendirilmesinde ve bu sürenin uzunluğunun tayininde kullanılmaktadır. Şekil 3.48'de y-7 olarak gösterilen çıkış kesim işini yapan pnömatik pistona, y-8 ile gösterilen çıkış ise öteleme işini yapan pnömatik pistona aittir. Bıçak dikey ekseninde 50 milisaniye sürede inmekte ve tekrar başlangıç konumuna 50 milisaniyelik sürede tekrar dönmektedir. Öteleme hareketi ise bıçak indikten sonra tekrar çıkması ile beraber başlayıp, 50 milisaniye sürmekte ve 50 mm mesafe kat etmektedir.

Genel Bir Çalışma Tanımı

Yoğurma tertibatından gelen yaklaşık 80°C sıcaklığındaki tahin helva malzemesi haznenin içine dolmaktadır. Şekillendirme tamburu (4.11), 2 numaralı şanzıman çıkış dişlisi (2.18) zincir tahriki ile dönmektedir. Ortalama 4,45 dev/dk ile dönen tamburunun (4.11) üzerindeki şekillendirme kanallarına dolan hamurumsu yapıdaki sıcak helva, dönme etkisi altında tamburun öteki tarafına yani malzeme yolluk saclarının (4.1) yan yana gelerek oluşturduğu kanallara istenilen en ve yükseklik değerlerine gelmiş şekilde geçmektedir. Öngörülen genişlik ve yükseklikte taşıma kanallarını doldurulan ürün, birinci bant tertibatı üzerinde ortalama 0,037 m/s çizgisel hız ile giyotin bıçağı (4.3) kesim hizasına kadar 143 saniyelik bir sürede taşınmaktadır. Bu esnada ürünün şekillendirme tamburundan çıktığı noktadan giyotin bıçağı hizasına geldiği noktaya kadar olan 5326,7 milimetrelilik mesafede, soğutma sistemi 1 numaralı bacası (3.12) ortalama 0,676 m/s akış hızı, 4000 m³/h lık hacimsel debi ve 8 °C sıcaklık değerine sahip havayı 1 numaralı şoklama tüneline üfleemektedir. Kesim hizasına gelen ürün, PLC'nin kesim pistonunu (4.7) ve öteleme pistonunu (4.8) enerjilendirmesiyle kesilmekte ve daha sonra 50 milimetrelilik bir öteleme işlemi ile ikinci bant tertibatına doğru hareketine devam etmektedir. İkinci bant tertibatına geçen ürün, 2 (3.8), 3 (3.6) ve 4 (3.1) numaralı soğutma bacalarından üflenen toplam 15500-16000 m³/h hacimsel debiye sahip ve 8 °C deki hava ile

kademeli olarak soğutulmaya devam etmektedir. Helva kalıpları 11300 mm boyunca 303 saniye süresince sırası ile 2, 3, ve 4 numaralı bacalardan $4000 \text{ m}^3/\text{h}$ hacimsel hava debisi ile kademeli olarak normalleştirme sıcaklığına getirilmekte ve ürün bant sonunda ortalama 35°C ’lik bir merkez sıcaklık değerine düşürülmektedir. Şekil 3.49’da tahin helva üretim fotoğrafları görülmektedir.



Şekil 3.49. Tahin helva üretimi

Sol üst köşede karışım haznesinde sıcak tahin helva karışımı görülmektedir. Sağ üst köşede ise bant üzerinde malzeme haznesine doldurulmuş tahin helva görülmektedir. Sol alt köşede şekillendirme tamburundan çıkmış, yükseklik ve genişlik ölçülerine getirilmiş ve soğutulmaya başlanan tahin helvalar görülmektedir. Son olarak sağ alt köşede ise giyotin tertibatında kesilerek kalıp şeklini almış tahin helvalar görülmektedir. Şekil 3.50’de tahin helva üretim bandının üretim tesisine kurulmuş hali görülmektedir.



Şekil 3.50. Helva karıştırma yoğurma şekillendirme ve soğutma bandı prototipi genel görünümü

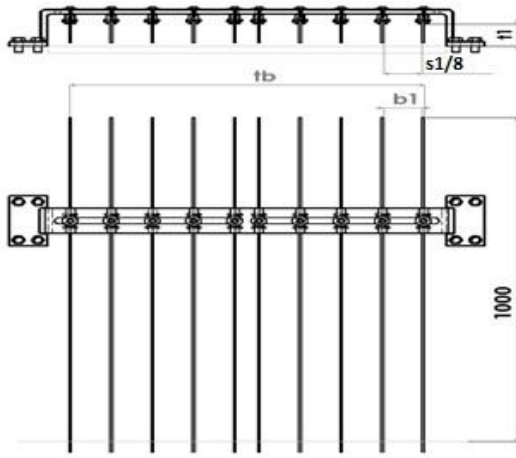
3.3. Helva Üretim Bandı Üzerinde Mekanik-Fiziksel Hesaplamalar ve Analizler

3.3.1. Bant tambur hesaplamaları

Hesaplamalarda izlenilen yol, yüklü konveyör bandının işletilebilmesi için gerekli görülen çalışma şartlarının karşılanabilmesine dayanmaktadır. Teorik olarak hesaplanan veriler daha sonra test dokümantasyon çalışmasında mevcut elde edilen veriler ile kıyaslanmakta ve gerekli görülen düzenlemeler yeniden yapılmaktadır.

3.3.2. Bant iş gücü hesabı

Bant iş gücü hesabında, üretim bandının, eğimsiz düz bir zeminde tam yük altında çalışması temel alınmıştır. Sistemde hesaplanan iş gücü, üretim bandı üzerindeki en yüksek yük miktarı olan ve 8 adet şekillendirme kanallında taşınan 500 gramlık helva kalıpları üzerinden yapılmıştır. Çalışma koşulları ile ilgili test verilerinde ortalama bant tambur devri (n_t) 4,45 dev/dk olarak belirlenmiştir fakat bant iş gücü hesabında bant tambur devri, hız invertörünün tahin helva üretimi için en yüksek çalışma frekansına denk gelen $n_{t(max)} = 25$ dev/dk'lık bant tambur devri olarak kabul edilmiş böylece maksimum kapasiteye göre iş gücü hesaplaması yapılmıştır.



Şekil 3.51. Ürün yolluk kanalları

Hesaplama için elde edilen veriler

$$t_b = 0,84 \text{ m}$$

$$n_{t(\max)} = 25 \text{ dev/dk}$$

$$\rho_m = 14,39 \cdot 10^{-4} \text{ gr/mm}^3$$

$$d_t = 160 \text{ mm}$$

$$b_1 = 80 \text{ mm}$$

$$t_1 = 60 \text{ mm}$$

$$s_1 = 8$$

$$V_b = \frac{d_t \cdot \pi \cdot n_t}{60 \cdot 1000} \quad V_b = \frac{160 \cdot \pi \cdot 25}{60 \cdot 1000} \quad V_b = 0,209 \text{ m/s} \quad (3.7)$$

Bant üzerinde mevcut malzeme ağırlığını bulmak için malzemeye şeklini veren şekillendirme tamburu kanal ölçüleri kullanılmıştır. Bir metre uzunluğunda ki bantta bulunan malzeme hacmini bulmak için her bir kanal aralığı (t_1), toplam kanal sayısı (s_1) ve kanal yüksekliği (t_1) değerleri, malzeme hacim formülünde (3.8) kullanılır ve bir metre bant uzunluğundaki malzeme hacmi bulunur.

$$H_m = b_1 \cdot s_1 \cdot t_1 \cdot 1000 \quad [\text{mm}^3] \quad (3.8)$$

$$H_m = 80 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 1000 \quad [\text{mm}^3]$$

$$H_m = 384 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

Bir metre uzunluğunda ki bantta bulunan malzeme kütlesi hesaplanır (3.9).

$$q_m = H_m \cdot \rho_m \quad (3.9)$$

$$q_m = 384.10^5.14,39.10^{-4}$$

$$q_m = 55248,34 \text{ gr/m} = 55,25 \text{ kg/m}$$

Bir saatte taşınan malzeme miktarı ise taşıma kapasite formülü (3.10) kullanılarak hesaplanır.

$$Q_h = 3600 \cdot q_m \cdot V_b \quad (3.10)$$

$$Q_h = 3600 \cdot 55,25 \cdot 0,209$$

$$Q_h = 41635,16 \text{ kg/h}$$

3.3.3. Bant tambur hesabı

Bant tamburunun aşması gereken kuvvetlerin hesabında, bant üzerindeki malzeme ağırlığı (3.9), bant tamburuna gelen toplam rulo ve tambur ağırlığı (3.13) ve bandın ağırlığı (3.14) tahrik gücü belirlenmesi için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Poliüretan kaplama olan bant malzemesinin sürtünme katsayısı seçiminde, helva malzemesinin bant üzerinde oluşturacağı nem ve ısısal etki sebebi ile kaygan zemin katsayısı temel alınmıştır. Sistemde oluşan hareket dirençlerinin tambur ve rulo yataklarında oluşan direnç kuvvetlerine oranını veren C katsayısı, bant uzunluğu değerleri dikkate alınarak birinci bant için 1,40, ikinci bant için ise 1,44 olarak kabul edilmiştir.

Hesaplamalar için elde edilen veriler;

$$G_r = 7,83 \text{ kg}$$

$$G_t = 137 \text{ kg}$$

$$G_g = 42,48 \text{ kg}$$

$$\alpha_1 = 194^\circ$$

$$\alpha_2 = 180^\circ$$

$$\beta_1 = 0^\circ \text{ Bant eğimsiz yatay bir durumda çalışıyor}$$

$$\beta_2 = 0^\circ \text{ Bant eğimsiz yatay bir durumda çalışıyor}$$

$$L_{b-1}=5,95 \text{ m}$$

$$L_{b-2}=11,45 \text{ m}$$

$$\mu_1=0,022$$

$$\mu_2=0,22$$

$$t_b=0,84 \text{ m}$$

$$q_m=55248,34 \text{ gr/m}=55,25 \text{ kg/m}$$

$$C_1=1,40$$

$$C_2=1,44$$

$$m_a=4,90 \text{ kg/m}^2$$

$$\omega_m=1,2$$

$$g=9,81 \text{ m/s}^2$$

1 Numaralı Bant Tertibatı

Bant alt ve üst tambur kollarına düşen tambur ve rulo ağırlıklarının birim uzunluktaki değerleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Üst tambur koluna düşen ağırlık bant hareket tamburlarının, bir metrelik bant uzunluğuna düşen ortalamasına eşittir. Alt tambur koluna düşen ağırlık ise, gergi tamburu ve avare ruloların 1 metrelik bant uzunluğuna düşen ortalaması olarak hesaplanmıştır [46].

$$q_{r1-\text{üst}} = \frac{2 \cdot G_t}{L_{b-1}} \quad q_{r1-\text{üst}} = \frac{2 \cdot 137}{5,95} \quad q_{r1-\text{üst}} = 46,05 \text{ kg/m} \quad (3.11)$$

$$q_{r1-\text{alt}} = \frac{G_g + 7 \cdot G_r}{L_{b-1}} \quad q_{r1-\text{alt}} = \frac{42,48 + 7 \cdot 7,83}{5,95} \quad q_{r1-\text{alt}} = 16,35 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad (3.12)$$

$$q_{r1} = q_{r1-\text{üst}} + q_{r1-\text{alt}} \quad q_{r1} = 46,05 + 16,35 \quad q_{r1} = 62,4 \text{ kg/m} \quad (3.13)$$

$m_a=4,90 \text{ kg/m}^2$ ise bir metre uzunluğundaki bant ağırlığı;

$$q_b = m_a \cdot t_b \cdot 1 \text{ m} = 4,90 \cdot 0,84 \cdot 1 \quad (3.14)$$

$$q_b = 4,12 \text{ kg/m}$$

Bant tamburunun aşması gereken kuvvet yani tüm bandı hareket ettirecek kuvvetin belirlenmesinde, bant tamburu üst kolu (3.15) ve alt kolu (3.16) ayrı ayrı ele alınarak bu kollara düşen ağırlık toplamı hesaplanmıştır. Sistem düz bir zemin üzerinde olduğu için meyilden kaynaklanan aşağı çekim kuvveti ($G_{top1} \cdot \sin \alpha$) sıfıra eşit çıkmaktadır. Burada doğrusal hareket yapan kütlelerin ağırlık kuvveti (G_{top1}), üretim bandının iki ucu arasındaki yükseklik farkının birim malzeme (q_m) ve birim bant ağırlığının (q_b) toplamının çarpımına eşit çıkmaktadır ($\cos 0=1$, $\sin 0=0$ yani bant eğimi yoktur.)

$$F_{1-üst} = C \cdot \mu_1 \cdot L_{b-1} \cdot g \cdot [(q_m + q_b) \cdot \cos \alpha + q_{r1-üst} \pm G_{top1} \cdot \sin \alpha] \quad (3.15)$$

$$F_{1-üst} = 1,40 \cdot 0,022 \cdot 5,95 \cdot 9,81 \cdot [(55,25 + 4,12) \cdot 1 + 46,05 + 0]$$

$$F_{1-üst} = 152,77 \text{ N}$$

$$F_{1-alt} = C_1 \cdot \mu_1 \cdot L_{b-1} \cdot g \cdot [(q_m + q_b) \cdot \cos \alpha + q_{r1-alt} \pm G_{top1} \cdot \sin \alpha] \quad (3.16)$$

$$F_{1-alt} = 1,40 \cdot 0,022 \cdot 5,95 \cdot 9,81 \cdot [(55,25 + 4,12) \cdot 1 + 16,35 + 0]$$

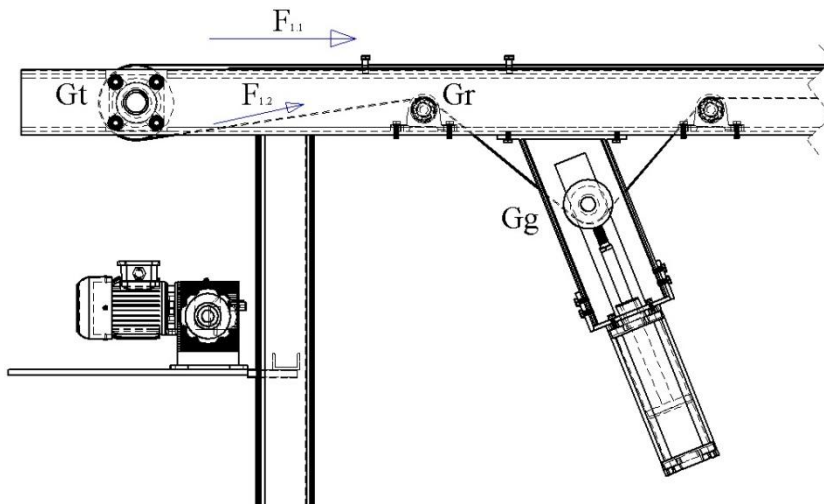
$$F_{1-alt} = 123,07 \text{ N}$$

Bant tamburunun aşması gereken kuvvet yani tüm bandı hareket ettirecek çekme kuvveti, bant tambur kolunun üst kısmına ve alt kısmına gelen yüklerin toplamına (3.17) eşittir [46].

$$F_1 = F_{1-üst} + F_{1-alt} \quad (3.17)$$

$$F_1 = 152,77 + 123,07$$

$$F_1 = 275,84 \text{ N}$$



Şekil 3.52. Birinci bant tambur mekanizmasında gergin ve gevşek banda gelen çekme kuvvetleri

Üretim bandının hareketi için gereken direnç değeri yani bant tamburunun hareketi için gerekli tahrik kuvvetinin (3.17), banda etkisi ile bant tamburunun üst ve alt kısımlarında iki farklı çekme kuvveti oluşmaktadır. Üst kısımda oluşan yani gergin banda gelen çekme kuvvetini hesaplayabilmek için Eytellwein denkliğinden (3.18) faydalanılmıştır [47].

$$\alpha_1 = 194^\circ = 3,38 \text{ rad}$$

$$\frac{F_{1,1}}{F_1} = 1 + \frac{1}{e^{\mu 2 \cdot \alpha_1} - 1} \quad > \quad F_{1,1} = F_1 \cdot \left[1 + \frac{1}{e^{\mu 2 \cdot \alpha_1} - 1} \right] \quad (3.18)$$

$$F_{1,1} = 275,84 \cdot \left[1 + \frac{1}{e^{0,22 \cdot 3,38} - 1} \right]$$

$$F_{1,1} = 525,82 \text{ N}$$

Gevşek banda gelen çekme kuvveti (3.19) ise gergin banda gelen çekme kuvveti ile (3.18), üretim bandını hareket ettirmek için gereken toplam kuvvetin (3.17) farkına eşittir.

$$F_{1,2} = F_{1,1} - F_1 \quad (3.19)$$

$$F_{1,2} = 525,82 - 275,84$$

$$F_{1,2} = 249,97 \text{ N}$$

Yön değiştirme tamburundan banda gelen, tamburun üst ve alt kısmında oluşan çekme kuvvetleri teoride birbirine eşit olup, gevşek banda gelen çekme kuvveti (3.19) ve tambur alt kolu üzerine düşen kuvvetin (3.16) toplamına eşittir.

$$F_{1,3}=F_{1,2}+F_{1-alt} \quad (3.20)$$

$$F_{1,3}=249,97 +123,07 \quad F_{1,3}=373,05 \text{ N}$$

$$F_{1,4}=F_{1,3}= 373,05 \text{ N}$$

Elde edilen bu değerler, nominal güç ihtiyacı çerçevesinde hesaplanan değerlerdir. Düzenegin, geçen süreç içerisinde aynı performansını sürdürebilmesinin imkânı yoktur. Tambur ve makara yatakları zaman içerisinde verim kaybına uğrar, bant yapısal özelliğini kayıp eder ve belirli bir süreden sonra tambur üzerinde kaymaya başlar. Süreç içerisinde oluşabilecek bu gibi etkenler göze alındığında kayıpların bertaraf edilebilmesi için hesaplanan bant hareket kuvvetinin bir emniyet katsayısı (k_F) ile çarpılması gerekir. Çarpım sonucunda çıkan değer ile bandın kararlı bir şekilde işletilmesine imkân sağlayacak tambur döndürme kuvvetinin elde edilmesi sağlanmaktadır.

$$k_F = \frac{F_{1-max}}{F_1} \quad (3.21)$$

Güç ve verim kayıplarının önüne geçebilmek için kullanılan bu katsayı, elektrikli tahrik motorunun nominal çalışma şartları dışında ekstra performans göstereceği durumlarla birebir örtüşmektedir. Bu durum dikkate alındığında, motor aşırı yüklenme katsayısının, bant hareket emniyet katsayısı olarak kullanılması hem motoru aşırı yüklenmelere karşı korumuş olacak hem de tambur üzerinde zaman içerisinde meydana gelecek bant kaymasının yaratacağı kayıplarında önüne geçmiş olacaktır. Netice itibarı ile emniyet katsayıları (3.22) eşitliği kabul edilerek uygulanan (3.23) formül ile bandın tam performans altında çalışmasına imkân sağlayacak tambur döndürme kuvveti elde edilmektedir.

$$k_F = \omega_m$$

$$(3.22)$$

$$F_{1-\max} = \omega_m \cdot F_1$$

$$(3.23)$$

$$F_{1-\max} = 1,2 \cdot 275,84$$

$$F_{1-\max} = 331,02 \text{ N}$$

2 Numaralı Bant Tertibatı

İki numaralı bant tertibatı motor-redüktör çıkışı, ara dişli kutusu olmaksızın direk olarak dişli-zincir-dişli ile bant tamburunu tahrik etmektedir. Denklik 3.24’de tambur üst kollarında oluşan birim metre uzunluğuna düşen toplam tambur ağırlığı, denklik 3.25’de birim metre uzunluğa düşen toplam avare makara ağırlığı hesaplanmış ve denklik 3.26’da birim metre uzunluğunda tambur ve avare rulo ağırlığı ortalamasına ulaşılmıştır.

$$q_{r2-\text{üst}} = \frac{2 \cdot G_t}{L_{b-2}} \quad q_{r2-\text{üst}} = \frac{2 \cdot 137}{11,45} \quad q_{r2-\text{üst}} = 23,93 \text{ kg/m} \quad (3.24)$$

$$q_{r2-\text{alt}} = \frac{15 \cdot G_r}{L_{b-2}} \quad q_{r2-\text{alt}} = \frac{15 \cdot 7,83}{11,45} \quad q_{r2-\text{alt}} = 10,25 \text{ kg/m} \quad (3.25)$$

$$q_{r2} = q_{r2-\text{üst}} + q_{r2-\text{alt}} \quad (3.26)$$

$$q_{r2} = 23,93 + 10,25$$

$$q_{r2} = 34,18 \text{ kg/m}$$

$$q_b = m_a \cdot t_b \cdot 1m = 4,90 \cdot 0,84 \cdot 1 \quad (3.27)$$

$$q_b = 4,12 \text{ kg/m}$$

Eğim açısı $\beta_1 = 0^\circ$ ise

$\cos 0 = 1$, $\sin 0 = 0$ yani eğimin olmadığı düz bir yüzeyde

$$F_{2-\text{üst}} = C_2 \cdot \mu_1 \cdot L_{b-2} \cdot g \cdot [(q_m + q_b) \cdot \cos \alpha + q_{r2-\text{üst}} \pm G_{\text{top}2} \cdot \sin \alpha] \quad (3.28)$$

$$F_{2-\text{üst}} = 1,44 \cdot 0,022 \cdot 11,45 \cdot 9,81 \cdot [(55,25 + 4,12) \cdot 1 + 23,93 \cdot 0]$$

$$F_{2-\text{üst}} = 235,17 \text{ N}$$

$$F_{2-\text{alt}} = C \cdot \mu_1 \cdot L_{b-2} \cdot g \cdot [(q_m + q_b) \cdot \cos \alpha + q_{r2-\text{alt}} \pm G_{\text{top}2} \cdot \sin \alpha] \quad (3.29)$$

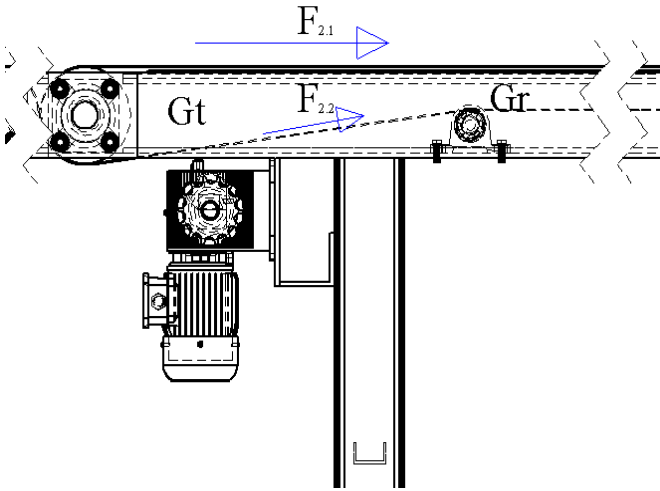
$$F_{2-\text{alt}} = 1,44 \cdot 0,022 \cdot 11,45 \cdot 9,81 \cdot [(55,25 + 4,12) \cdot 1 + 10,25 \cdot 0]$$

$$F_{2-\text{alt}} = 221,50 \text{ N}$$

$$F_2 = F_{2-\text{üst}} + F_{2-\text{alt}} \quad (3.30)$$

$$F_2 = 235,17 + 221,50$$

$$F_2 = 456,67 \text{ N}$$



Şekil 3.53. İkinci bant tambur mekanizmasında gergin ve gevşek banda gelen çekme kuvvetleri

Malzeme taşıma bandının hareketi için birinci bant tertibatında olduğu gibi ikinci bant tertibatında da bant tamburunun üst ve alt kısımlarında iki farklı çekme kuvveti oluşmaktadır. Çekme kuvvetini hesaplayabilmek için yine aynı Eytellwein denkliğinden faydalanılmakta ve vidalı bant gerdirme tertibatı kullanıldığı için bant sarım açısı $\alpha_2 = 180^\circ$ olarak kabul edilmektedir [47].

$$\alpha_2 = 180^\circ = 3,14 \text{ rad}$$

$$\frac{F_{2,1}}{F_2} = 1 + \frac{1}{e^{\mu_{2,2} \cdot \alpha_2} - 1} > F_{2,1} = F_2 \cdot \left[1 + \frac{1}{e^{\mu_{2,2} \cdot \alpha_2} - 1} \right] \quad (3.31)$$

$$F_{2,1} = 456,67 \cdot \left[1 + \frac{1}{e^{0,22 \cdot 3,14} - 1} \right]$$

$$F_{2,1} = 915,50 \text{ N}$$

Gevşek banda gelen çekme kuvveti;

$$F_{2,2} = F_{2,1} - F_2 \quad (3.32)$$

$$F_{2,2} = 915,50 - 456,67$$

$$F_{2,2} = 458,83 \text{ N}$$

Yön değiştirme tamburundan banda gelen ve teoride birbirine eşit kabul edilen tamburun üst ve alt kısmında ki çekme kuvvetleri; alt hatta aşılması gereken direnç kuvveti ile gevşek bantta meydana gelen direnç kuvvetinin toplamına eşittir (3.33) [47].

$$F_{2,3} = F_{2,2} + F_{2\text{-alt}} \quad (3.33)$$

$$F_{2,3} = 458,83 + 221,50$$

$$F_{2,3} = 680,33 \text{ N}$$

$$F_{2,4} = F_{2,3} = 680,33 \text{ N}$$

Birinci bant tertibatında olduğu gibi ikinci bant tertibatında da süreç içerisinde oluşabilecek verim kayıpları göze alındığında kayıpların bertaraf edilebilmesi için hesaplanan bant hareket kuvvetinin bir emniyet katsayısı (k_F) ile çarpılması gerekmektedir. Emniyet katsayısı, birinci bant tertibatında olduğu gibi motorun aşırı yüklenme katsayısına eşitlenmekte (3.35) ve bu katsayının bant tamburunun aşması gereken kuvvet yani tüm bandı hareket ettirecek çevre kuvveti ile çarpımı (3.36), ikinci bant tamburunun bandı tahrik edebilmesi için gerekli olan kuvveti yani tam performans altında bandı döndürmek için gerekli olan kuvveti vermektedir.

$$k_F = \frac{F_{2-\max}}{F_2} \quad (3.34)$$

$$k_F = \omega_m \quad (3.35)$$

$$F_{2-\max} = \omega_m \cdot F_2 \quad (3.36)$$

$$F_{2-\max} = 1,2 \cdot 456,67$$

$$F_{2-\max} = 548,01 \text{ N}$$

Gerekli Olan Motor Gücü Hesabı

Gerekli olan motor güçleri birinci ve ikinci bant tertibatlarında ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplamalarda bant tamburunun aşması gereken kuvvet yani tüm bandı hareket ettiren çevre kuvveti temel alınmıştır.

Hesaplama için elde edilen veriler:

$$\eta_R = 0,92$$

$$\eta_{z1} = 0,85$$

$$\eta_{z2} = 0,90$$

$$F_{1-\max} = 331,02 \text{ N}$$

$$F_{2-\max} = 548,01 \text{ N}$$

$$V_{\text{bant}} = 0,209 \text{ m/s}$$

$$\beta_1 = 0^\circ \text{ Bant eğimsiz yatay bir durumda çalışıyor}$$

$$\beta_2 = 0^\circ \text{ Bant eğimsiz yatay bir durumda çalışıyor.}$$

Yatak sürtünme dirençleri ihmal edilerek ve denklikler kullanılarak birinci (3.37) ve ikinci (3.38) bant tertibatlarının tahriki için gerekli motor güçleri hesaplanmıştır.

Bir numaralı bant için gerekli motor gücü:

$$N_1 = \frac{\left(\frac{1}{8} \cdot \cos \beta_1 + \sin \beta_1\right) \cdot F_{1-\max} \cdot v_b}{102 \cdot \eta_R \cdot \eta_z} \quad (3.37)$$

$$N_1 = \frac{\left(\frac{1}{8} \cdot \cos 0 + \sin 0\right) \cdot 331,02 \cdot 0,209}{102 \cdot 0,92 \cdot 0,85}$$

$$N_1 = 0,868 \text{ kW}$$

İki numaralı bant için gerekli motor gücü:

Zincir dişli verimi (η_z), tambur tahrikinde herhangi bir dişli kutusu kullanılmadığından dolayı 0,90 olarak kabul edilmiştir.

$$N_2 = \frac{\left(\frac{1}{8} \cdot \cos \beta_1 + \sin \beta_1\right) \cdot F_{2-\max} \cdot v_b}{102 \cdot \eta_R \cdot \eta_z} \quad (3.38)$$

$$N_2 = \frac{\left(\frac{1}{8} \cdot \cos 0 + \sin 0\right) \cdot 548,01 \cdot 0,209}{102 \cdot 0,92 \cdot 0,90}$$

$$N_2 = 1,358 \text{ kW}$$

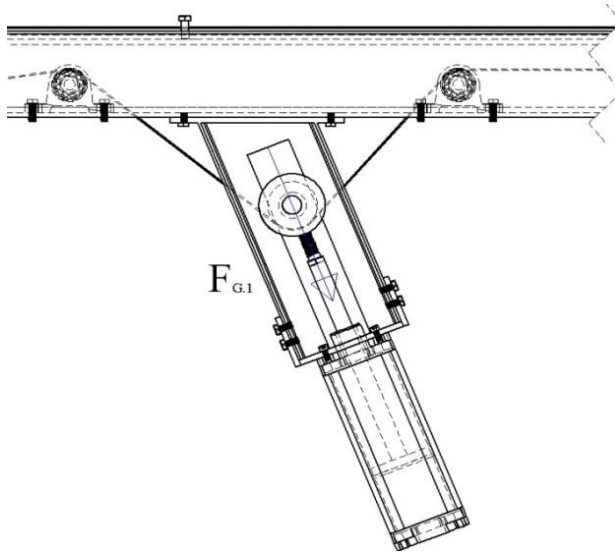
Gerdirmeye Kuvvet Hesabı

Gerdirmeye kuvveti hesabında, Eytellwein denkliğinden faydalanırken tambur bandı sürtünme katsayısı değerini üretici firmanın bant mekanik özellikleri listesinde verdiği bant-metal sürtünme değeri olarak alınmıştır. Eytellwein denkliği tambur çevresinde oluşan direnç kuvvetleri bağlantısını ortaya koymaktadır ve sistemde bu direnç kuvvetlerini etkileyen en önemli faktörlerden birisi bandın çelik sac üzerinde yol alırken ortaya çıkan direnç kuvveti olmaktadır.

1 Numaralı Bant Gerdirmeye Kuvveti Hesabı

Tahin helva sıcaklığının en yüksek olduğu durumda yani tahin helvanın tünele ilk giriş yaptığı kısımda birinci bant tertibatı gıda taşıma işi yapmaktadır. Ortalama 70°C

sıcaklığında ki helva ortalama bir üretim hızında yaklaşık 151 saniye (3.4) süresince bandın yüzeyinde kalmaktadır. Tambur altına geçen bant 151 saniyelik geri dönüş süresinden sonra 1 numaralı tambura gelerek turunu tamamlamakta çalışma süresi boyunca bu devir daim devam etmektedir. Bilinen vidalı gerdirme tertibatının kullanımı bu şartlar altında çalışan bantlar için uygun değildir. Sabit bir çekme kuvveti, değişken ısı etkisinde kalan ve esneyen bant için zaman içerisinde yeterli bir gerdirme kuvveti oluşturamaz.



Şekil 3.54. Pnömatik piston bant gergi kuvveti

Bu sebepten dolayı bant gerdirmesi bant tahrik tamburu altında bulunan bant gerdirme silindirinin iki ucuna bağlı olan aynı yatay ekseninde iki adet pnömatik pistonun uyguladığı kuvvet ($F_{G,1}$) neticesinde tayin edilmektedir. Eytellwein denkliği (3.39), bandın dönmesi için gerekli tahrik kuvveti ile bant gergi kuvveti arasındaki bağlantı gösterilmektedir [47]. Bu bağlantı, bandın alt koluna ağırlık asarak gerdirme prensibine dayanmaktadır. Sistemdeki pnömatik pistonlar ise temelde aynı mantıkla hareket etmekte olup sabit bir itme basıncı ile her daim bant üzerinde istenilen düzeyde gerilmeyi sabit tutmaktadır.

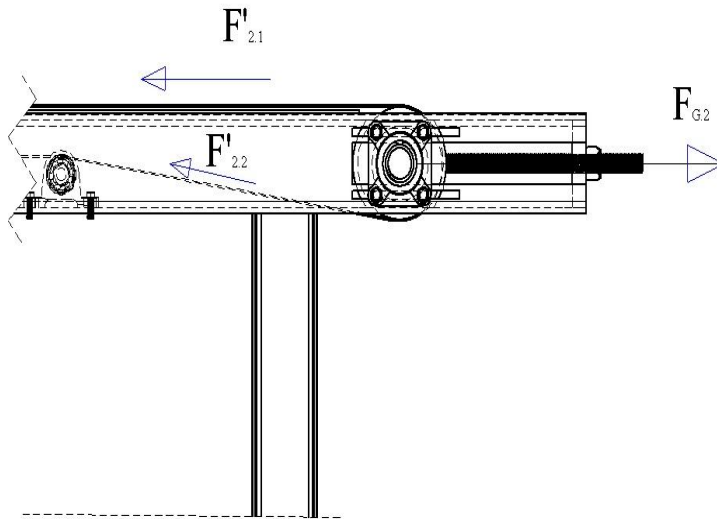
$$F_{G-1} = \frac{F_{1-max} \cdot 2}{e^{\mu_2 \cdot \alpha_1} - 1} \quad (3.39)$$

$$F_{G-1} = \frac{331,02 \cdot 2}{e^{0,22 \cdot 3,38} - 1}$$

$$F_{G-1} = 599,94 \text{ N}$$

2 Numaralı Bant Gerdirme Kuvveti Hesabı

2 numaralı bant gerdirme sisteminde vidalı gerdirme tertibatı bulunmaktadır. Tambur bandı gerdirme veya gevşetme işlemi, bant yön değiştirme tamburuna ve şasi uç kısmına yataklandırılmış sonsuz dişli bir vida sisteminin sağa veya sola çevrilmesi sonucunda oluşan çekme kuvveti ($F_{G,2}$) neticesinde meydana gelmektedir.



Şekil 3.55 Vidalı gerdirme tertibatı bant gergi kuvveti ve bileşenleri

Gergi kuvveti, belirli bir ölçüye sahip hareket kanalı boyunca çekilen ve o noktada sabit kalan gergi tamburu ile sınırlandırıldığı için değişken çalışma şartlarında bir miktar bant genleşmesi olabilmektedir. Tahin helva konveyör bant üzerinde soğutma tüneline ortalama 70 °C'lik sıcaklıkta girmektedir. Soğutma sistemi tam performansta çalıştırıldığında ve uygun bir bant hızında iken, birinci bant tertibatı sonunda tahin helva sıcaklığı 40°C civarlarına düşürülmektedir ve böylece ikinci bant tertibatında bandın aşırı bir sıcaklığa maruz kalmasını önlenmektedir. Bu durum vidalı gerdirme tertibatını kullanışlı kılmaktadır.

$$F_{G-2} = F_{2-\max} \cdot \frac{e^{\mu_2 \cdot \alpha_2} + 1}{e^{\mu_2 \cdot \alpha_2} - 1} \quad (3.40)$$

$$F_{G-2} = 548,01 \cdot \frac{e^{0,22 \cdot 3,14} + 1}{e^{0,22 \cdot 3,14} - 1}$$

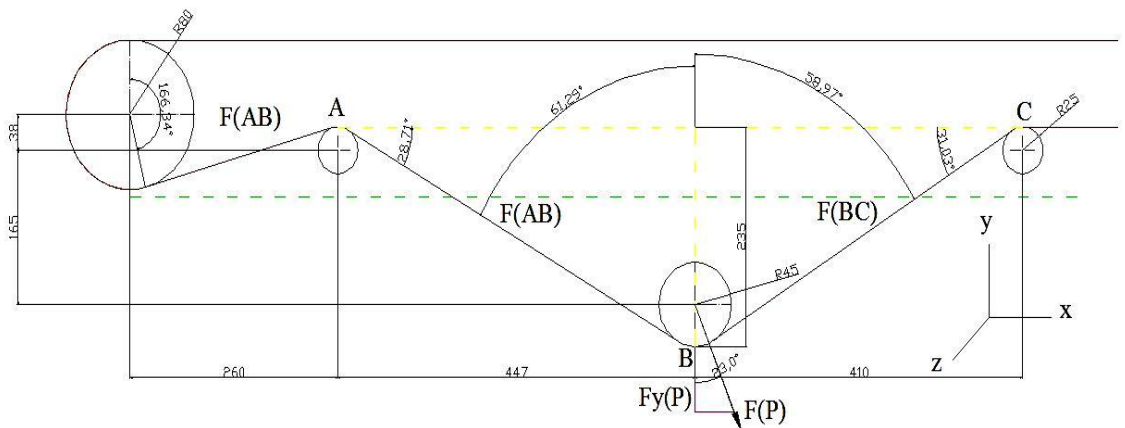
$$F_{G-2} = 1649,2 \text{ N}$$

Başka bir Eytellwein denkliğinde (3.40), yine bandın dönmesi için gerekli tahrik kuvveti ile bant gergi kuvveti arasındaki bağlantı gösterilmektedir[47]. Bu gerdirme sisteminde, bandın sürekli olarak sabit gerginlikte tutulma gibi bir ihtimali yoktur.

Düşey Bant Gerdirme Kuvvetinin 1 Numaralı Bant Üzerinde Yarattığı Gerilimin Uzak Kuvvetler Sistemi ile Hesabı ve Pnömatik Piston Çalışma Basıncının Belirlenmesi

Elde edilen gerdirme kuvveti, düşey ekseninde bant üzerinde oluşan kuvvet (3.41) olarak hesaplanmıştır. Hâlbuki 1 numaralı bant üzerinde, tahrik tamburunun alt kısmında ki banda farklı açı ile gerdirme kuvveti uygulayan gergi tamburu, bastığı noktanın sağında ve solunda anlık farklı kuvvet değerleri ortaya çıkarmıştır.

$$F_{G-1} = F_{G-1y} = 599,94 \text{ N} \quad (3.41)$$



Şekil 3.56. Pnömatik gergi tertibatı statik gergi kuvvet bileşenleri

Vektörel kuvvet hesabı ile bant üzerinde oluşan anlık gergi kuvvetleri, düşey eksen ile 23^0 'lık açı farkı ile bant üzerine etki yapan gergi kuvveti (3.41), bandın sağında ve solunda oluşan kuvvetlerin düşey eksenindeki toplamına (3.42) eşittir.

$$F_{G-ly} = F_{AB(y)} + F_{BC(y)} \quad (3.42)$$

Denklik 3.43'de AB bandının konum vektörel bileşenleri ve denklik 3.44'de BC bandının konum vektörel bileşenleri tespit edilmektedir. Bu değerler denklik 3.45'de F_{AB} ve denklik 3.46'da F_{BC} kuvvetleri ile çarpılarak kuvvet vektörlerine dönüştürülmektedir [48].

$$\vec{\lambda}_{AB} = \frac{\vec{AB}}{|AB|} \quad \vec{\lambda}_{AB} = \frac{0,235_j - 0,447_i}{\sqrt{0,235^2 + (-0,447)^2}} \quad \vec{\lambda}_{AB} = 0,465_j - 0,885_i \quad (3.43)$$

$$\vec{\lambda}_{BC} = \frac{\vec{BC}}{|BC|} \quad \vec{\lambda}_{BC} = \frac{0,235_j + 0,410_i}{\sqrt{0,235^2 + 0,410^2}} \quad \vec{\lambda}_{BC} = 0,497_j + 0,868_i \quad (3.44)$$

$$\vec{F}_{AB} = F_{AB} \cdot \vec{\lambda}_{AB} = 0,465_{FABj} - 0,885_{FABi} \quad (3.45)$$

$$\vec{F}_{BC} = F_{BC} \cdot \vec{\lambda}_{BC} = 0,497_{FBCj} + 0,868_{FBCi} \quad (3.46)$$

$$\sum F_x = 0$$

$$0,868.F_{BC} - 0,885.F_{AB} = 0$$

$$0,868.F_{BC} = 0,885.F_{AB} \quad (3.47)$$

$$F_{BC} = \frac{0,885.F_{AB}}{0,868}$$

$$F_{BC}=1,0195.F_{AB}$$

$$F_{AB}=0,98.F_{BC}$$

(3.48)

Denklik 3.47’de görüldüğü gibi kuvvet vektörleri, x eksenlerindeki kuvvet bileşenleri birbirine eşittir. Bu eşitlikten yola çıkılarak denklik 3.48’de görüldüğü gibi kuvvet bileşenlerinin birbirleri ile oranları hesaplanmaktadır. Hesaplanan oranlar y eksenindeki 3.50 ve 3.52 kuvvet denkliklerinde yerlerine konularak AB (3.51) ve BC (3.53) üzerindeki gerilme kuvvetleri bulunmuştur[48].

$$\sum F_y=0 \quad 0,465 .F_{AB}+ 0,497 .F_{BC}-F_{G-ly}=0$$

(3.49)

$$0,465.F_{AB}+ 0,497.1,0195.F_{AB}-F_{G-ly}=0$$

(3.50)

$$F_{AB}=\frac{F_{G-ly}}{0,972} \quad F_{AB}=\frac{599,94}{0,972} \quad F_{AB}=617,23 \text{ N}$$

(3.51)

$$0,465.0,98.F_{BC}+ 0,497.F_{BC}-F_{G-ly}=0$$

(3.52)

$$F_{BC}=\frac{F_{G-ly}}{0,953} \quad F_{BC}=\frac{599,94}{0,953} \quad F_{BC}=629,53 \text{ N}$$

(3.53)

İki adet 1,5 bar maksimum çalışma basıncına ve 125x200 mm strok oranına sahip pnömatik piston, düşey ekseninde 23⁰ açı ile çalışmaktadır. Pistonlar aynı çalışma ekseninde bant gergi tamburunu çekip bandı gerdirdiklerinde, oluşan gergi kuvvetinin tüm bantta eşit bir gerdirme yaratabilmeleri için bandın en az yarım tur dönmesi gerekmektedir.

Bant gergi kuvvetinin oluşturulması için gerekli olan pnömatik piston çalışma basıncı, toplam gergi kuvvetlerinin piston yüzey alanına düşen etkisi ile hesaplanmıştır.

Elde edilen veriler:

$$\alpha_p = 23^\circ$$

$$d_p = 125 \text{ [mm]}$$

Denklik 3.54'de piston yüzey alanı hesaplanmıştır.

$$A_p = \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} \quad (3.54)$$

$$A_p = (\pi \cdot 125^2) / 4$$

$$A_p = 12271,85 \text{ mm}^2 = 0,0123 \text{ m}^2$$

Denklik 3.55'de gerdirme kuvvetlerinin piston yüzey alanında oluşturduğu çalışma basıncı hesaplanmıştır.

$$P_{p(y)} = \frac{F_{G-ly}}{A_p} \quad (3.55)$$

$$P_{p(y)} = \frac{599,94}{0,0123}$$

$$P_{p(y)} = 48776,28 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Gerdirmeye kuvvetlerini oluşturan pnömatik pistonlar dikey eksen ile 23° 'lik bir açı farkı yapmaktadır. Bu durum bant üzerinde farklı gerilimler oluşturmaktadır. Bant üzerinde ki bu gerilimleri oluşturmak için gerekli olan pnömatik piston basıncı denklik 3.56'da görüldüğü üzere hesaplanmıştır.

Pnömatik pistonun çekme kuvvet basıncı;

$$P_p = P_{p(y)} \cdot \cos^{-1} 23$$

(3.56)

$$P_p = 48776,28 \cdot \cos^{-1} 23$$

$$P_p = 52988,6 \frac{N}{m^2} = 0,53 \text{ bar}$$

Hesaplanan bu basınç iki pistonun toplam basıncıdır. Tek bir pistonun çalışma basıncı ise denklik 3.57’de gösterildiği gibi 0,265 bar olarak hesaplanmıştır.

$$P_{p/2} = \frac{0,53}{2} = 0,265 \text{ bar} \quad (3.57)$$

3.3.4. Güç ve hareket aktarma tertibatı dişli sistemi hesaplamaları

Güç aktarma tertibatı, motor-redüktörden aldığı hareket ve momentini şekillendirme tamburu ve birinci tahrik tamburuna belirli oranlarda ve hareket yönleri zıt olacak şekilde ileten basit bir dişli kutusu ve bu dişli kutusu çıkışlarında dişli-zincir-dişli aktarımı yapan basit bir mekanizmadan ibarettir.

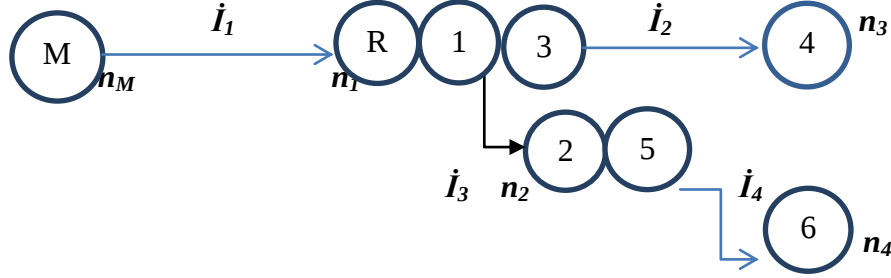
Kısmi İletme ve Devir Hesapları

Helva üretim bandının test ve dokümantasyon çalışmalarında, bant hızı, soğutma sistemi hava akış hızı, akışkan hava sıcaklığı gibi parametrik verilerin farklı kombinasyonları uygulanmış ve elde edilen sonuçlara göre bant hız değerlerinin sınırları belirlenmiştir. Her bir dişlinin devir ve çizgisel hız hesaplamalarında denklem 3.58’de görüldüğü üzere üretim için uygun olan maksimum bant tambur devri ($n_{tamb.} = \frac{25dev}{dk}$) temel alınmıştır. Motor-redüktör tertibatı ve dişli zincir düzeneklerinin hareket iletim oranları çalışma şartları için gerekli olan ihtiyacı karşılamaktadır.

$$n_{tamb.} = \frac{V_{bant} \cdot 60 \cdot 1000}{d_{tamb} \cdot \pi} \quad (3.58)$$

$$n_{\text{tamb.}} = \frac{0,209.60.1000}{160.\pi} = 25 \text{ dev/dk}$$

Denklem 3.58’de görüldüğü üzere, 0,209 m/s çizgisel bant hızı için dakikada 25 devir ile dönmektedir.



Şekil 3.57. Güç aktarma tertibatı hareket iletim grafiği

Şekil 3.57’de hareket iletim grafiğinde güç aktarma tertibatı üzerinde dişli gruplarının dizilişi bu dizilişe bağlı olarak ortaya çıkan kısmi iletme oranları görülmektedir.

Kısmi İletme Oranı ve Devir Hesapları:

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

Motor devri, redüktöre iletilmeden önce bant hız invertörü tarafından, potansiyometrenin ön gördüğü ölçüde düşürülmektedir. Potansiyometre 10/10 konumunda yani invertör maksimum çalışma frekansı olan 50 Hz’de çalıştırılmış ve burda ki iletme oranı $i_p=1$ olarak kabul edilmiştir. Denklik 3.59’da görüldüğü üzere motorun, hız invertörleri tarafından ayarlanan nominal çıkış devri hesaplanmıştır. Bu denklikte 50 Hz’deki maksimum motor devri $n_{\text{max}} = 1410 \text{ dev/dk}$ ’ya denk gelmektedir.

$$n_M = \frac{n_{M.\text{max}}}{i_p} = \frac{1410 \text{ dev/dk}}{1} = 1410 \text{ dev/dk} \quad (3.59)$$

Redüktörün standart tahvil değeri olan iletim oranı $i_1=30$ olarak verilmektedir ve 1 numaralı kısmi iletme oranlarının sınır değeri redüktörün 1/30 tahvil değeri ile sınırlandırılmaktadır. Test çalışmalarında ölçülen maksimum bant tamburu devri temel alınarak hesaplandığında ise redüktör tahvil değeri 1/29,22 olarak bulunmuştur

ve dişli devir hesaplamalarında bu değer i_1 değeri olarak kabul edilmiştir. Denklik 3.60'da gösterildiği üzere, redüktörün çıkış devri 48,25 dev/dk olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Redüktör Çıkış Devri} = \frac{\text{Motor Çıkış Devri}}{\text{Redüktör Kism. İ. Oranı}} \rightarrow n_R = \frac{n_M}{i_R} = \frac{1410 \text{ dev/dk}}{29,22} \quad (3.60)$$

$$n_R = 48,25 \text{ dev/dk}$$

Denklik 3.61, 3.62, 3.63'de sırası ile i_2 , i_3 ve i_4 kısmi iletme oranları hesaplanmaktadır.

3-4 Kısmi İletme Oranı

$$i_2 = \frac{4 \text{ Numaralı Dişli Diş Sayısı}}{3 \text{ Numaralı Dişli Diş Sayısı}} = \frac{z_4}{z_3} = \frac{27}{14} = 1,93 \quad (3.61)$$

1-2 Kısmi İletme Oranı

$$i_3 = \frac{2 \text{ Numaralı Dişli Çapı}}{1 \text{ Numaralı Dişli Çapı}} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{100}{100} = 1 \quad (3.62)$$

5-6 Kısmi İletme Oranı

$$i_4 = \frac{6 \text{ Numaralı Dişli Diş Sayısı}}{5 \text{ Numaralı Dişli Diş Sayısı}} = \frac{z_6}{z_5} = \frac{27}{14} = 1,93 \quad (3.63)$$

Aktarma organlarının dişli çapları ve diş sayıları göz önüne alınarak sırası ile her bir dişlinin devir sayıları hesaplanmıştır. Şekil 3.57 incelenirse, bir ve üç numaralı dişlilerin redüktör ile aynı grup mil üzerinde yekpare olarak konumlandırıldıkları görülmektedir. Böylece denklik 3.64'deki değer eşitlikleri ortaya çıkmaktadır.

$$\text{Redüktör Çıkış Devri} = 1. \text{ Dişli Devri : } n_1 = 3. \text{ Dişli Devri : } n_3 = 48,25 \text{ dev/dk} \quad (3.64)$$

Dışlı kutusunda yer alan 1 ve 2 numaralı dişliler özdeşdir aynı zamanda 2 numaralı dişli ile 5 numaralı dişli aynı grup mili üzerinde yekpare olarak konumlandırılmıştır. Böylece denklik 3.65’de ki eş değerler bulunmuştur.

$$2. \text{ Dişli Devri} = 5. \text{ Dişli Devri: } n_2 = n_5 = \frac{n_1}{i_3} = \frac{48,25}{1} = 48,25 \text{ dev/dk} \quad (3.65)$$

Denklik 3.61 ve 3.63’de 4 ve 6 numaralı dişli iletim oranları i_2 ve i_4 hesaplanmıştır. Bu değerler yerlerine yazılarak denklik 3.66 ve 3.67’de n_4 ve n_6 değerleri hesaplanmıştır[49].

$$4. \text{ Dişli Devri: } n_4 = \frac{n_3}{i_2} = \frac{48,25}{1,93} = 25 \text{ dev/dk} \quad (3.66)$$

$$6. \text{ Dişli Devri: } n_6 = \frac{n_5}{i_4} = \frac{48,25}{1,93} = 25 \text{ dev/dk} \quad (3.67)$$

Çizelge 3.7. Güç aktarma tertibatı dişli ölçüleri, kısmi iletim ve devir çizelgesi

	<i>Max.</i>								
	<i>Çıkış</i>	<i>Motor</i>	<i>Rdk.</i>	<i>1.Dişli</i>	<i>2.Dişli</i>	<i>3.Dişli</i>	<i>4.Dişli</i>	<i>5.Dişli</i>	<i>6.Dişli</i>
Dişli Çapı d(mm)				200	200	115,6	223,2	115,6	223,2
Diş Sayısı				50	50	14	27	14	27
Devir n(dev/dk)	1410	1410	48,25	48,25	48,25	48,25	25	48,25	25
Kısmi İ. Oranı		1	29,22	1	1	1,93	1,93	-	-

Çizelge 3.7’de güç aktarma tertibatı dişlilerine ilişkin ölçü değerleri ve her bir dişli kademesine ilişkin iletim oranları ile devir sayıları verilmektedir.

3.3.5. Dişli hesapları

Birinci bant tertibatında, güç aktarımı hem şekillendirme tamburunu hem de bant tamburunu hareket ettirmektedir. Bu yüzden basit bir dişli mekanizması, gücü zıt

Bant tahrik tamburu devri n_t ve çizgisel hızı V_{bant} arasındaki bağlantı kullanılarak denklik 3.58’de tahrik tamburu devri hesabı verilmişti. Denklik 3.68’te ise üzere 6 ve 4 numaralı dişli devirlerinin tambur devrine eşit olduğu görülmektedir.

$$n_{\text{tamb.}} = \frac{60.1000.0,209}{160.\pi} = 25 \frac{\text{dev}}{\text{dk}} \rightarrow n_{\text{tamb.}} = n_6 = n_4 \quad (3.68)$$

Tahrik dişlisi bant tamburuna, kama vasıtası ile aynı ekseninde monte edilmiştir ve dolayısı ile devir sayıları eşittir. Bant tamburlarını çeviren ve malzeme taşıma bandını hareket ettiren tahrik kuvveti aynı zamanda birinci bant tertibatında, ürün şekillendirme tamburunu da tahrik etmektedir.

Bant tamburunun 0,209 m/s’lik çizgisel hızında, tahrik dişlilerinin 0,292 m/s’lik çizgisel hız değeri, maksimum bant tamburu ve maksimum redüktör çıkış devirleri dikkate alındığında uygun görülmüş ve denklik 3.69’da çizgisel hız oranı bulunmuştur[49].

Bant tamburu ve tahrik dişlilerinin çizgisel hız oranı

$$\epsilon_1 = \frac{V_t}{V_6} = \frac{d_6}{d_t} = \frac{0,209}{0,292} = 0,7155 \quad (3.69)$$

Çizelge 3.7 incelenirse, toplam iletim oranları aynı olan 4 ve 6 numaralı dişlilerin devir sayıları da birbirine eşit olmakta bu da aynı dişlilerin çizgisel hızlarının da eşit olduğu anlamına gelmektedir. Denklik 3.71’de 4 ve 6 numaralı dişlilerin çizgisel hızlarının eşitliği gösterilmiştir.

$$n_4 = n_6 = n_t = 25 \text{ dev/dk} \quad (3.70)$$

$$V_6 = V_4 = \frac{V_t}{\epsilon} = \frac{0,209}{0,7155} = 0,292 \text{ m/s} \quad (3.71)$$

Bant tahrik tamburu ve şekillendirme tamburu aynı devirde ve ters yönde dönebilmesi için şanzıman içinde bulunan aynı ebatlarda iki dişlinin (1), (2) yanak

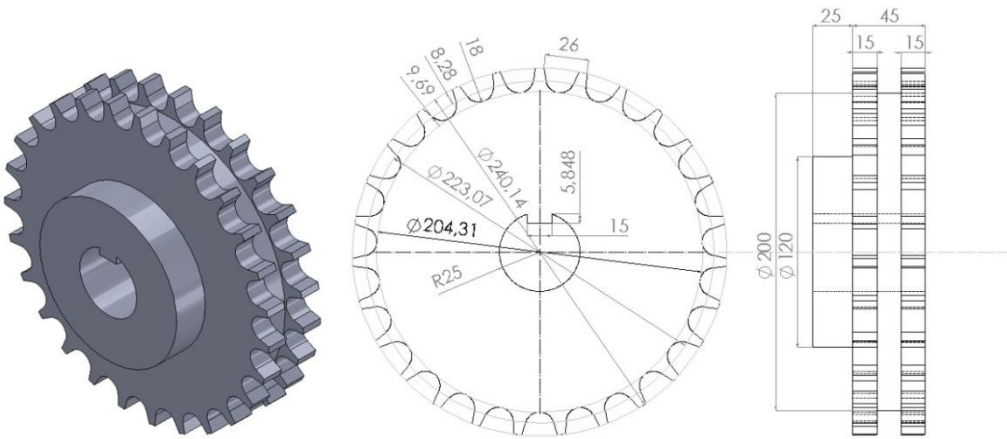
yanaya çalışıyor olması ve birbirleri arasındaki iletme oranının 1'e eşit olması ($i_1=1$) gerekmektedir. Bu nedenle 4 ve 6 numaralı dişliler eş değer iletme oranlarına ve dolayısı ile eşdeğer dişi ölçülerine sahip olarak tasarlanmıştır.

Denklik 3.72'de 4. (d_4) ve 6. dişli çapı (d_6) hesaplanmıştır.

$$d_4 = d_6 = \frac{60.1000.V_{4-6}}{\pi.n_{4-6}} = \frac{60.1000.0,292}{\pi.25} = 223,15 \text{ mm} \approx 223 \text{ mm} \quad (3.72)$$

Denklik 3.73'de 4'ncü ve 6'ncı dişlilerin modül değeri (m) hesaplanmıştır. Burada 4 numaralı dişlinin bölüm dairesi çapının (d) kabul edilen diş sayısına (Z_4) bölünmesinden dişli modülü (m) bulunmuştur[49]. İmalat aşamasında modül değeri 8 olarak alınmış ve standardizasyon sağlanmıştır.

$$m = \frac{d}{Z_4} = \frac{d_u}{Z_4} \quad m = \frac{223,15}{27} = 8,26 \approx 8 \quad (3.73)$$



Şekil 3.59. Güç aktarma tertibatı 4 ve 6 numaralı zincir dişlileri

Denklik 3.74'de, elde edilen modül kullanılarak hatve (p) yani diş adım değeri bulunmaktadır[49]

$$p = m.\pi \text{ [mm]} \quad p = 8.\pi \quad p = 25,13 \approx 25 \text{ mm} \quad (3.74)$$

Sırası ile 3.75, 3.76, 3.77, 3.78, 3.79, 3.80 denkliklerinden faydalananak dişli ölçüleri belirlenmiştir [50].

Diş Üstü Çapı ($d_{ü-4}=d_{ü-6}$)

$$d_{ü-4}=d_{ü-6}=d+2m=m.(z+2) \quad [\text{mm}] \quad (3.75)$$

$$d_{ü-4}=d_{ü-6}=223+2.(8) \quad d_{ü-4}=d_{ü-6}=239 \text{ mm}$$

Diş Dibi Çapı ($d_{d-4}=d_{d-6}$)

$$(3.76)$$

$$d_{d-4}=d_{d-6}=d-2,332.m \quad [\text{mm}]$$

$$d_{d-4} = d_{d-6} = 223 - 2,332 \cdot 8,26 \rightarrow d_d = 204,34 \text{ mm} \approx 204 \text{ mm}$$

Diş Yüksekliği ($h_4=h_6$)

$$h_4=h_6=2,20.m \quad [\text{mm}] \quad (3.77)$$

$$h_4=h_6=2,20.8,26 \quad h_4=h_6=17,6 \approx 18 \text{ mm}$$

Diş Başı Yüksekliği ($h_{ü-4}=h_{ü-6}$)

$$h_{ü-4}=h_{ü-6}=\frac{p}{\pi} \quad [\text{mm}] \quad (3.78)$$

$$h_{ü-4}=h_{ü-6}=\frac{25}{\pi}$$

$$h_{ü-4}=h_{ü-6}=7,95 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}$$

Diş Dibi Yüksekliği ($h_{d-4}=h_{d-6}$)

$$h_{d-4}=h_{d-6}=0,373.p=0,373.26 \quad [\text{mm}] \quad (3.79)$$

$$h_{d-4}=h_{d-6}=9,32 \text{ mm}$$

Diş Genişliği ($b_4=b_6$)

$$b_4=b_6=1,15.p \quad [\text{mm}] \quad (3.80)$$

$$b_4=b_6=1,15.26 \quad b_4=b_6=30 \text{ mm}$$

3 ve 5 Numaralı Dişli Hesabı

Denkliklerde (3.81-3.86), $i_2 = \frac{d_4}{d_3} = \frac{n_3}{n_4} = \frac{z_4}{z_3}$, $i_4 = \frac{d_6}{d_5} = \frac{n_5}{n_6} = \frac{z_6}{z_5}$ ve $i_2 = i_4 = 1,93$ eşitliklerinden yola çıkarak 3 ve 5 numaralı dişli devirleri, çizgisel hızları ve diş sayıları hesaplanmıştır [49].

$$n_3 = i_2 \cdot n_4 \quad \left[\frac{d}{dk} \right] \quad n_3 = 1,93 \cdot 25 \quad n_3 = 48,25 \text{ dev/dk} \quad (3.81)$$

$$n_5 = i_4 \cdot n_6 \quad \left[\frac{d}{dk} \right] \quad n_5 = 1,93 \cdot 25 \quad n_5 = 48,25 \text{ dev/dk} \quad (3.82)$$

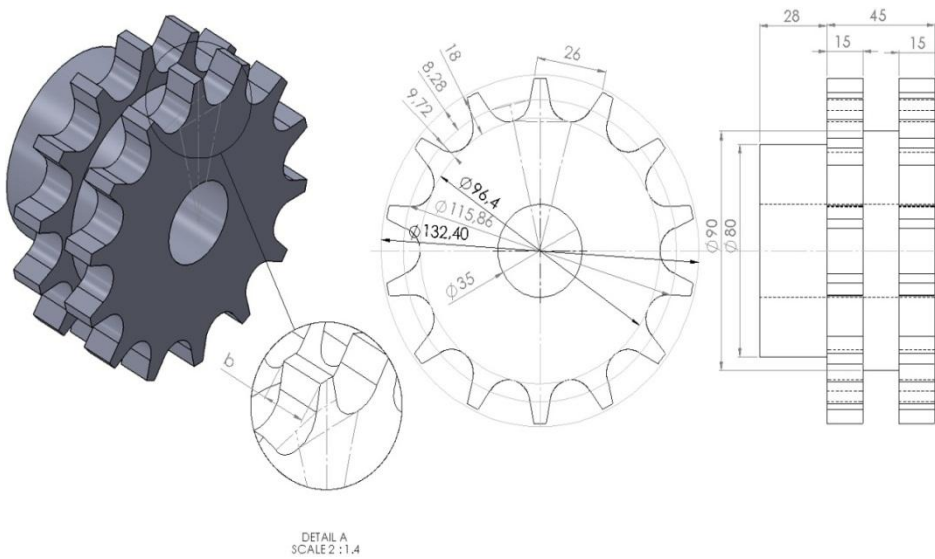
$$z_3 = \frac{z_4}{i_2} \quad z_3 = \frac{27}{1,93} \quad z_3 = 13,98 \approx 14 \quad (3.83)$$

$$z_5 = \frac{z_6}{i_4} \quad z_5 = \frac{27}{1,93} \quad z_5 = 13,98 \approx 14 \quad (3.84)$$

$$d_3 = \frac{d_4}{i_2} \quad [mm] \quad d_3 = \frac{223,15}{1,93} \quad d_3 = 115,62 \text{ mm} \approx 116 \text{ mm} \quad (3.85)$$

$$d_5 = \frac{d_6}{i_4} \quad [mm] \quad d_5 = \frac{223,15}{1,93} \quad d_5 = 115,62 \text{ mm} \approx 116 \text{ mm} \quad [50] \quad (3.86)$$

Dişli kutusu çıkışında yer alan 3 ve 5 numaralı dişliler eşit güç ve hareket aktarma değerlerine sahiptir. Bu yüzden aynı diş ölçülerine sahip olarak tasarlanmışlardır. Referans hesaplama değeri olan bant çizgisel hızından yola çıkıldığında 3 ve 5 numaralı dişli devir sayıları (n_3 - n_5) 48,25 dev/dk olarak bulunmuştu. Denklik 3.86’da ise dişlilerin maksimum çizgisel hızları hesaplanmıştır.



Şekil 3.60. Güç aktarma tertibatı 3 ve 5 numaralı zincir dişlileri

$$V_3 = V_5 = \frac{d_{3-5} \cdot \pi \cdot n_{3-5}}{60 \cdot 1000} \quad \left[\frac{m}{s} \right] \quad (3.86)$$

$$V_3=V_5= \frac{115,62.\pi.48,25}{60.1000} \quad V_3=V_5= 0,292 \text{ m/s}$$

Diş modül değeri denklik 3.87’de görüldüğü üzere hesaplanmıştır.

$$m=\frac{d}{Z_3}=\frac{d_3}{Z_3} \quad m=\frac{115,62}{14}=8,26 \approx 8 \quad (3.87)$$

Denklik 3.88’de modül değeri kullanılarak hatve (p) yani diş adım d bulunmaktadır.

$$p=m.\pi \text{ [mm]} \quad p=8.\pi \quad p= 25,13 \approx 25 \text{ mm} \quad (3.88)$$

Diş Üstü Çapı ($d_{ü-3}=d_{ü-5}$)

$$d_{ü-3}=d_{ü-5}=d+2m=m.(z+2) \text{ [mm]} \quad (3.89)$$

$$d_{ü-3}=d_{ü-5}=116+2.(8) \quad d_{ü-3}=d_{ü-5}= 132 \text{ mm}$$

Diş Dibi Çapı ($d_{d-3}=d_{d-5}$)

$$d_{d-3}=d_{d-5}=d-2,332.m \text{ [mm]} \quad (3.91)$$

$$d_{d-3}=d_{d-5}=116 - 2,332 . 8,26 \quad d_{d-3}= d_{d-5} = 97,34 \approx 97 \text{ mm}$$

Diş Yüksekliği ($h_3=h_5$)

$$h_3=h_5=2,20.m \text{ [mm]} \quad (3.92)$$

$$h_3=h_5=2,20 . 8 \quad h_3 = h_5 = 17,6 \text{ mm} \approx 18 \text{ mm}$$

Diş Başı Yüksekliği ($h_{ü-3}=h_{ü-5}$)

$$h_{ü-3}=h_{ü-5}=\frac{p}{\pi} \text{ [mm]} \quad (3.93)$$

$$h_{ü-3}=h_{ü-5}=\frac{25}{\pi} \quad h_{ü-3}-h_{ü-5}= 7,95 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}$$

Diş Dibi Yüksekliği ($h_{d-3}=h_{d-5}$)

$$h_{d-3} = h_{d-5}= 0,373.p=0,373.26 \text{ [mm]} \quad (3.94)$$

$$h_{d-3}=h_{d-5}= 9,7 \text{ mm}$$

Diş Genişliği (b)

$$b_3 = b_5 = 1,15 . p \text{ [mm]} \quad (3.95)$$

$$b_3 = b_5 = 1,15 . 25 \quad b_3 = b_5 = 28,75 \text{ mm}$$

1 ve 2 Numaralı Şanzıman Dişli Kutusu Hesaplamaları Kabul Değerleri

$$m=4$$

$$d_1=d_2=200 \text{ mm (Bölüm dairesi çapı)}$$

Redüktör mili, 1 ve 3 numaralı dişliler ile aynı mil ekseninde yekpare bir şekilde bağlı olduğuna göre bu dişlilerin devirleri redüktör devrine eşit olmaktadır.

$$\text{Redüktör Çıkış Devri: } n_R=1. \text{ Dişli Devri : } n_1=3. \text{ Dişli Devri: } n_3=48,25 \text{ dev/dk} \quad (3.96)$$

$$i_3 = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

$$i_3 = \frac{200}{200} \rightarrow i_3=1$$

Aşağıda ki denkliklerde $i_3=1$ değerinden yola çıkılarak 1 ve 2 numaralı dişlilerin devirleri ve diş sayıları hesaplanmaktadır[49, 50].

$$n_1 = i_3 \cdot n_R \quad \left[\frac{\text{dev}}{\text{dk}} \right] \quad n_1 = 1.48,25 \quad n_1 = 48,25 \text{ dev/dk} \quad (3.97)$$

$$n_2 = i_3 \cdot n_R \quad \left[\frac{\text{dev}}{\text{dk}} \right] \quad n_2 = 1.48,25 \quad n_2 = 48,25 \text{ dev/dk} \quad (3.98)$$

$$z_1 = z_2 = \frac{d}{m} \quad (3.99)$$

$$z_1 = z_2 = \frac{200}{4}$$

$$z_1 = z_2 = 50$$

Redüktörden aldığı devir ve moment değerlerini eşit bir şekilde dağıtabilmesi için 1 ve 2 numaralı dişliler özdeş olarak tasarlanmıştır. Denklik 3.100'den denklik 3.106'ya kadar olan kısımda 1 ve 2 numaralı dişlilerin ölçü değerleri hesaplanmıştır.

$$\text{Hatve (p) [50]} \quad p = m \cdot \pi \quad [\text{mm}] \quad p = 4 \cdot \pi \quad p = 12,56 \text{ mm} \quad (3.100)$$

$$\text{Diş Genişliği (b) [50]}$$

$$b_1 = b_2 = 2 \cdot p \quad [\text{mm}] \quad b_1 = b_2 = 2 \cdot 12,56 \quad b_1 = b_2 = 25,12 \text{ m} \quad (3.101)$$

$$\text{Diş Üstü Çapı (d}_{\ddot{u}-1} = d_{\ddot{u}-2}) \text{ [50]}$$

$$d_{\ddot{u}-1} = d_{\ddot{u}-2} = d + 2m = m \cdot (z + 2) \quad [\text{mm}] \quad (3.102)$$

$$d_{ü-1}=d_{ü-2}=200+2.(4) \quad d_{ü-1}=d_{ü-2}= 208 \text{ mm}$$

Diş Dibi Çapı ($d_{d-1}=d_{d-2}$) [50]

$$d_{d-1}=d_{d-2}=d-2,332.m \quad [\text{mm}] \quad (3.103)$$

$$d_{d-1}=d_{d-2}=200-2,332.4 \quad d_{d-1}=d_{d-2}=190,67 \approx 190 \text{ mm}$$

Diş Yüksekliği ($h_1=h_2$) [50]

$$h_1=h_2=2,20.m \quad [\text{mm}] \quad (3.104)$$

$$h_1=h_2=2,20.4 \quad h_3=h_5=8,80 \text{ mm}$$

Diş Başı Yüksekliği ($h_{ü-1}=h_{ü-2}$) [50]

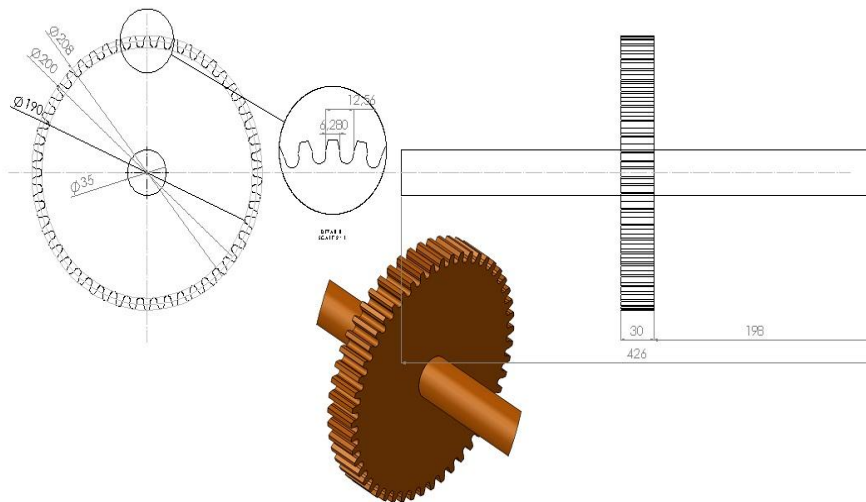
$$h_{ü-1}=h_{ü-2}=\frac{p}{\pi} \quad [\text{mm}] \quad (3.105)$$

$$h_{ü-1}=h_{ü-2}=\frac{12,56}{\pi} \quad h_{ü-1}=h_{ü-2}=4 \text{ mm}$$

Diş Dibi Yüksekliği ($h_{d-1}=h_{d-2}$) [50]

$$h_{d-1}=h_{d-2}=0,373.p \quad [\text{mm}] \quad (3.106)$$

$$h_{d-1}=h_{d-2}=0,373.12,56 = 4,68 \approx 4,66 \text{ mm}$$



Şekil 3.61. Güç aktarma tertibatı 1 ve 2 numaralı şanzıman dişlileri
3.3.6. Soğutma tüneli hesapları ve soğutma boru hattı analizi

Soğutma Tüneli Duvarı Isı Transfer Miktarının Tahini

Üretim bandı prototipine entegre edilmiş olan soğutma grubu, ihtiyaç olduğunda soğutma bacalarından soğutma tüneline 100000 kcal/h'lık hava yollayabilmektedir. Böylesine yüksek enerji kapasiteli soğutma grubunun verimli çalışabilmesi için soğutma tünellerinde iyi derecede bir izolasyon yapılması gerekir. Hareketli konveyör bandının üzerinde özellikle tünelin giriş ve çıkış ağzları kısmen kapatılmış olsa da açık kalan kısımlardan ısı enerji kaybı olmaktadır. Tünel duvarlarında her ne kadar ısı kaybını sınırlayıcı izolasyon malzemesi kullanılsa da duvar iç ve dış kısmında ki sıcaklık ve ısı farkı $T_1 > T_2$ şartını oluşturduğu için belirli bir oranda ısı transferinin önüne geçilememektedir.

Bu bölümde, 5 °C sıcaklık değerine sahip havanın, soğutma tüneli duvarlarında birim alanda ki ısı transfer miktarının yani ısı kaybının tespit edilmesi ve toplam yüzey alanında ki ısı transfer hesabı verilmiştir.

Hesaplamalarda kullanılacak olan formül, kısaltma ve tanımlar

$\theta =$ Birim zamanda meydana gelen ısı transferi ($W = J/g$)

$\theta = k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta}$ Isı iletim ile transferi formülü

$\theta = h \cdot A \cdot \Delta T = h \cdot A \cdot (T_a - T_y)$ veya $h \cdot A \cdot (T_y - T_a)$ Isı taşınım ile transferi formülü

$q = \frac{\theta}{A} = k \cdot \frac{\Delta T}{L} = \left(\frac{W}{m^2} \right)$ (Isı Akısı = birim yüzey alanda meydana gelen ısı transferi)

$h =$ ısı taşınım katsayısı $\left(\frac{W}{m^2} \right)$

$A =$ akışın süpürdüğü alan (m^2)

$T_a =$ Akan Sıcaklık Değeri

$T_y =$ Yüzey Sıcaklık Değeri

$R_i =$ ısı iletim direnci = $\frac{L}{k \cdot A}$

$R_t =$ ısı taşınım direnci = $\frac{1}{h \cdot A}$

$\theta_x = \frac{\Delta T}{R}$

İletim için Isı Direnci

$$\theta_x = k_x \cdot A \cdot \frac{\Delta_T}{\Delta_x} \text{ ve } \theta = \frac{\Delta_T}{R_i} \text{ ise } R_i = \frac{\Delta_x}{k_x \cdot A} \text{ olur.}$$

Taşınım için Isı Direnci

$$\theta_x = h \cdot A \cdot \Delta_T \text{ ve } \theta_x = \frac{\Delta_T}{R_t} \text{ ise } R_t = \frac{1}{h_x \cdot A} \text{ olur.}$$

İşlem Konfigürasyonu

$$\theta_x = \frac{\Delta_T}{R} \rightarrow \theta_x \cdot R = \Delta_T \text{ olur ise ;}$$

$\theta_x = k \cdot A \cdot \frac{\Delta_T}{\Delta_x}$ ve $\theta_x = h \cdot A \cdot \Delta_T$ formülleri kullanılarak 3 katmandan oluşan soğutma tünel duvarının 5 noktasında gerçekleşen ısı transfer fonksiyonları denklik 3.107'den denklik 3.112'ye kadar olan kısımda verilmiştir[51,52].

$$\theta_{Ta1-T1} = h_1 \cdot A \cdot (T_{a1} - T_1) \rightarrow \theta_{Ta1-T1} = \frac{(T_{a1} - T_1)}{R_{t1}} \rightarrow \theta_{Ta1-T1} \cdot R_{t1} = T_{a1} - T_1 \quad (3.107)$$

$$\theta_{T1-T2} = k_1 \cdot A \cdot \frac{(T_1 - T_2)}{L_1} \rightarrow \theta_{T1-T2} = \frac{(T_1 - T_2)}{R_{i1}} \rightarrow \theta_{T1-T2} \cdot R_{i1} = T_1 - T_2 \quad (3.108)$$

$$\theta_{T2-T3} = k_2 \cdot A \cdot \frac{(T_2 - T_3)}{L_2} \rightarrow \theta_{T2-T3} = \frac{(T_2 - T_3)}{R_{i2}} \rightarrow \theta_{T2-T3} \cdot R_{i2} = T_2 - T_3 \quad (3.109)$$

$$\theta_{T3-T4} = k_1 \cdot A \cdot \frac{(T_3 - T_4)}{L_3} \rightarrow \theta_{T3-T4} = \frac{(T_3 - T_4)}{R_{i3}} \rightarrow \theta_{T3-T4} \cdot R_{i3} = T_3 - T_4 \quad (3.110)$$

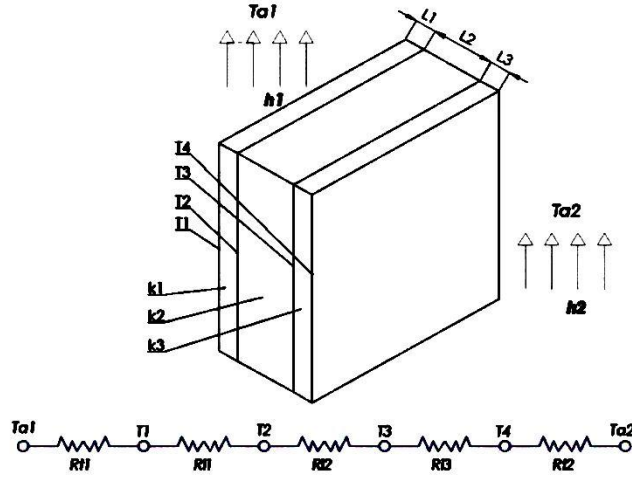
$$\theta_{T4-Ta2} = h_2 \cdot A \cdot (T_4 - T_{a2}) \rightarrow \theta_{T4-Ta2} = \frac{(T_4 - T_{a2})}{R_{t2}} \rightarrow \theta_{T4-Ta2} \cdot R_{t2} = T_4 - T_{a2} \quad (3.111)$$

Sonuç olarak ;

$$\theta_{Ta1-T1} \cdot R_{t1} + \theta_{T1-T2} \cdot R_{i1} + \theta_{T2-T3} \cdot R_{i2} + \theta_{T3-T4} \cdot R_{i3} + \theta_{T4-Ta2} \cdot R_{t2} = T_{a1} - T_{a2}$$

(3.112)

Şekil 3.62’de verilen duvar katmanlarından yola çıkarak, denklik 3.107 ve denklik 3.112’de, taşınım ile gerçekleşen ısı transferi fonksiyonları verilmektedir. Denklik 3.108’den denklik 3.110’a kadar verilen kısımda iç ve dış duvar sacları ve orta izolasyon malzemesinin yüzeyleri arasında iletim ile gerçekleşen, sıcaklık değerlerine bağlı ısı transfer fonksiyonları görülmektedir. Denklik 3.112’de ise duvar dış ve iç sıcaklık farkı ile ısı transfer ve direnç toplamı arasındaki bağıntı gösterilmektedir.



Şekil 3.62. Soğutma tüneli duvarı termik kesit katman grafiği

Termodinamiğin 1. kanuna göre (enerjinin korunumu), soğutma tüneline ki ısı transfer denkliği aşağıda gösterildiği gibi konfigüre edilmektedir[51,52]. Bir sistemin iç enerjisindeki artış: sisteme verilen ısı ile, sistemin çevresine uyguladığı iş arasındaki farktır.

$$\theta_x = \theta_{Ta1-T1} = \theta_{T1-T2} = \theta_{T2-T3} = \theta_{T3-T4} = \theta_{T4-Ta2} \quad \text{ise} \quad (3.113)$$

$$\theta_x \cdot (R_{t1} + R_{i1} + R_{i2} + R_{i3} + R_{t2}) = T_{a1} - T_{a2} \quad (3.114)$$

$$R_{top} = R_{t1} + R_{i1} + R_{i2} + R_{i3} + R_{t2} \quad (3.115)$$

$$\theta_x = \frac{T_{a1} - T_{a2}}{R_{top}} \quad (3.116)$$

Kabul Değerleri;

Soğutma tüneli dış sac kalınlığı: $L_1 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

Soğutma tüneli izolasyon malzemesi kalınlığı: $L_2 = 3.10^{-2} \text{ m}$

Soğutma tüneli iç sac kalınlığı : $L_3 = 1.10^{-3} \text{ m}$

Krom-nikel alaşımlı AISI 304 paslanmaz çelik için 0-23°C'deki ısı iletim değerleri:

$$k_1 = k_3 = 16,3 \frac{\text{W}}{\text{m.K}}$$

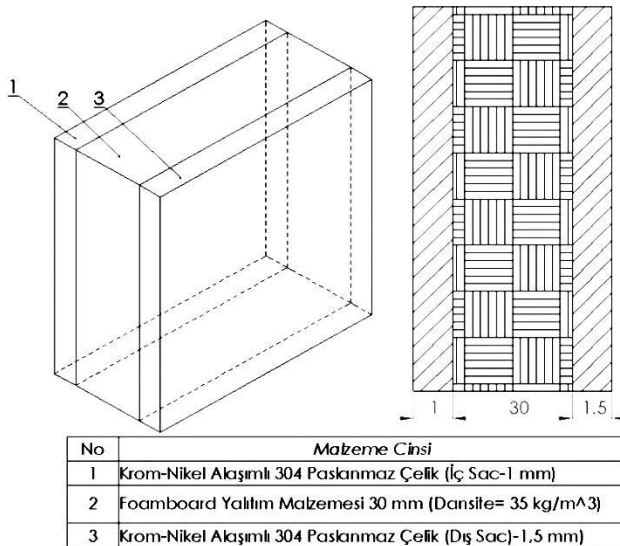
Foamboard izolasyon malzemesinin yoğunluğu ve $L_2 = 30 \text{ mm}$ için ısı iletim değeri:

$$\rho = 30 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad k_2 = 33.10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m.K}}$$

Ortalama tünel dışında bulunan hava sıcaklık değeri 23°C ve tünel içinde ürünün soğutulması için kullanılan hava sıcaklığı değeri 5 °C 'deki ısı iletim katsayıları Çizelge 3.8'den interpolasyon yöntemi ile hesaplanmıştır.

$$23 \text{ °C'de } h_{t1} = 2,591.10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m.K}}$$

$$5 \text{ °C'de } h_{t2} = 2,465.10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{m.K}}$$



Şekil 3.63. Soğutma tüneli duvarı malzeme kesit grafiği

Çizelge 3.8. Havanın sıcaklığa göre değişen fiziksel değerleri [46].

Temperature - t - (°C)	Density - ρ - (kg/m ³)	Specific heat capacity - c _p - (kJ/kg.K)	Thermal conductivity - k - (W/m.K)	Kinematic viscosity - ν - x 10 ⁻⁶ (m ² /s)	Expansion coefficient - β - x 10 ⁻³ (1/K)	Prandtl's number - Pr -
-150	2.793	1.026	0.0116	3.08	8.21	0.76
-100	1.980	1.009	0.0160	5.95	5.82	0.74
-50	1.534	1.005	0.0204	9.55	4.51	0.725
0	1.293	1.005	0.0243	13.30	3.67	0.715
25	1.184	1.005	0.0267	15.11	3.00	0.705

Ortalama dış hava sıcaklığı: $T_{a1}=23\text{ }^{\circ}\text{C}=296\text{ K}$

Ortalama iç hava sıcaklığı: $T_{a2}=5\text{ }^{\circ}\text{C}=278\text{ K}$

Hava girişinin olduğu davlumbaz kanalları ve pencereler ihmal edildiğinde 1 metre uzunluğunda ki soğutma tünele düşen alan denklik 3.117’de görüldüğü üzere $2,24\text{m}^2$ olarak bulunmuştur. Bulunan alan değeri, toplam ısı transfer direncinin hesaplanmasında birim alan olarak kullanılmaktadır.

$$A=(2.a+b).1000 \quad (3.117)$$

$$A=((2.600)+1040).1000\text{ mm}^2$$

$$A=22400000\text{ mm}^2=2,24\text{m}^2$$

$$R_{\text{top}}=R_{t1}+R_{i1}+R_{i2}+R_{i3}+R_{t2} \quad (3.118)$$

$$R_{\text{top}}=\frac{1}{h_{t1}.A}+\frac{L_1}{k_1.A}+\frac{L_2}{k_2.A}+\frac{L_3}{k_3.A}+\frac{1}{h_{t2}.A}$$

$$R_{\text{top}}=\frac{1}{2,591.10^{-2}.2,24}+\frac{1,5.10^{-3}}{16,3.2,24}+\frac{3.10^{-2}}{33.10^{-3}.2,24}+\frac{1.10^{-3}}{16,3.2,24}+\frac{1}{2,465.10^{-2}.2,24}$$

$$R_{\text{top}}=17,23+4,1.10^{-5}+0,406+2,7.10^{-5}+18,11$$

$$R_{top}=35,746 \frac{K}{W}$$

Denklik 3.118’de 2,24 m² alan üzerindeki toplam ısı transfer direnç miktarı bulunmuştur. Bu direnç değeri 3.119’daki denklemde yerine konulduğunda ortaya çıkan sonuç; uygun şartlarda 5°C sıcaklık değerindeki tünel iç ortam ile 23 °C sıcaklık değerinde tünel dış ortam arasında gerçekleşen ve 2,24 m²’lik bir tünel duvarı alanında meydana gelen ısı transfer miktarıdır.

$$\theta_T = \frac{T_{a1}-T_{a2}}{R_{top}} \quad (3.119)$$

$$\theta_T = \frac{296,15-278,15}{35,746}$$

$$\theta_T = 0,503 \text{ W}$$

Soğutma Tünel Duvarlarında Meydana Gelen Toplam Isı Kaybı

Denklem 3.119’da hesaplanan 0,503 W değeri, gözetleme pencereleri ihmal edildiğinde soğutma tünelinin 1 metre uzunluğunda meydana gelen ısı transfer miktarını vermektedir. Birinci bant tertibatı tünelinin toplamında meydana gelen ısı transferini yani soğuk hava rejiminin korunması için çekilmesi gereken ısı miktarını bulabilmek için, denklik 3.120’de görüldüğü üzere, birinci bant tertibatı tünel uzunluğu ($L_{T-1}=4,2 \text{ m}$) ile birim metrede meydana gelen ısı transfer miktarı çarpılarak hesaplanmıştır.

$$\theta_{T1} = \theta_T \cdot L_{T-1} \quad (3.120)$$

$$\theta_{T1} = 0,503 \cdot 4,2$$

$$\theta_{T1} = 2,12 \text{ W}$$

Denklik 3.121’de görüldüğü üzere ikinci bant tertibatı tüneli boyunca meydana gelen ısı transfer miktarı hesaplanmıştır. Burada tünel uzunluğu $L_{T-2}=11,3 \text{ m}$ olarak verilmiştir.

$$\theta_{T2} = \theta_T \cdot L_{T-2} \quad (3.121)$$

$$\theta_{T2}=0,503.11,3$$

$$\theta_{T2}=5,69 \text{ W}$$

Tünel duvarlarında meydana gelen toplam ısı transfer miktarı denklem 3.122’de gösterildiği üzere elde edilmiştir. Bu değer, bir saatte tünel duvarlarında meydana gelen ısı kaybını vermektedir.

$$\theta_{T-Top} = \theta_{T1} + \theta_{T2} \quad (3.122)$$

$$\theta_{T-Top}=2,12+5,69$$

$$\theta_{T-Top}=7,81 \text{ W}=28,116 \text{ kJ/h}$$

Soğutma Boru Hatları Çıkışlarında Değişkenlik Gösteren Hava Hız ve Sıcaklık Değerlerinin ANSYS Programı İle Analizi

Prototipin tez çalışması aşamasında, farklı hava hızları ve farklı soğutma sıcaklarında gıda soğutulmuştur. Gıdanın soğutulması için gerekli olan hava, soğutma grubundan, $0,484 \text{ m}^2$ kesit alanına sahip ana soğutma boru hattına ortalama $16000 \text{ m}^3/\text{h}$ hacimsel hava debisi ile girerek her biri $0,12 \text{ m}^2$ kesit alanına sahip 4 adet soğutma bacasından soğutma tüneline yollanmıştır. Bu işlem esnasında akışkan hava sıcaklığı; hava hızına, dış ortam sıcaklığına, ısı transfer miktarına, kat edilen akış mesafesine, hava akış yüzeyine ve havanın bağıl nemine bağlı olarak artış göstermiştir. Her bir test çalışması esnasında ana boru hattında ölçülen hacimsel hava debisi ve sıcaklık değerleri temel alınıp ANSYS programı kullanılarak soğutma boru sistemi üzerinde hava akış ve sıcaklık analizleri oluşturulmuştur. ANSYS analizleri ile beraber soğutma bacası çıkışındaki hava sıcaklıkları hesaplanmış ve test koşullarına göre ölçülen hava sıcaklık değerleri ile kıyaslaması yapılmıştır. Çizelge 3.9’da verilen bu değerler birbirlerine yakın bulunmakta ve aradaki değer farkları ANSYS’de geometrik hava akış analizi için ihmal edilebilir bulunmaktadır. Soğutma tüneli içindeki havanın sıcaklık değişimleri, hava hızları ve havanın akış geometrisi test koşullarına uygun olarak modellenmiştir.

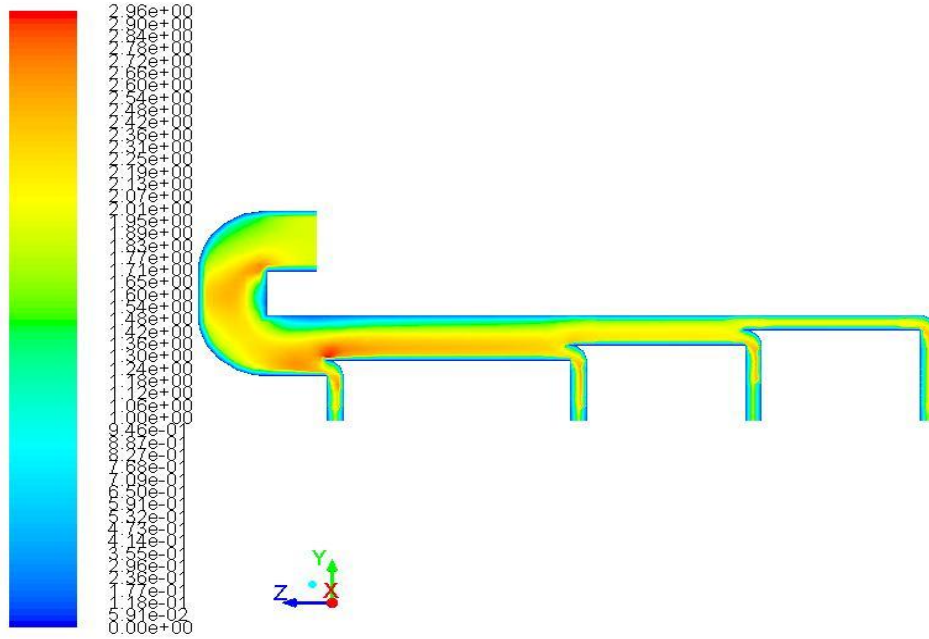
Analiz sonuçları incelendiğinde, 1 numaralı soğutma bacasından soğutma tüneline üflenen hava sıcaklık değerleri ile bant boyunca her bir soğutma bacasından tünele üflenen hava sıcaklık değerleri arasındaki farklar görülmektedir. Elde edilen bu değerler, soğutma sisteminde verim kayıplarının düşürülmesi hususunda yapılacak izolasyon çalışmaları için fikir vermektedir.

Prototipin test çalışmalarında 1 numaralı soğutma bacasından soğutma tüneline 273 K, 281 K, 283,4 K olmak üzere üç farklı sıcaklık değerinde hava yollanılmış bu esnada ana soğutma boru hattındaki hacimsel hava debisi 16000 m³/h olarak ölçülmüştür. Şekil 3.68 ve şekil 3.69’da Test 1, Test 2 ve Test 3 çalışmalarına ilişkin grafiksel akışkan hava hız analizleri gösterilmiş ve bu analizler sonucunda her bir baca tünel bağlantısında ölçülen akışkan hava hızları Çizelge 3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.9. Soğutma baca çıkışlarında, Baca 1’in referans test verilerine göre yapılan hava akış ve sıcaklık analizi.

	Test-1		Analiz--1	Test-2		Analiz--2	Test- 3		Analiz--3
<i>Soğutma Bacaları</i>	<i>Hava Hızı</i>	<i>Hava Sıcaklığı</i>	<i>Hava Sıcaklığı</i>	<i>Hava Hızı</i>	<i>Hava Sıcaklığı</i>	<i>Hava Sıcaklığı</i>	<i>Hava Hızı</i>	<i>Hava Sıcaklığı</i>	<i>Hava Sıcaklığı</i>
	(m/s)	(K)	(K)	(m/s)	(K)	(K)	(m/s)	(K)	(K)
Baca-1	1,913	273	273	1,914	281	281	1,914	283,4	283,4
Baca-2	1,910	278,6	275,8	1,908	285,4	283,2	1,910	288,3	284,91
Baca-3	1,933	281,4	277,4	1,933	287,8	284,3	1,932	289,44	285,87
Baca-4	1,900	285,8	280,3	1,900	290,1	286,3	1,900	301,7	287,69

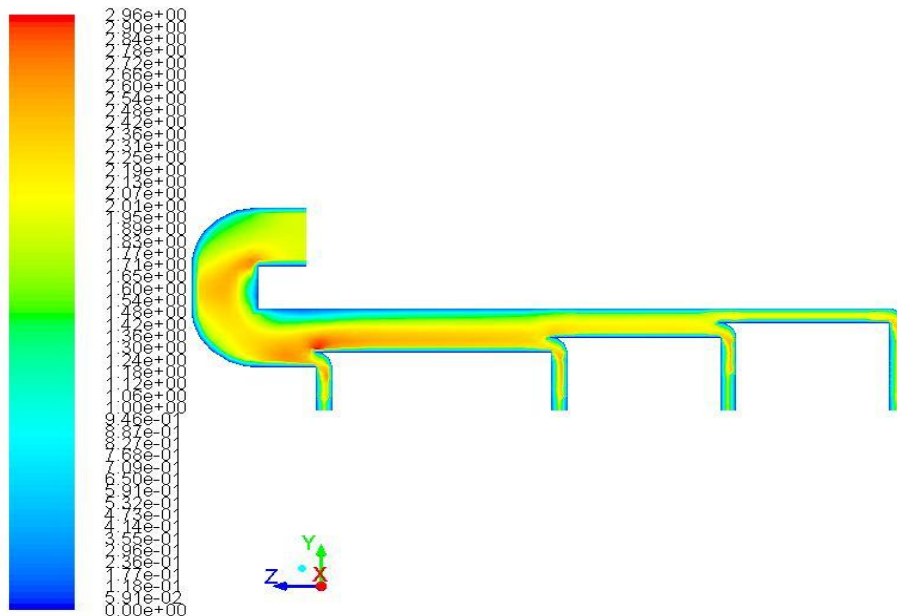
Şekillerden anlaşılacağı gibi, akışkan hava hızının en yüksek olduğu kısım boru hattının orta kısımları ve türbülans noktaları iken boru hattının cidarlarına yakın kısımlarda sürtünme kuvvetinin etkisi ile akışkan hava hızı düşüş göstermektedir. Şekil 3.64, Şekil 3.65 ve Şekil 3.66 ve Şekil 3.67 ve Şekil 3.68’de Test 1, Test 2 ve Test 3 çalışmalarına ilişkin grafiksel akışkan hava sıcaklık analizleri görülmektedir.



Contours of Velocity Magnitude (m/s)

Aug 17, 2012
ANSYS FLUENT 14.0 (3d, pbns, ske)

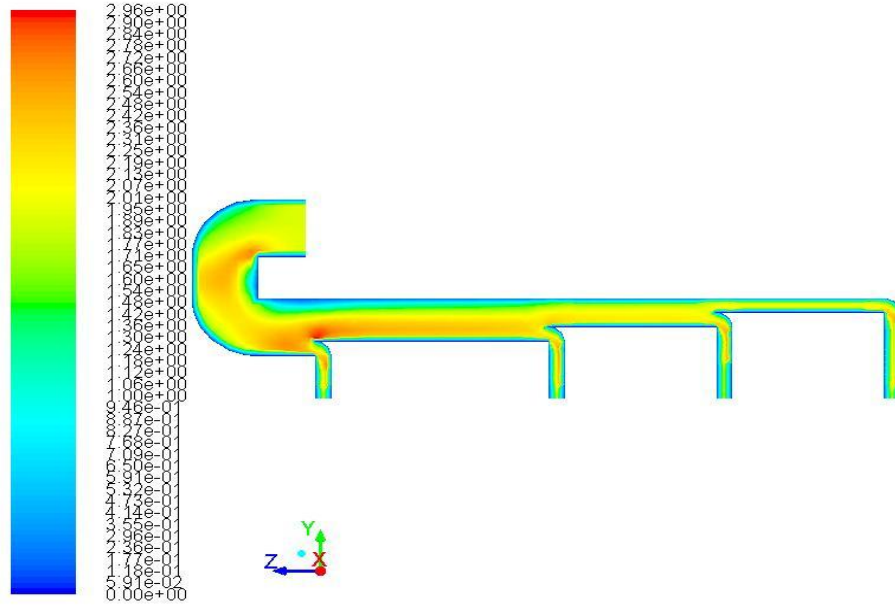
Şekil 3.64. Test 1 şartlarına göre soğutma boru hatlarında oluşan hava akış hızlarının şekilsel grafik analizi



Contours of Velocity Magnitude (m/s)

Aug 17, 2012
ANSYS FLUENT 14.0 (3d, pbns, ske)

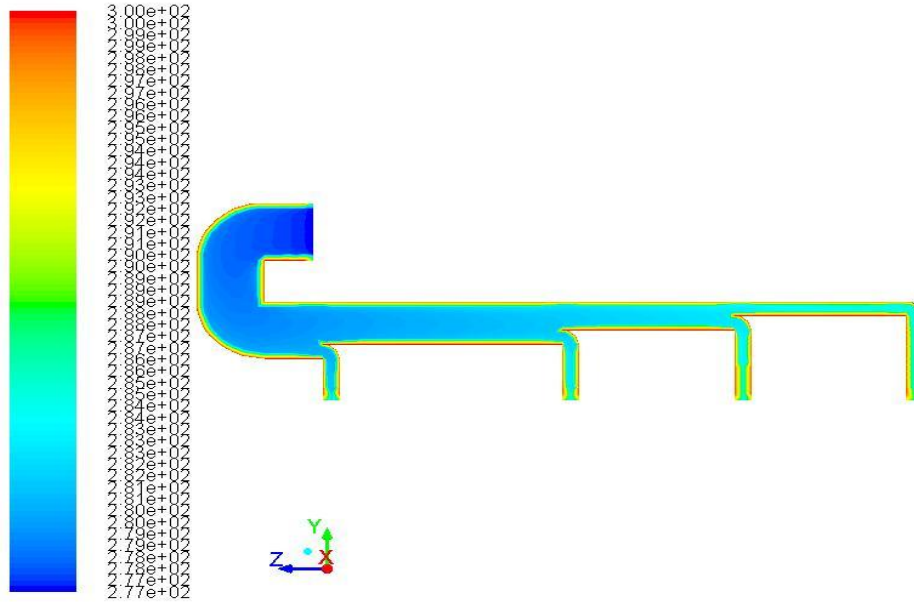
Şekil 3.65. Test 2 ve Test 3 şartlarına göre soğutma boru hatlarında oluşan hava akış hızlarının şekilsel grafik analizi



Contours of Velocity Magnitude (m/s)

Aug 17, 2012
ANSYS FLUENT 14.0 (3d, pbns, ske)

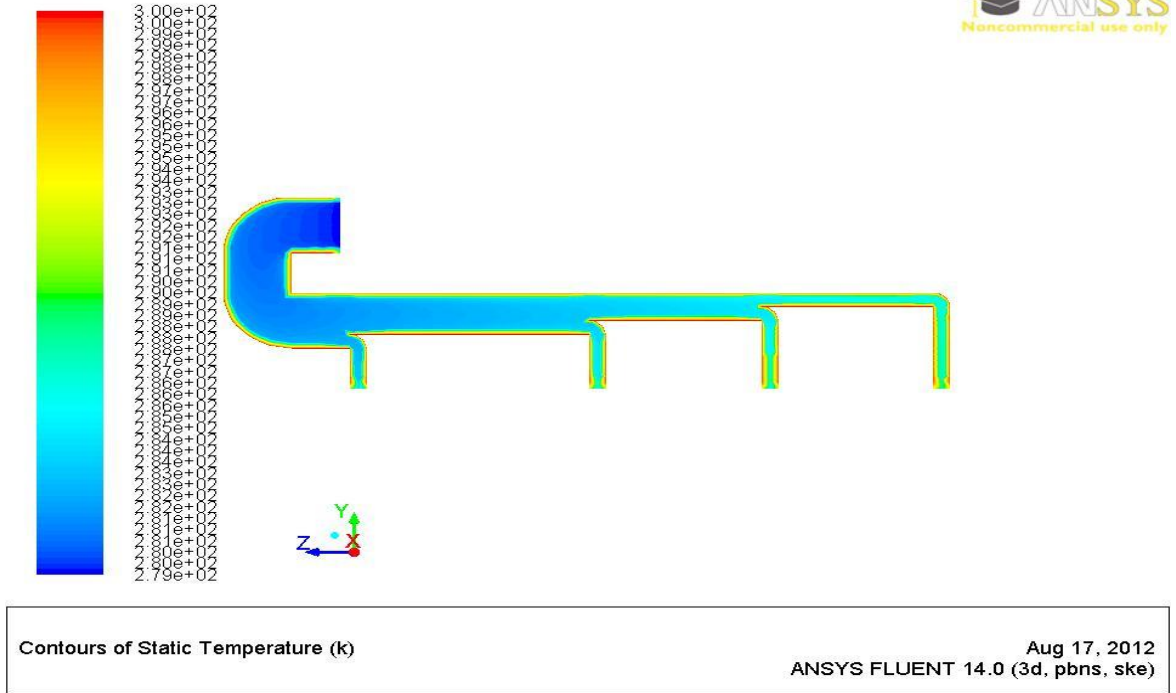
Şekil 3.66. Baca 1'deki 273 K referans akışkan sıcaklığına göre soğutma boru hatlarında oluşan akışkan hava sıcaklık değerlerinin şekilsel grafik analizi.



Contours of Static Temperature (K)

Aug 17, 2012
ANSYS FLUENT 14.0 (3d, pbns, ske)

Şekil 3.67. Baca 1'deki 281 K referans akışkan sıcaklığına göre soğutma boru hatlarında oluşan akışkan hava sıcaklık değerlerinin şekilsel grafik analizi



Şekil 3.68. Baca 1'deki 283,4 K referans akışkan sıcaklığına göre soğutma boru hatlarında oluşan akışkan hava sıcaklık değerlerinin şekilsel grafik analizi.

Test aşamalarında ki baca çıkış sıcaklık değerlerinin sağlanması için ana boru hattı girişinde verilen hava sıcaklık değeri istenilen çıkış değerinden bir miktar düşük tutulmalıdır. Soğutma sistemi tam kapasitede hava üflerken, 296 K dış ortam sıcaklığında, soğutma grubundan boru hatlarına verilmesi gereken akışkan havanın sıcaklık değeri Test 1 için 267 K, Test 2 için 283,6 K ve Test 3 için bu değer 281,69 K olarak hesaplanmıştır. Analiz sonuçlarında hesaplanan bu değerler, farklı iklim koşullarında ve farklı ortam sıcaklıklarında soğutma sisteminde yapılacak ayarlar hakkında fikir vermektedir.

3.3.7. Üretim bandına yönelik analiz ve hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler

Analiz ve hesaplamalar sonucunda, konveyör bandının mekanik ve fiziksel sınırlarını tanımlayan ayrıca akışkan havayı soğutma süresince muhafaza eden soğutma tüneli duvarlarına yönelik pek çok değer elde edilmiştir. Hesaplama ve analizlerde,

konveyör bandının maksimum yük altında çalışması temel alınmıştır. Ayrıca, soğutma tüneli duvarının iç ve dış sıcaklık değerleri, uygun soğutma koşulları ve normal oda sıcaklığı temel alınarak belirlenmiştir. Üretim bandının tasarlanmasında, Çizelge 3.10’da verilen bu değerler belirleyici olmuştur.

Çizelge 3.10. Üretim hattına yönelik elde edilen mekanik ve fiziksel değerler

Üretim Hattına Yönelik Analiz Ve Hesaplamalar Sonucunda Elde Edilen Değerler			
Bant hızı	$V_b = 0,209 \text{ m/sn}$	2. bant alt hatta aşılacak direnç kuvveti	$F_{2-alt} = 221,50 \text{ N}$
Malzeme hacmi (*1m)	$H_m = 384.10^5 \text{ mm}^3$	2. bant için aşması gereken kuvvet	$F_2 = 456,67 \text{ N}$
Malzeme kütlesi(*1m)	$q_m = 55,25 \text{ kg/m}$	2. bant için gergin bantta çekme kuvveti	$F_{2.1} = 915,50 \text{ N}$
Malzeme taşıma kapasitesi	$Q_h = 41635,16 \text{ kg/h}$	2. bant için gevşek bantta çekme kuvveti	$F_{2.2} = 458,83 \text{ N}$
1. bant kol üst tambur ve makara ağırlığı	$q_{r1-üst} = 46,05 \text{ kg/m}$	Yön değ. tamburundaki çekme kuvveti	$F_{2.3} = 680,33 \text{ N}$
1. bant kol alt tambur ve makara ağırlığı	$q_{r1-alt} = 16,35 \text{ kg/m}$	Yön değ. tamburundaki itme kuvveti	$F_{2.4} = 680,33 \text{ N}$
1. bant birim uz. tambur ve rulo ağırlığı	$q_{r1} = 62,4 \text{ kg/m}$	2. bant tamb. maks. döndürme kuvveti	$F_{2-max} = 548,01 \text{ N}$
Birim uzunluktaki bant ağırlığı	$q_b = 4,12 \text{ kg/m}$	1. bant motor gücü	$N_1 = 0,868 \text{ kW}$
1. bant üst hatta aşılacak direnç kuvveti	$F_{1-üst} = 152,77 \text{ N}$	2. bant motor gücü	$N_2 = 1,358 \text{ kW}$
1. bant alt hatta aşılacak direnç kuvveti	$F_{1-alt} = 123,07 \text{ N}$	1. bant gerdirme kuvveti	$F_{G-1} = 599,94 \text{ N}$
1. bant için aşması gereken kuvvet	$F_1 = 275,84 \text{ N}$	2. bant gerdirme kuvveti	$F_{G-2} = 1649,2 \text{ N}$
1. bant için gergin bantta çekme kuvveti	$F_{1.1} = 525,82 \text{ N}$	Pnömatik piston basıncı	$P_{p/2} = 0,265 \text{ bar}$
1. bant için gevşek bantta çekme kuvveti	$F_{1.2} = 249,97 \text{ N}$	A-B arasında anlık gergi kuvveti	$F_{AB} = 617,23 \text{ N}$
Yön değ. tamburundaki çekme kuvveti	$F_{1.3} = 373,05 \text{ N}$	B-C arasında anlık gergi kuvveti	$F_{BC} = 629,53 \text{ N}$
Yön değ. tamburundaki itme kuvveti	$F_{1.4} = 373,05 \text{ N}$	Tünel duvarındaki toplam ısı direnci	$R_{to} = 35,746 \text{ k/W}$
1. bant tambur maks. döndürme kuvveti	$F_{1-max} = 331,02 \text{ N}$	Birim mesafedeki ısı transferi	$Q_T = 0,503 \text{ W/m}$
2. bant kol üst tambur ve makara ağırlığı	$q_{r2-üst} = 23,93 \text{ kg/m}$	1.tünel duvarındaki ısı transferi	$Q_{T-1} = 2,12 \text{ W}$
2. bant kol alt tambur ve makara ağırlığı	$q_{r2-alt} = 10,25 \text{ kg/m}$	2.tünel duvarındaki ısı transferi	$Q_{T-2} = 5,69 \text{ W}$
2. bant birim uz. tambur ve rulo ağırlığı	$q_{r2} = 34,18 \text{ kg/m}$	Tünel toplam ısı transferi	$Q_{T-TOP} = 7,81 \text{ W}$
2. bant üst hatta aşılacak direnç kuvveti	$F_{2-üst} = 235,17 \text{ N}$		

3.4. Tahin Helva Thermo-Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi Ve Soğutma Sürelerinin Hesaplanması

Tahin helvası içeriğinde, Tahin Helva Tebliğinde [7] belirtildiği gibi belirli oranlarda birden fazla gıda maddesini ihtiva etmektedir. Bu durum, tahin helva ile ilgili yapılacak soğuma süreç analizleri için tahin helvanın bileşenlerinin tebliğe uygun oranlarda kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Tebliğe sadık kalınması bile gerek kullanılan ham madde farklılıkları gerekse ortam koşullarında ve hava rejiminde ki

değişiklikler sebebi ile net sonuçların elde edilmesini tek başına mümkün kılmayabilmektedir. Tahin helva ile ilgili soğuma-süreç ilişkisini irdeleyebilmek için işlem boyunca helvada gerçekleşen ısı transferini incelemek gerekmektedir ve bu durum için ise helvanın termo-fiziksel özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Gıdanın termo-fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde ve soğutma süresinin hesaplanmasında gıda tebliğinde ki veriler ve üretimhane de mevcut olan proses bilgilerine sadık kalınmıştır. Çalışma ortamı kabul değerlerinin belirlenmesinde üretim ortamında yapılan test sonuçları belirleyici olmuştur. Belirlenen özellikler çerçevesinde hesaplanan tahin helva merkez noktası soğuma süreci, test aşamasında üretilen helva süreçleri ile karşılaştırılıp incelenmiştir.

Tahin helva kıvamının tutturulması için bazı durumlarda karışım haznesine ilave ısı uygulanmakta ve bu durum sonucunda gıda soğutma süreleri uzamaktadır. Uzayan bu süreyi tolere edebilmek için gıda soğutma süresinde gıda yoğunluğu ve ısı iletim katsayısı hesabında ortalama tahin helva sıcaklık değerini bir miktar artırmak gerekmektedir. Tahin helva yoğunluğu ve ısı iletim katsayısı hesaplamalarında ortalama tahin helva sıcaklığı 47,5°C'den 60°C'ye çıkartılmıştır.

3.4.1. Tahin helva özgül ısısının Heldman ve Choi&Okos yöntemleri ile belirlenmesi

Gıda maddelerinin özgül ısıları, bileşimindeki maddelere bağlıdır. Bir gıda maddesinin bileşimindeki maddelerin her birinin özgül ısılarının bilinmesi, maddenin özgül ısısının tayini için yeterli olmaktadır [54]. Siebel'e göre [55] bir gıda maddesinin özgül ısısı asla katı maddelerin ve suyun özgül ısısından yüksek olamaz çünkü gıda maddesindeki su, katı bileşimleri herhangi bir kimyasal reaksiyonla ısı iletmezsizin çepe çevre sarmaktadır. Buna ilave olarak ise, gıda maddelerinin özgül ısıları, içeriğindeki mevcut suyun özgül ısısından çok daha küçük değerlerde olamaz çünkü su, gıda maddesinin ana bileşenidir [55]. Heldman ise, bileşiminde ki maddelerin kütsel oranlarının kullanılması ile gıda maddesinin özgül ısı yaklaşık değerinin hesaplanmasını mümkün kılan bir denklemi ortaya koymuştur[55]. Bu denklemde gıda maddesinin bileşimindeki su, protein, yağ, karbonhidrat, kül

maddelerinin kütleli oranlarının kullanılması ile gıda maddesinin özgül ısısının hesaplanması mümkün olmuştur.

Çizelge 3.11’de, 05.03.2008-26807 no’lu resmi gazetede yayınlanan Yetki Kanunu Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği Tahin Helvası Tebliğinin içeriğinde, tahin helva bileşiklerinin kütleli oranlarını gösteren değerler verilmektedir. Yağ yüzdesi olarak susam tohumunun yapısında bulunan ve tohumun yaklaşık % 60’ını ihtiva eden susam yağı kabul edilmektedir. Karbonhidrat olarak sakaroz cinsinden toplam şeker yüzdesi kabul edilmektedir[7].

Çizelge 3.11. Tahin helva tebliğinde belirtilen gıda bileşim maddeleri ve oranları [7]

Bileşenler	Kütlece %
Susam Yağı (en az)	26
Tahin Miktarı (en az)	52
Protein (en az)	10
Toplam Şeker (sakaroz cinsinden en çok)	47
Rutubet (en çok)	3
Ham Selüloz (en çok)	-
Kül (en çok)	2
Peroksit sayısı (eks. edl. yağda en çok)	10
Asitlik (eks. Edl. Yağda oleik asit cins. en çok)	2
Helvada Saponin (en çok)	0,1

Tebliğde belirtilen tahin helva kütleli oranları Heldman denkleminde (3.123) yerine yazılarak gerekli özgül ısı değeri hesaplanmıştır[55].

$$cp_{helva-1} = 4,180Xwsu + 1,547Xwprot + 1,672Xwyağ + 1,42XwCHO + 0,836Xwkül \quad (3.123)$$

$$cp_{helva-1} = 4,180 \cdot 0,03 + 1,547 \cdot 0,10 + 1,672 \cdot 0,26 + 1,42 \cdot 0,47 + 0,836 \cdot 0,02$$

$$cp_{helva-1} = 1,398 \text{ kJ/kg}^0\text{C}$$

Temel gıda bileşenlerinin özgül ısı değerleri Choi ve Okos tarafından da incelenmiş, suyun, proteinin, karbonhidratın, yağın ve külün farklı sıcaklıklarda ki özgül ısı

değerlerini ampirik yöntemle ortaya çıkartan denklemler ortaya konulmuştur. Bu denklemler 3.124'den 3.128'e kadar olan kısımda verilmiştir [56].

$$cp_{\text{water}} = 4176,2 - 0,0909 \cdot T + 5,4731 \cdot 10^{-3} T^2 \quad (3.124)$$

$$cp_{\text{CHO}} = 1548,8 + 1,9625 \cdot T - 5,9399 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 \quad (3.125)$$

$$cp_{\text{protein}} = 2008,2 + 1,2089 \cdot T - 1,3129 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 \quad (3.126)$$

$$cp_{\text{fat}} = 1984,2 + 1,4373 \cdot T - 4,8008 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 \quad (3.127)$$

$$cp_{\text{ash}} = 1092,6 + 1,8896 \cdot T - 3,6817 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 \quad (3.128)$$

Choi ve Okos tarafından belirlenen bu ampirik denklemler (3.124-3.128) su için 0-150°C, protein, karbonhidrat, yağ ve kül için ise (-40) - 150°C arasında ki sıcaklık değerlerinde kullanılmaktadır. Bu denklem Çizelge 3.11'deki tahin helva bileşiklerinin kütle yüzde oranlarına uygulanmış ve bileşiklerin yaklaşık özgül ısı değerleri Çizelge 3.12'de gösterildiği üzere hesaplanmıştır. Hesaplama sıcaklığı (47,5 °C) ise helvanın başlangıç (80 °C) ve son (15 °C) sıcaklığının ortalaması olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 3.12. Tahin helva bileşiklerinin özgül ısı yaklaşık değer hesaplamaları

su- $cp_{\text{water}} = 4176,2 - 0,0909 \cdot (47,5) + 5,4731 \cdot 10^{-3} \cdot (47,5)^2 = 4184,23 \text{ J/kgK}$
CHO- $cp_{\text{CHO}} = 1548,8 + 1,9625 \cdot (47,5) - 5,9399 \cdot 10^{-3} \cdot (47,5)^2 = 1628,6 \text{ J/kgK}$
protein- $cp_{\text{prot.}} = 2008,2 + 1,2089 \cdot (47,5) - 1,3129 \cdot 10^{-3} \cdot (47,5)^2 = 2062,66 \text{ J/kgK}$
yağ- $cp_{\text{fat}} = 1984,2 + 1,4373 \cdot (47,5) - 4,8008 \cdot 10^{-3} \cdot (47,5)^2 = 2041,64 \text{ J/kgK}$
kül - $cp_{\text{ash}} = 1092,6 + 1,8896 \cdot (47,5) - 3,6817 \cdot 10^{-3} \cdot (47,5)^2 = 1174,05 \text{ J/kgK}$

Tahin helva özgül ısı değeri Choi ve Okos'un [56] özgül ısı bağıntısı (3.129) ile hesaplanmıştır. Bu bağıntıda Heldman bağıntısında olduğu gibi ampirik bir bağıntı olup test çalışmaları sonunda ortaya çıkartılmıştır. Çizelge 3.12'de verilen tahin

helva bileşiklerinin özgül ısı değerleri sırası ile Choi ve Okos bağıntısında yerlerine konularak tahin helvanın özgül ısı değeri elde edilmiştir.

$$cp_{helva-2} = \sum_{i=1}^n x_i^w cp_{helva-2(i)} \quad (3.129)$$

$$cp_{helva-2} = w_{su} X cp_{su} + w_{CHO} X cp_{CHO} + w_{prot} X cp_{protein} + w_{yağ} X cp_{yağ} + w_{kül} X cp_{kül}$$

$$cp_{helva-2} = 0,03.4184,23 + 0,47.1628,6 + 0,10.2062,66 + 0,26.2041,64 + 0,020.1174,05$$

$$cp_{helva-2} = 1651,55 \frac{J}{kg^{\circ}C}$$

Gıda soğutma sürelerinin hesabında, daha anlamlı sonuçlar elde edilmesi sebebi ile Choi ve Okos denkliği kullanılmıştır.

3.4.2. Tahin helva yoğunluğunun Choi ve Okos Ampirik Yöntemi ile belirlenmesi

Helvanın bileşiğinde bulunan maddelerin yoğunluklarını belirleyen Choi ve Okos ampirik denklemleri denklik 3.130 ile 3.134 arasında verilmiştir[56].

$$\rho_{su} = 997,18 + 0,00311439 \cdot T - 0,003757 \cdot T^2 \quad (3.130)$$

$$\rho_{CHO} = 1599,1 + 0,31046 \cdot T \quad (3.131)$$

$$\rho_{protein} = 1329,9 - 0,51814 \cdot T \quad (3.132)$$

$$\rho_{yağ} = 925,59 - 0,41757 \cdot T \quad (3.133)$$

$$\rho_{kül} = 2423,8 - 0,28063 \cdot T \quad (3.134)$$

Çizelge 3.13'de görüldüğü üzere Choi ve Okos ampirik denkliklerinden faydalanılarak tahin helvanın bileşimlerinin yoğunlukları hesaplanmıştır.

Çizelge 3.13. Choi and Okos ampirik yöntemi ile helva bileşiklerinin yoğunluk değerleri

Su	$\rho_{su}=997,18+0,00311439.60-0,003757.(60)^2=983,841 \text{ kg/m}^3$
Karbonhidrat	$\rho_{CHO}=1599,1+0,31046.60=1617,72 \text{ kg/m}^3$
Protein	$\rho_{protein}=1329,9-0,51814.60=1298,81 \text{ kg/m}^3$
Yağ	$\rho_{yağ}=925,59-0,41757.60=900,53 \text{ kg/m}^3$
Kül	$\rho_{kül}=2423,8-0,28063.60=2406,96 \text{ kg/m}^3$

Tahin helvanın yoğunluk değeri, bileşiklerinin elde edilen yoğunluk değerleri kullanılarak Choi and Okos yöntemi ile denklik 3.135’de gösterildiği üzere hesaplanmıştır.

$$\rho_{helva} = \frac{1}{\frac{V_s}{\rho_{su}} + \frac{V_{CH}}{\rho_{CHO}} + \frac{V_{prot}}{\rho_{protein}} + \frac{V_{yağ}}{\rho_{yağ}} + \frac{V_k}{\rho_{kül}}} \quad (3.135)$$

$$\rho_{helva} = \frac{1}{\frac{0,03}{983,841} + \frac{0,47}{1617,72} + \frac{0,10}{1298,81} + \frac{0,26}{900,53} + \frac{0,020}{2406,96}}$$

$$\rho_{helva} = 1438,75 \text{ kg/m}^3$$

3.4.3. Tahin helva ısı iletim katsayısı hesabı

Gıdaların ısı iletimi ile ilgili literatürde pek çok ısı iletkenlik modeli bulunmaktadır fakat bunların pek çoğu ampirik faktörler ile beraber ürüne özel bilgiler içermektedir. Bu durum uygulanabilirliği kısıtlayan bir durumdur [57]. Choi ve Okos ise saf su, karbonhidrat, protein, yağ, kül ve buz gibi gıda maddesi bileşiklerinin farklı sıcaklıklarda ki ısı iletkenliğini, geliştirdikleri ampirik formüller ile belirlemişlerdir [55]. Choi ve Okos’un belirlediği ve gıda bileşiklerinin ısı iletim katsayısını belirlemede kullanılan ampirik denklemler denklik 3.136’dan denklik 3.140’a kadar olan kısımda verilmiştir[56].

$$k_{\text{water}}=0,57109+1,7625.10^{-3}.T-6,7036.10^{-6}.T^2 \quad (3.136)$$

$$k_{\text{CHO}}=0,20141+1,3874.10^{-3}.T-4,3312.10^{-6}.T^2 \quad (3.137)$$

$$k_{\text{protein}}=0,17881+1,1958.10^{-3}.T-2,7178.10^{-6}.T^2 \quad (3.138)$$

$$k_{\text{fat}}=0,18071-2,7604.10^{-3}.T-1,7749.10^{-7}.T^2 \quad (3.139)$$

$$k_{\text{ash}}=0,32961+1,4011.10^{-3}.T-2,9069.10^{-6}.T^2 \quad (3.140)$$

Choi ve Okos'un ampirik modeli [56] kullanılarak tahin helva bileşiğindeki maddelerin her birinin kabul sıcaklığında ki yaklaşık ısı iletim değerleri Çizelge 3.14'de gösterildiği üzere hesaplanmıştır.

Çizelge 3.14. Tahin helva bileşiklerinin Choi ve Okos modeli ile ısı iletimi yaklaşık değer hesaplamaları

su- $k_{\text{su}}=0,57109+1,7625.10^{-3}.60-6,7036.10^{-6}.(60)^2$	$= 0,653 \text{ W/mC}^0$
CHO- $k_{\text{CHO}}=0,20141+1,3874.10^{-3}.60-4,3312.10^{-6}.(60)^2$	$= 0,269 \text{ W/mC}^0$
protein- $k_{\text{protein}}=0,17881+1,1958.10^{-3}.60-2,7178.10^{-6}.(60)^2$	$= 0,241 \text{ W/mC}^0$
yağ- $k_{\text{yağ}}=0,18071-2,7604.10^{-3}.60-1,7749.10^{-7}.(60)^2$	$= 0,014 \text{ W/mC}^0$
kül- $k_{\text{kül}}=0,32961+1,4011.10^{-3}.60-2,9069.10^{-6}.(60)^2$	$= 0,403 \text{ W/mC}^0$

Bileşiminde ki maddelerin özgül ısıları hesaplanan tahin helvanın ısı iletim katsayısının bulunması için havanın paralel ve dik üfleme modellerinin hesaba katılması ile beraber Kopelman'ının izotropik modeli kullanılmıştır. Kopelman modelinin [58] uygulanacağı tahin helvası için ısı iletim katsayısı hesabında bir takım kabul değerleri ile yola çıkılması gerekmektedir. Isıl iletiminin gerçekleşeceği başlangıç sıcaklık değeri olarak helvanın 80°C'de ki tünele giriş sıcaklığı kabul edilmiştir. Fakat ısı iletiminin bağıl zamana göre düşüş göstermesi ve sıcaklıkla beraber artıyor olması göz önüne alındığında hesaplanan soğutma süresinin tayini için 60°C sıcaklık değerinin kullanılması test verilerine yakın değerlerin elde edilmesine yardımcı olmuştur. Bileşenlerin hacimsel oranlarını (X_{Vi}) içeren fonksiyonlar denklik 3.141'den denklik 3.146'ya kadar olan kısımda verilmiştir.

Bileşimin hacimsel oranı, bileşimin kütleli oranının helvanın öz kütlesi ile çarpımının o bileşimin öz kütlesine bölümüne eşittir.

$$X_{Vi} = \frac{V_{si} \cdot \rho_{helva}}{\rho_i} \quad (3.141)$$

$$X_{Vsu} = \frac{V_{su} \cdot \rho_{helva}}{\rho_{su}} = \frac{0,03 \cdot 1392,4}{983,841} = 0,043 \quad (3.142)$$

$$X_{VCHO} = \frac{V_{CHO} \cdot \rho_{helva}}{\rho_{CHO}} = \frac{0,47 \cdot 1392,4}{1617,72} = 0,418 \quad (3.143)$$

$$X_{Vprotein} = \frac{V_{prot} \cdot \rho_{helva}}{\rho_{protein}} = \frac{0,1 \cdot 1392,4}{1298,81} = 0,110 \quad (3.144)$$

$$X_{Vyağ} = \frac{V_{yağ} \cdot \rho_{helva}}{\rho_{yağ}} = \frac{0,26 \cdot 1392,4}{900,53} = 0,415 \quad (3.145)$$

$$X_{Vkül} = \frac{V_{kül} \cdot \rho_{helva}}{\rho_{kül}} = \frac{0,020 \cdot 1392,4}{2406,96} = 0,011 \quad (3.146)$$

Çizelge 3.15. Tahin helva bileşiklerinin fiziksel değer ve oranları

<i>Bileşenler</i>	<i>Kütle Oranı</i> %	<i>Yoğunluk</i> kg/m^3	<i>Spesifik Hacim</i> m^3/kg	<i>Bileşenlerin</i> <i>Hacimsel Oranı</i> <i>X</i>
Nem	3	983,8416634	0,003049271	0,043871666
Karbonhidrat	47	1617,7276	0,029053099	0,4180041
Protein	10	1298,8116	0,007699346	0,110775041
Yağ	26	900,5358	0,028871701	0,415394215
Kül	2	2406,9622	0,000830923	0,011954979

Paralel modelde, üflenen hava akışı tahin helvaya paralel olarak kabul edilmektedir. Kopelman modeline göre [58], ısı iletim sayısı hesaplanırken, tahin helvanın her bir

bileşeni, bileşen hacimsel oranı ve bileşen ısı iletim sayıları kullanılarak sıralı bir algoritmik dizilimle denklik 3.147’de gösterildiği üzere hesaplanmıştır.

$$k_{pa} = \sum_{i=1}^n k_i X_i^v \quad (3.147)$$

$$k_{pa} = k_{su} X_{su}^v + k_{CHO} X_{CHO}^v + k_{prot} X_{prot}^v + k_{yağ} X_{yağ}^v + k_{kül} X_{kül}^v$$

$$k_{pa} = (0,653).(0,0438) + (0,269).(0,418) + (0,241).(0,110) + (0,014).(0,415) + (0,403).(0,011)$$

$$k_{pa} = 0,178 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Dik modelde, üflenene hava tahin helva üzerine dik bir şekilde etki yaptığı kabul edilmekte ve paralel modelde olduğu gibi tahin helvanın her bir bileşeni, bileşen hacimsel oranı ve bileşen ısı iletim sayıları kullanılarak sıralı bir algoritmik dizilimle denklem 3.148’de gösterildiği üzere hesaplanmıştır.

$$\frac{1}{k_{se}} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i^v}{k_i} \quad (3.148)$$

$$\frac{1}{k_{se}} = \frac{X_{su}^v}{k_{su}} + \frac{X_{CHO}^v}{k_{CHO}} + \frac{X_{prot}^v}{k_{prot}} + \frac{X_{yağ}^v}{k_{yağ}} + \frac{X_{kül}^v}{k_{kül}}$$

$$\frac{1}{k_{se}} = \frac{0,0438}{0,653} + \frac{0,418}{0,269} + \frac{0,110}{0,241} + \frac{0,415}{0,014} + \frac{0,011}{0,403}$$

$$\frac{1}{k_{se}} = 0,032 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Birden fazla bileşime sahip malzemelerin ısı iletim sayılarının bulunmasında kullanılmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Bu modelde her bir birleşimin ısı iletim sayısının hesabı için denklik 3.149, 3.150 ve 3.151’de görüldüğü gibi tekrarlamalı algoritmalar kullanılmaktadır.

$$X_{d,i+1}^v = \frac{V_{i+1}}{\sum_i^{i+1} V_i} \quad (3.149)$$

$$Q_{i+1} = (X_{d,i+1}^v)^{2/3} \left[1 - \frac{k_{i+1}}{k_i} \right] \quad (3.150)$$

$$k_{comp,i+1} = \frac{k_i(1-Q_{i+1})}{1-Q_{i+1} \left[1 - (X_{d,i+1}^v)^{1/3} \right]} \quad (3.151)$$

Denklemden 3.152 ve denklem 3.154’de gösterildiği üzere, hesaplama dağılık fazlı olan su ve karbonhidrat aşamaları ile başlamakta ve bu iki aşama için ısı iletkenlik hesaplanmaktadır.

$$X_{d,CHO}^v = \frac{V_{CHO}}{V_{su} + V_{CHO}} = \frac{29 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^{-3} + 29 \cdot 10^{-3}} = 0,905 \quad (3.152)$$

$$Q_{CHO} = (X_{d,CHO}^v)^{2/3} \left[1 - \frac{k_{CHO}}{k_{su}} \right]$$

$$Q_{CHO} = (0,905)^{2/3} \left[1 - \frac{0,269}{0,653} \right] = 0,549 \quad (3.153)$$

$$k_{su-CHO} = \frac{k_{su} \cdot (1-Q_{CHO})}{1-Q_{CHO} \left[1 - (X_{d,CHO}^v)^{1/3} \right]}$$

$$k_{su-CHO} = \frac{0,653 \cdot (1-0,549)}{1-0,549[1-(0,905)^{1/3}]} = 0,299 \text{ W/m}^\circ\text{C} \quad (3.154)$$

Sonra ki evrede su-karbonhidrat aşamaları düzenli faz olarak alınmakta ve bunlara ek olarak protein fazı düzensiz faz olarak hesaplama evresine dâhil olmaktadır. Üç bileşenli ısı iletim katsayısı denklik 3.155, denklik 3.156 ve denklik 3.157’de gösterildiği üzere hesaplanmıştır.

$$X_{d,protein}^v = \frac{V_{protein}}{V_{su} + V_{CHO} + V_{protein}} = \frac{7,6.10^{-3}}{3.10^{-3} + 29.10^{-3} + 7,6.10^{-3}} = 0,193 \quad (3.155)$$

$$Q_{protein} = (X_{d,protein}^v)^{2/3} \left[1 - \frac{k_{protein}}{k_{su-CHO}} \right]$$

$$Q_{protein} = (0,193)^{2/3} \left[1 - \frac{0,241}{0,299} \right] = 0,065 \quad (3.156)$$

$$k_{su-CHO-protein} = \frac{k_{su-CHO} \cdot (1 - Q_{protein})}{1 - Q_{protein} \left[1 - (X_{d,protein}^v)^{1/3} \right]}$$

$$k_{su-CHO-protein} = \frac{0,299 \cdot (1 - 0,065)}{1 - 0,065 [1 - (0,193)^{1/3}]} = 0,287 \text{ W/m}^\circ\text{C} \quad (3.157)$$

3.4.4. Tahin helvaya uygulanan hava rejiminin belirlenmesi ve konvansiyonel ısı transfer hesabı

Tahin helvanın termo-fiziksel özelliklerinin belirlenmesi için helva bileşenlerinin oluşturduğu bir ısı iletim katsayısı denklik 3.157’de hesaplanmıştır. Bu sayı, hesaplamalarımızda, denklikte 3.158’de görüldüğü gibi helvanın ısı iletim katsayısı olarak kabul edilmiştir.

$$k_{su-cho-protein} = k_{he} = 0,287 \text{ W/m}^\circ\text{C} \quad (3.158)$$

Laminer ve türbülanslı akışta oluşan geçiş cismin yüzey geometrisine, yüzey pürüzlülüğüne, akış hızına, yüzey sıcaklığına, akışkan tipine bağlıdır ve bu değerler

Reynold sayısı ile karakterize edilmektedir[59]. Bu sebeple tahin helva soğutma hesabında kullanılan Reynold sayısının doğru tayini, yapılan hesaplamalarda sağlıklı verilerin elde edilmesi için önem arz etmektedir. Tahin helva üzerine üflenene hava, tünel ve davlumbaz yapısından kaynaklı olarak türbülans yapmaktadır. Klapeler açıldığında ve Chiller soğutma grubu tam performans çalıştırıldığında soğutma grubu ana dağıtım boru hattında $15500-16000 \text{ m}^3/\text{h}$ hacimsel kapasiteli hava debisi üretilmektedir. Sistemin tam kapasitede çalıştırıldığı ve verim kayıpları ihmal edildiği takdirde her bir hava bacasından sisteme ortalama $4000 \text{ m}^3/\text{h}$ hava üflenmektedir. Bu hava hızının değerleri, sürtünme kuvvetleri ihmal edildiğinde baca kesit alanında $9,07 \text{ m/s}$, soğutma davlumbazından tünele geçişinde ise $0,67 \text{ m/s}$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler eşliğinde türbülanslı havaya göre Reynolds sayısı hesabı yine türbülanslı meydana gelen sürtünme kuvvetleri ihmal edildiğinde denklik 3.159’da görüldüğü üzere hesaplanmıştır. Soğutma sisteminden helvaya gönderilen hava, 78 mm genişliğindeki helva yüzeyini yalamaktadır.

$$Re = \frac{V_{ha} \cdot U_y}{\nu} \quad (3.159)$$

$$Re = \frac{0,67 \cdot 0,078}{1,51 \cdot 10^{-5}} = 3494,35$$

Soğutma rejiminde kullanılan akışkanın ısı iletkenlik özelliğinin belirlenmesinde az da olsa etkin rol oynayan ve hesaplamada kullanılması gereken sayılardan biriside Prandtl sayısıdır. Prandtl sayısı, akışkanın dinamik viskozitesinin ısısal yayılım katsayısına oranı olarak tanımlanır [60, 61]. Prandtl sayısı elde edilen parametreler bağlı olarak denklem 3.160’da görüldüğü üzere hesaplanmıştır.

$$Pr = \frac{\mu \cdot c_{p_{helva-2}}}{k_{he}} = \frac{1,86 \cdot 1,651}{0,287} = 10,69 \quad (3.160)$$

Konvansiyonel ısı iletiminde, ısıyın akışkan bir şekilde iletilmesi için bir Nusselt sayısına ihtiyaç duyulmaktadır. Nusselt sayısı boyutsuz bir ısı iletim katsayısıdır ve

akışkan tabakasındaki ısı yayılımını, sürtünme katsayısını göz önüne alarak belirlemektedir[59]. Nusselt sayısı farklı akış geometrilerine bağlı olarak farklılık gösterir bu nedenle taşınım ile ısı transferi konusunda belirleyici bir rol oynamaktadır. Nusselt sayısı, denklik 3.161’de görüldüğü üzere hesaplanmıştır.

$$Nu = \frac{h_{ha} \cdot U_y}{k_{he}} = 0,037 \cdot Re_L^{0,8} \cdot Pr^{\frac{1}{3}} \quad (3.161)$$

$$Nu = 0,037 \cdot 3494,35^{0,8} \cdot 10,69^{\frac{1}{3}}$$

$$Nu = 55,70$$

Denklik 3.162’de gösterildiği üzere, Nusselt sayısı ve helvanın ısı iletim katsayısının çarpımının helva yüzey mesafesine bölünmesi ile akışkan havanın ısı taşınım katsayısını verilmiştir.

$$h_{ha} = \frac{Nu \cdot k_{he}}{U_y} \quad (3.162)$$

$$h_{ha} = \frac{55,70 \cdot 0,287}{0,078} = 205,35 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Hava akışı ile soğutma yapan sistemlerde ısı taşınım katsayıları, durağan soğutma yapan sistemlere göre daha yüksek olmaktadır. Bu durum ısı taşınım katsayılarının artan hava akış hızı ile beraber arttığını göstermektedir. Kabul değerleri kapsamında oluşturulan referans değerler ile kütlesi 80 gr ve ölçüleri 19x45x78 mm olan standart bir helva kalıbının soğutulması için gerekli konvansiyonel ısı miktarı denklemde 3.163’de gösterildiği üzere hesaplanmıştır.

$$Q_{konv} = h_{ha} \cdot A_{he} \cdot (T_i - T_{\infty}) \quad (3.163)$$

$$Q_{\text{konv}} = 205,35 \cdot \frac{45,78}{10^6} \cdot (80-8)$$

$$Q_{\text{konv}} = 51,89 \text{ W}$$

3.4.5. Tahin helva merkez noktası soğutma süresinin One -Term Yaklaşımı yöntemi ile hesaplanması

One -Term Yaklaşım Yöntemi, katı cisimde ısı akısını Biot ve Fourier sayılarının fonksiyonel denklikleri ile tanımlayan bir yöntemdir. Bu yöntem ile küre, küp ve plaka gibi belirli üç geometrik şekil baz alınarak katı cisimlerin son merkez sıcaklığı ve sıcaklığa geçiş süreleri hesaplanmaktadır. Yöntemin kullanışlılığı Fourier sayısının değeri ile belirlenmektedir. Eğer Fourier sayısının hesaplanan değeri denklem 3.168’de gösterildiği üzere 0,2 değerinden büyük çıkarsa ($\tau > 0,2$) o zaman %2’den küçük bir hata oranı ile hesaplama yapabilmektedir. Böyle bir durumda %2’lik hata oranı ihmal edilebilir ve one-term yaklaşım yöntemi hesaplamalar yapıla bilinir olmaktadır[59]. Bu yöntemin uygulanabilmesi için bir takım kabul şartlarında bulunulması gerekmektedir. Konvansiyonel ısı yayılımı sabit ve düzenli olduğu aynı zamanda malzeme yapısında kendiliğinden ısı üretimi olmadığı kabul edilmiş ayrıca tahin helvanın soğutma tüneline girmeden önce homojen bir sıcaklıkta olduğu kabul edilmiştir. Denklik 3.164’de iç ve yüzey sıcaklık değerleri kullanılarak elde edilen sınırsız ölçü aralığına sahip boyutsuz bir sıcaklık katsayısı hesaplanmıştır. Bu katsayı, tahin helvanın önceden belirlenen son merkez sıcaklığını karakterize etmekte ve sonraki hesaplama süreçlerinde varılan soğuma süresini doğrudan etkilemektedir.

$$Q_{0\text{-wall}} = \frac{T_0 - T_\infty}{T_i - T_\infty} = A_1 e^{-\lambda_1^2 \tau} \quad (3.164)$$

$$Q_{0\text{-wall}} = \frac{T_0 - T_\infty}{T_i - T_\infty} = \frac{15-8}{80-8} \rightarrow Q_{0\text{-wall}} = \frac{7}{72} = 0,097$$

Denklem 3.164’de hesaplanan bu katsayıda, T_{∞} değeri gıdaya üflenen hava sıcaklığını, T_i tahin helvanın iç hava sıcaklığını ve T_0 ise tahin helvanın merkez noktasının ulaşılması istenilen son sıcaklığını göstermektedir. İlk aşamada tahin helva merkez nokta sıcaklığı 15°C olarak kabul edilmiştir.

Biot sayısı hesabı

Biot sayısı (Bi) yüzey ısı taşınım büyüklüğü ile gövde ısı iletim büyüklüğünün birbirleri ile ilişkisini tanımlayan bir sayıdır. Başka bir deyiş ile bir katı maddenin iç ısı direncinin sınır tabaka ısı direncine oranı olarak tanımlanmaktadır. Tahin helva malzemesinin Biot sayısı ne kadar büyük değerlerde çıkarsa helva kalıbı iç ısı iletim direncinin helva dış yüzeyi ısı taşınım direncinden o oranda büyük olması anlamına gelmektedir. Bu durum ise helvanın merkez noktasının istenilen sıcaklık düzeyine getirilmesi için gerekli olan sürenin uzaması anlamına gelmektedir. Denklik 3.165’de Biot sayı değeri hesaplanmaktadır[59,61].

$$Bi = \frac{h_{ha} \cdot L_m}{k_{he}} \quad (3.165)$$

$$Bi = \frac{205,35 \cdot 0,0095}{0,287}$$

$$Bi = 6,784$$

Fourier sayısı hesabı

Fourier sayısı, gövde boyunca gerçekleşen ısı iletiminin, ısı depolama ile ilgili ilişkisini tanımlayan bir ölçüdür. Sonuç olarak hesaplanan Fourier sayısının büyüklüğü, ısı iletiminde, gövdede ki ısı yayılımının daha hızlı gerçekleşeceği anlamına gelmektedir[59]. Denklikte 3.166’da, mevcut Biot sayısına göre Çizelge 3.16’dan interpolasyon yöntemi ile bulunan λ_1 değeri ile A_1 değeri verilmiştir. Bu

değerler Biot sayısının fonksiyonlarını içermektedir ve tahin helva soğutma süresi hesaplamalarında Fourier sayısının belirlenmesinde kullanılmaktadır.

$$\lambda_1 = 1,225, A_1 = 1,210 \quad (3.166)$$

Çizelge 3.16. Biot sayısı ve madde şekillerine göre A_1 , λ_1 değerler listesi[59]

Coefficients used in the one-term approximate solution of transient one-dimensional heat conduction in plane walls, cylinders, and spheres ($Bi = hL/k$ for a plane wall of thickness $2L$, and $Bi = hr_s/k$ for a cylinder or sphere of radius r_s)							The zeroth- and first-order Bessel functions of the first kind		
Bi	Plane Wall		Cylinder		Sphere		ξ	$J_0(\xi)$	$J_1(\xi)$
	λ_1	A_1	λ_1	A_1	λ_1	A_1			
0.01	0.0998	1.0017	0.1412	1.0025	0.1730	1.0030	0.0	1.0000	0.0000
0.02	0.1410	1.0033	0.1995	1.0050	0.2445	1.0060	0.1	0.9975	0.0499
0.04	0.1987	1.0066	0.2814	1.0099	0.3450	1.0120	0.2	0.9900	0.0995
0.06	0.2425	1.0098	0.3438	1.0148	0.4217	1.0179	0.3	0.9776	0.1483
0.08	0.2791	1.0130	0.3960	1.0197	0.4860	1.0239	0.4	0.9604	0.1960
0.1	0.3111	1.0161	0.4417	1.0246	0.5423	1.0298	0.5	0.9385	0.2423
0.2	0.4328	1.0311	0.6170	1.0483	0.7593	1.0592	0.6	0.9120	0.2867
0.3	0.5218	1.0450	0.7465	1.0712	0.9208	1.0880	0.7	0.8812	0.3290
0.4	0.5932	1.0580	0.8516	1.0931	1.0528	1.1164	0.8	0.8463	0.3688
0.5	0.6533	1.0701	0.9408	1.1143	1.1656	1.1441	0.9	0.8075	0.4059
0.6	0.7051	1.0814	1.0184	1.1345	1.2644	1.1713	1.0	0.7652	0.4400
0.7	0.7506	1.0918	1.0873	1.1539	1.3525	1.1978	1.1	0.7196	0.4709
0.8	0.7910	1.1016	1.1490	1.1724	1.4320	1.2236	1.2	0.6711	0.4983
0.9	0.8274	1.1107	1.2048	1.1902	1.5044	1.2488	1.3	0.6201	0.5220
1.0	0.8603	1.1191	1.2558	1.2071	1.5708	1.2732	1.4	0.5669	0.5419
2.0	1.0769	1.1785	1.5995	1.3384	2.0288	1.4793	1.5	0.5118	0.5579
3.0	1.1925	1.2102	1.7887	1.4191	2.2889	1.6227	1.6	0.4554	0.5699
4.0	1.2646	1.2287	1.9081	1.4698	2.4556	1.7202	1.7	0.3980	0.5778
5.0	1.3138	1.2403	1.9898	1.5029	2.5704	1.7870	1.8	0.3400	0.5815
6.0	1.3496	1.2479	2.0490	1.5253	2.6537	1.8338	1.9	0.2818	0.5812
7.0	1.3766	1.2532	2.0937	1.5411	2.7165	1.8673	2.0	0.2239	0.5767
8.0	1.3978	1.2570	2.1286	1.5526	2.7654	1.8920	2.1	0.1666	0.5683
9.0	1.4149	1.2598	2.1566	1.5611	2.8044	1.9106	2.2	0.1104	0.5560
10.0	1.4289	1.2620	2.1795	1.5677	2.8363	1.9249	2.3	0.0555	0.5399
20.0	1.4961	1.2699	2.2880	1.5919	2.9857	1.9781	2.4	0.0025	0.5202
30.0	1.5202	1.2717	2.3261	1.5973	3.0372	1.9898	2.6	-0.0968	-0.4708
40.0	1.5325	1.2723	2.3455	1.5993	3.0632	1.9942	2.8	-0.1850	-0.4097
50.0	1.5400	1.2727	2.3572	1.6002	3.0788	1.9962	3.0	-0.2601	-0.3391
100.0	1.5552	1.2731	2.3809	1.6015	3.1102	1.9990	3.2	-0.3202	-0.2613
∞	1.5708	1.2732	2.4048	1.6021	3.1416	2.0000			

Denklik 3.168'de görüldüğü üzere, elde edilen değerler yerine yazılmış ve üstel fonksiyonun e tabanında ki tersi alınarak Fourier sayısı hesaplanmıştır.

$$Q_{0\text{-wall}} = \frac{T_0 - T_\infty}{T_i - T_\infty} = A_1 e^{-\lambda_1^2 \tau} \rightarrow \frac{Q_{0\text{-wall}}}{A_1} = \frac{1}{e^{\lambda_1^2 \tau}} \rightarrow e^{\lambda_1^2 \tau} = \frac{A_1}{Q_{0\text{-wall}}} \quad (3.167)$$

$$e^{\lambda_1^2 \tau} = \frac{A_1}{Q_{0\text{-wall}}} = \frac{1,210}{0,097} = 12,45$$

$$\ln(e^{\lambda_1^2 \tau}) = \ln(12,45) \quad (3.168)$$

$$\lambda_1^2 \cdot \tau = 2,522 \rightarrow \tau = \frac{2,522}{\lambda_1^2} \rightarrow \tau = \frac{2,522}{1,225^2} \rightarrow \tau = 1,678 \quad (\tau > 0,2)$$

Denklem 3.168’de hesaplandığı üzere Fourier sayısı 0,2’den büyük olma şartını sağlamaktadır. Bu durum one-term yaklaşımı yönteminin %2’lik ihmal edilebilir bir hata payı ile hesaplama yapabileceğini göstermektedir.

Alfa sayısının hesabı

Alfa (α) sayısı, maddenin yapısında iletim ile gerçekleşen ısı birim zamanda kat ettiği alanı sayısal olarak belirtmektedir[55]. Denklik 3.169’da görüldüğü üzere alfa sayısı hesaplanmıştır.

$$\alpha = \frac{k}{\rho_{he} \cdot c_p} = \frac{0,287}{1438,75 \cdot 1651,55} = 1,21 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s} \quad (3.169)$$

Soğutma süresi yaklaşık hesabı

Soğuma süresi yaklaşık hesabında one-term yaklaşım yöntemi denkliği kullanılmaktadır[59]. Bu denklikte elde edilen Fourier sayısını denklem 3.168’de bulunmuştu. Hacmi L^3 olan bir gövdenin uzunluğu boyunca gerçekleşen ısı iletiminin aynı hacimde gerçekleşen ısı iletim hızına oranı denklem 3.170’de gösterilmiştir. Denklem 3.170’de görüldüğü üzere ayrıca soğuma süresi (t) çekildiğinde; belirli kalıp ölçülerindeki tahin helvanın merkez noktasının belirli bir sıcaklık değerine getirilmesi için geçmesi gereken süreyi ortaya çıkmaktadır. Bu süre denklem 3.171’de görüldüğü üzere hesaplanmıştır.

$$\tau = \frac{\alpha \cdot t}{L_m^2} = \frac{k \cdot L_m \cdot (\frac{1}{L_m})}{\rho \cdot c_p \cdot L_m^3 / t} = \frac{\Delta_t}{\Delta_t} \rightarrow t = \frac{\tau \cdot L_m^2}{\alpha} \quad (3.170)$$

$$t = \frac{\tau \cdot L_m^2}{\alpha} = \frac{1,678 \cdot (95 \cdot 10^{-3})^2}{1,21 \cdot 10^{-7}} \quad (3.171)$$

$$t = 1251,98 \text{ s} = 20,8 \text{ dk}$$

3.4.6. Elde edilen hesaplama değerlerinin test değerleri ile karşılaştırılması

Yaklaşık soğutma sürecinin ortaya çıkarılmasına kadar bir dizi hesaplama gerçekleştirilmiştir ve gerek gıda maddesi ile ilgili gerekse güç soğutma koşulları ile ilgili pek çok veri elde edilmiştir. Bununla beraber güç soğutma koşullarında bir takım kabul değerleri kullanılmış ve soğutma sırasında gerçekleşen bir takım verim kayıpları hesaba katılmamıştır. Bu yüzden yapılan nümerik analizlerin sonunda ortaya çıkan soğutma süresinin gerçek soğutma süresinden farklı değerlerde olması beklenen bir durumdur. Bu durumun irdelenmesi için ancak üretim hattının öngörülen çalışma koşulları altında ürettiği tahin helva örneklerinin merkez nokta sıcaklıklarının karşılaştırılması ile mümkün olmaktadır. Sıcaklığı ortalama 80 °C olan 80 gram kütleinde 19x45x78 mm boyutlarındaki helva kalıbının merkez sıcaklığının 15 °C ye düşürülmesi için geçen süre hesaplamalarda 20,8 dakika olarak bulunmuştur. Tahin helvanın üretim bandında kalmasını sağlayacak süreyi belirleyen konveyör bandının hızı kontrol edebiliyor olursa da karşılaştırma için bulunan 20,8 dakikalık süre test üretimin değerlerinin kıyaslaması için uzun bulunmaktadır. Sürenin uygulanabilir bir seviyeye indirgenmesi için daha önce hedeflenen tahin helva merkez sıcaklığının yükseltilmesi gerekmektedir. Tahin helva merkez nokta sıcaklığının ne kadar yükseltileceğinin belirlenmesi için test üretim koşullarına uygun kabul değerleri belirleyip bu değerler kapsamında tahin helva kalıplarının soğutulup, çıkan merkez sıcaklığını referans merkez sıcaklık değeri olarak alınması sağlıklı bir kıyaslama için uygun olmaktadır. Üretim bandında sıcak helva üzerine üflenen havanın hacimsel debisi, hızı ve sıcaklığı, tahin helvayı taşıyan konveyör bandın hızı gibi parametrelerin kontrol ediliyor olması tahin helvasının soğutulması için farklı çalışma programlarına imkân sunmaktadır.

Çizelge 3.17’ de görüldüğü üzere iki farklı test ortamı oluşturulmuştur. İki test ortamında da soğutma sisteminin hacimsel hava üretim kapasitesi en üst seviyede tutulmuş, aynı zamanda 4 adet soğutma bacası ve her bir bacanın soğutma tüneli arasında bulunan ve hava akışını kontrol eden klapeler tam açık olarak ayarlanmıştır. Verim kayıpları ihmal edildiğinde her bir soğutma bacasından tünele yaklaşık 4000 m³/h hacimsel debide hava gönderildi. Birinci test aşamasında bandın çizgisel hızı

bir potansiyometre aracılığı ile 0,0373 m/s süreye ayarlanıp üflenen hava sıcaklığı 8 °C de sabit tutulmuştur. İkinci test ortamında ise potansiyometre anahtarı bir kademe düşürülerek bandın çizgisel hızı 0,0259 m/s hıza indirgenmiş ve üflenen hava sıcaklığı 10,4 °C'ye yükseltilmiştir. Her bir test aşamasında 15' er adet 80 gramlık tahin helva üretilmiş ve bu helvaların merkez nokta sıcaklıkları tünel çıkışlarında ölçülmüştür. Ölçülen sıcaklıkların ortalaması Çizelge 3.17'de verilmiştir.

Çizelge 3.17. Test numunelerinin merkez nokta sıcaklıkları ve ortalama sıcaklık değerleri

Test 1		Test 2	
Numune Sayısı	Merkez Nokta Sıcaklığı (°C)	Numune Sayısı	Merkez Nokta Sıcaklığı (°C)
1	38,7	1	34,3
2	39,5	2	36,3
3	39,2	3	35,2
4	39,7	4	34,7
5	39,9	5	34,6
6	39,7	6	34,8
7	38,5	7	34,5
8	38,7	8	34,7
9	39	9	34,6
10	39,1	10	34,8
11	38,8	11	35
12	38,8	12	35,1
13	38,9	13	34,9
14	38,6	14	34,8
15	39,5	15	35,3
Ortalama	39,11	Ortalama	34,91

Çizelge 3.18'de, Heldman ve Choi&Okos denklikleri ile elde edilen özgül ısı değerlerinin One-term yaklaşım modelinde kullanılması ile oluşan soğutma süreleri verilmektedir. Test 1 aşamasında, tahin helva kalıbının merkez nokta sıcaklığını ortalama 39,1 °C'ye getirilmesi için kayıt edilen süre 415, 53 saniye iken Heldman özgül ısı değeri kullanılarak hesap edilen soğuma süresi 373, 64 saniye ve Choi - Okos özgül ısı değeri kullanılarak hesap edilen soğuma süresi 511,71 saniye çıkmıştır. Test 2 aşamasında ise, tahin helva kalıbının merkez nokta sıcaklığının

ortalama 34,9 °C ye getirilmesi için geçen süre 596,92 saniye iken Heldman özgül ısı değeri kullanılarak hesap edilen soğuma süresi 448,47 saniye ve Choi - Okos özgül ısı değeri kullanılarak hesap edilen soğuma süresi 613,73 saniye çıkmıştır.

Çizelge 3.18. Heldman ve Choi&Okos denkliklerinin nümerik modellemede kullanılmasıyla oluşan farklı sıcaklık değerleri

Test Ortamında ve Farklı Özgül Isı Katsayıları Kullanılan Nümerik Modellemede Hesaplanan Helva Merkez Nokta Soğuma Süreleri		
Helva Merkez Nokta Sıcaklık Değerleri	39,1 °C	34,9 °C
Test Ortamında Ölçülen Soğuma Süreleri	415,53 sn	596,92 sn
Nümerik Modellemede Hesaplanan Soğuma Süreleri (Choi ve Okos Özgül Isı Değeri)	511,71 sn	613,73 sn
Nümerik Modellemede Hesaplanan Soğuma Süreleri (Heldman Özgül Isı Değeri)	373,64 sn	448,47 sn

Choi-Okos denkliğinden elde edilen özgül ısı değerinin kullanımı ile hesaplanan soğutma süreleri, test ortamında ölçülen değerlere daha yakın olduğu görülmektedir. Bu sebep ile helva soğutma sürelerine ilişkin analizlerde Choi-Okos denkliğinin kullanılması test değerlerine yakınlığı açısından tercih edilmiştir.

Çizelge 3.19. Tahin helva test üretimi çalışma şartları

<i>Test No</i>	<i>Bant Hızı (m/s)</i>	<i>Tambur (d/dk)</i>	<i>Tünelde Kalma Süresi(s)</i>	<i>Soğutma Kapasitesi (m³/h)</i>	<i>Klape Açıklığı (y/100)</i>	<i>Üflenme Hava Sıcaklığı (°C)</i>	<i>Merkez Nokta Sıcaklığı (°C)</i>
1	0,0373	4,455	415,5	15600-16000	100	8	39,1
2	0,0260	3,10	596,92	15600-16000	100	10,4	34,9

Test 1 ve Test 2 aşamaları için yapılan nümerik hesaplamalar sonucunda tahin helvasının ısısal ve termo-fiziksel özelliklerine yönelik ve soğutma rejimini tanımlayan veriler elde edilmiştir. Bu değerler elde edilirken, Çizelge 3.19’da gösterilen test ortamında ölçülen akışkan havanın hızı, akışkan hava sıcaklığı ve

tahin helvanın merkez nokta sıcaklıkları kabul değerleri olarak alınmış ve nümerik hesaplamalar bu değerlere bağlı kalınarak yapılmıştır.

Çizelge 3.20. Tahin helva soğutma hesap değerleri

No	Hesaplanan Değerler	Simge	Birim	Analiz-1 Değerleri	Analiz-2 Değerleri
1	Hava Isı İletim Katsayısı	h_{ha}	W/m ² °C	205,3513129	205,1122958
2	Kinematik Viskozite	ν	m ² /s	1,50966E-05	1,51709E-05
3	Prandtl Sayısı	Pr	birimsiz	10,6915047	10,78046191
4	Hava Hızı	V_{ha}	m/s	0,676319093	0,676319093
5	Hava Yalama Mesafesi	U_y	m	0,078	0,078
6	Helva Isı İletim Katsayısı	k_{he}	W/m°C	0,287530265	0,287530265
7	Helva Yüzey Alanı	A_{he}	m ²	0,00351	0,00351
8	Nusselt Sayısı	Nu	birimsiz	55,70683985	55,6420003
9	Reynold Sayısı	Re	birimsiz	3494,357368	3477,248209
10	Fourier Sayısı	τ	birimsiz	0,686091804	0,822886353
11	Konvans. Isı İletimi	Q_{konv}	W	51,8963838	50,10811342
12	Duvar Bytsz. Isı Katsay.	Q_{0-wall}	birimsiz	0,431944444	0,352011494
13	Biot Sayısı	Bi	birimsiz	6,784807418	6,776910293
14	Helva Yoğunluğu	ρ_{he}	kg/m ³	1438,759083	1438,759083
15	Tahin Helva Özgül Isısı	$cp_{helva-2}$	J/kg°C	1651,550269	1651,550269
16	Lamda-1 Sayısı	λ_1	birimsiz	1,225771278	1,225272355
17	A-1 Sayısı	A_1	birimsiz	1,210949887	1,210824498
18	Alfa Sayısı	α	m ² /s	1,21005E-07	1,21005E-07
19	Üflenlen Hava Sıcaklığı	T_{∞}	°C	8	10,4
20	Malzeme Sıcaklığı	T_i	°C	80	80
21	Merkez Nokta Sıcaklığı	T_0	°C	39,1	34,9
22	Film Sıcaklığı	T_f	°C	44	45,2
23	Mrkz. Nok. Soğ. Süresi	t_s	s	511,71	613,73
24	Bant Hızı	V_{bant}	m/s	0,244816339	0,244816339
25	Hava debisi (baca)	$\dot{v}$	m ³ /h	4000	4000
26	Dinamik Viskozite	μ	kg/ms	1,86136E-05	1,87685E-05
27	Merkez Nokta. Mesafesi	L_m	m	0,019	0,019

3.5. Dokümantasyon Çalışması

3.5.1. Helva merkez nokta soğutma süreleri ve bu sürelere bağlı parametrik değerlere ilişkin analizler

Yapılan hesaplama sonuçlarına ilişkin nümerik modelleme verileri ile ilgili grafikler bu kısımda verilmektedir. Bir takım test çalışma koşulları referans değer olarak kabul edilmiş ve bu koşullara bağlı kalınarak hesaplamalar yapılmıştır. Analizler, referans parametrelere bağlı kalınarak iki gruba ayrılmıştır ve bu iki grupta elde edilen veriler Matlab programı kullanılarak birinci grupta 5 ikinci grupta 5 olmak üzere toplam 10 adet grafiğe dönüştürülmüştür.

Birinci grup grafik analizlerde, soğutma süresinin tayini için hesaplanan nümerik modelleme için her bir soğutma bacasından sisteme üfletilen hacimsel hava debisi değişken referans değer olarak kabul edilmiş ve tahin helva kalıplarının üzerine üfletilen soğutucu akışkan havanın sıcaklığı sabit kabul edilmiştir. Sonuç olarak, 11 parametrik veriden oluşan bir nümerik model ortaya çıkartılmıştır. Değer aralığı 1200 ile 4000 m³/h olan ve her 50 m³/h'lık hacimse debi değişimine göre yeniden hesaplanan nümerik modellemede 57 farklı durum oluşturulmuştur.

İkinci grup grafik analizlerde, gıdanın soğutulması için üfletilen hava sıcaklığı değişken referans değer olarak kabul edilmiş ve ortaya 14 parametrik veriden oluşan bir nümerik model ortaya çıkartılmıştır. Değer aralığı -10°C den 14°C ye kadar olan ve her bir derece değişimine göre yeniden hesaplanan nümerik modellemede 25 farklı durum elde edilmiştir. Hesaplamalarda gıdanın soğutulması için üfletilen havanın debisi 4000 m³/h ve hava hızını 0,676 m/s sabit değerlerde kabul edilmiştir. Her iki grup hesaplamalar için elde edilen grafik analizlerin içerikleri Çizelge 3.21'de verilmektedir.

Çizelge 3.21. Hesaplamalar sonucunda elde edilen grafikler ve içerikleri

1. Grup Grafik Analizler	
Grafik 1	Soğutma süresine göre Fourier, A_1 ve λ_1 sayılarının değişimi.
Grafik 2	Hava hızına göre ısı taşınım katsayısı, soğuma süresi ve konvansiyonel ısı transferi değişimi
Grafik 3	Nusselt sayısı ve ısı taşınım katsayısının soğuma süresine göre değişimi.
Grafik 4	Biot ve Fourier sayılarının soğuma süresine göre değişimi.
Grafik 5	Reynold sayısı ve hacimsel hava debisinin soğuma süresine göre değişimi.
2. Grup Grafik Analizler	
Grafik 6.a	Isı taşınım katsayısı, konvansiyonel ısı transferi ve Nusselt sayısının, soğutucu hava sıcaklığına göre değişimi.
Grafik 6.b	A_1 , λ_1 ve duvar ısı katsayısının soğutucu hava sıcaklığına göre değişimi.
Grafik 7.a	Reynold sayısı ve soğutma süresinin soğutucu hava sıcaklığına göre değişimi.
Grafik 7.b	Biot ve Fourier sayılarının soğutucu hava sıcaklığına göre değişimi.
Grafik 8	Biot sayısı ve üfletilen hava sıcaklığının soğuma süresine etkisi.

Birinci Grup Grafik Analizler

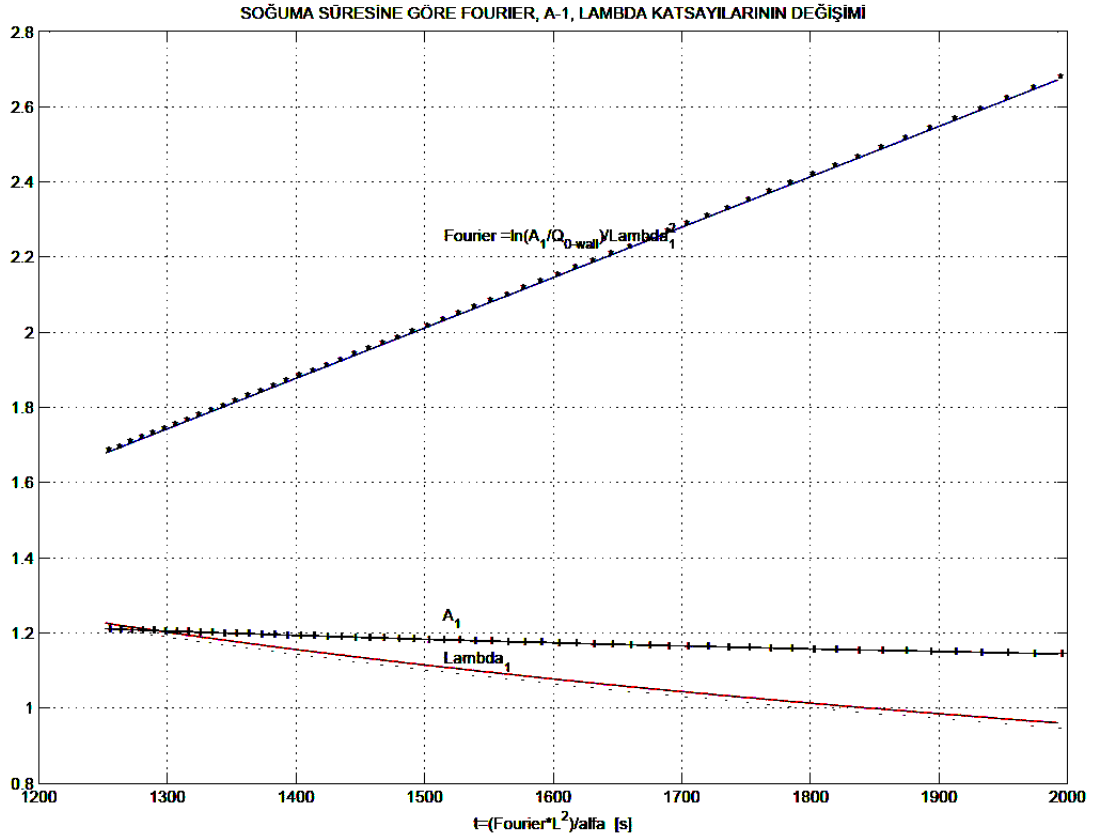
Birinci grup grafiksel analizler için yapılan nümerik hesaplamalarda; değişken hız ve sabit sıcaklıkta kabul edilen soğutucu akışkan havanın etkisi altında kalan tahin helva kalıplarının son merkez nokta sıcaklıkları elde edilmiştir. Buradan elde edilen grafik analizler ile tahin helva kalıplarının soğutulması sırasında meydana gelen ısı değişimleri, soğutucu akışkan hava rejimindeki değişimler ve toplam soğuma sürelerinde meydana gelen değişimleri ortaya çıkartmaktadır.

Hesaplamalarda tahin helva kalıbının merkez nokta sıcaklığı 15 °C olarak temel alınmış ve tahin helva kalıplarının soğutulması için üfletilen hava sıcaklığı ise gerçek test ortamında üfletilen değer ile aynı yani 8 °C olarak kabul edilmiştir. Çizelge 3.22’de nümerik modellemede elde edilen verilerin 2000-4000 m³/h hacimsel debi arasında kalan kısmı verilmektedir.

Çizelge 3.22. Değişken hacimsel hava debisinin havanın termofiziksel parametrelerine ve helvanın soğuma süresine etkisi

Hava Debisi	Hava Isı İletim Katsayısı	Nusselt Sayısı	Reynold Sayısı	Fourier Sayısı	Konvans. Isı İletimi	Biot Sayısı	Labda-1 Sayısı	A-1 Sayısı	MrkzNt. Soğuma Süresi	Hava Hızı
$\dot{V}$ (m ³ /h)	h_{ha} (W/m ² °C)	Nu (birimsiz)	Re (birimsiz)	τ (birimsiz)	Q_{konv} (W)	Bi (birimsiz)	λ_1 (birimsiz)	A_1 (birimsiz)	t_s (s)	V_{ha} (m/s)
2000	117,9434	31,99518	1747,179	2,281615	29,80665	3,896849	1,0433	1,1651	1701,711	0,338
2050	120,2964	32,6335	1790,858	2,261247	30,4013	3,974593	1,0482	1,1663	1686,52	0,347
2100	122,638	33,26871	1834,538	2,241255	30,99307	4,051958	1,0531	1,1676	1671,609	0,355
2150	124,9684	33,90091	1878,217	2,221627	31,58202	4,128956	1,0580	1,1688	1656,97	0,364
2200	127,2881	34,53017	1921,897	2,202351	32,16824	4,205597	1,0628	1,1700	1642,594	0,372
2250	129,5972	35,15657	1965,576	2,183418	32,7518	4,28189	1,0676	1,1712	1628,473	0,380
2300	131,896	35,7802	2009,255	2,164817	33,33277	4,357845	1,0724	1,1724	1614,599	0,389
2350	134,1849	36,40113	2052,935	2,146539	33,91122	4,43347	1,0772	1,1736	1600,967	0,397
2400	136,4641	37,01941	2096,614	2,128573	34,48721	4,508775	1,0820	1,1748	1587,567	0,406
2450	138,7338	37,63513	2140,294	2,110911	35,06081	4,583766	1,0867	1,1760	1574,394	0,414
2500	140,9943	38,24834	2183,973	2,093545	35,63207	4,658451	1,0914	1,1772	1561,442	0,423
2550	143,2457	38,85909	2227,653	2,076466	36,20106	4,732838	1,0961	1,1784	1548,704	0,431
2600	145,4883	39,46746	2271,332	2,059667	36,76781	4,806935	1,1008	1,1795	1536,174	0,440
2650	147,7223	40,0735	2315,012	2,04314	37,33239	4,880746	1,1055	1,1807	1523,848	0,448
2700	149,9479	40,67725	2358,691	2,026877	37,89484	4,95428	1,1101	1,1819	1511,718	0,457
2750	152,1653	41,27876	2402,371	2,010872	38,45522	5,027542	1,1148	1,1830	1499,781	0,465
2800	154,3746	41,8781	2446,05	1,995118	39,01356	5,100538	1,1194	1,1842	1488,032	0,473
2850	156,5761	42,4753	2489,73	1,979609	39,5699	5,173273	1,1240	1,1854	1476,464	0,482
2900	158,7698	43,0704	2533,409	1,964339	40,1243	5,245754	1,1285	1,1865	1465,075	0,490
2950	160,956	43,66346	2577,089	1,949301	40,67679	5,317985	1,1331	1,1877	1453,859	0,499
3000	163,1348	44,25451	2620,768	1,93449	41,22742	5,389972	1,1376	1,1888	1442,813	0,507
3050	165,3063	44,84359	2664,447	1,9199	41,7762	5,46172	1,1422	1,1899	1431,931	0,516
3100	167,4707	45,43075	2708,127	1,905526	42,3232	5,533232	1,1467	1,1911	1421,211	0,524
3150	169,6282	46,01601	2751,806	1,891364	42,86843	5,604514	1,1512	1,1922	1410,648	0,533
3200	171,7788	46,59942	2795,486	1,877407	43,41193	5,67557	1,1557	1,1933	1400,238	0,541
3250	173,9227	47,18101	2839,165	1,863651	43,95374	5,746405	1,1602	1,1945	1389,979	0,550
3300	176,06	47,76081	2882,845	1,850092	44,49388	5,817022	1,1646	1,1956	1379,866	0,558
3350	178,1908	48,33886	2926,524	1,836724	45,03239	5,887425	1,1691	1,1967	1369,896	0,566
3400	180,3153	48,91518	2970,204	1,823545	45,56929	5,957618	1,1735	1,1978	1360,066	0,575
3450	182,4336	49,48981	3013,883	1,810549	46,10461	6,027605	1,1779	1,1989	1350,373	0,583
3500	184,5457	50,06278	3057,563	1,797732	46,63839	6,09739	1,1823	1,2000	1340,814	0,592
3550	186,6518	50,63411	3101,242	1,785091	47,17064	6,166975	1,1867	1,2011	1331,385	0,600
3600	188,752	51,20384	3144,922	1,772621	47,7014	6,236365	1,1911	1,2022	1322,085	0,609
3650	190,8463	51,77199	3188,601	1,760319	48,23068	6,305562	1,1955	1,2033	1312,91	0,617
3700	192,9349	52,33858	3232,281	1,748182	48,75852	6,37457	1,1999	1,2044	1303,858	0,626
3750	195,0179	52,90364	3275,96	1,736206	49,28493	6,443392	1,2042	1,2055	1294,926	0,634
3800	197,0953	53,4672	3319,639	1,724388	49,80994	6,51203	1,2085	1,2066	1286,111	0,643
3850	199,1673	54,02927	3363,319	1,712724	50,33356	6,580488	1,2129	1,2077	1277,411	0,651
3900	201,2339	54,58989	3406,998	1,701211	50,85583	6,648769	1,2172	1,2088	1268,825	0,659
3950	203,2952	55,14907	3450,678	1,689846	51,37677	6,716874	1,2215	1,2099	1260,348	0,668
4000	205,3513	55,70684	3494,357	1,678626	51,89638	6,784807	1,2258	1,2110	1251,98	0,676

Grafik 1-Soğutma Süresine Göre Fourier, A_1 , λ_1 Sayılarının Değişimi



Şekil 3.69. Grafik 1-Soğutma süresine göre Fourier, A_1 , λ_1 sayılarının değişimi

Grafik 1'in yorumlanması, birinci grup analizler için soğutma modellemesinde kullanılan değişkenlerin tümünün yorumlanması kapsamaktadır. Bu yüzden 5 grafik analize ilişkin fonksiyonellikler bu kısımda irdelenmiştir. Değişken hacimsel hava debisi etkisinde, tahin helva merkez nokta sıcaklığının 15°C seviyesinde sabit kalması için gerekli olan soğutma süresinin uzaması, sabit sıcaklık değerindeki soğutucu akışkanın yani üflenen havanın hacimsel debisinde, dolayısı ile üfletilen hava hızında düşüş olduğunu göstermektedir. Grafik 5'de gösterildiği gibi $t_1=1252$ saniyelik soğutma süresinde her bir soğutma bacasından tünele $\dot{v}_1=4000 \text{ m}^3/\text{h}$ hava üfletilirken kesit alandaki hava hızı ise $V_{ha-1}=0,676 \text{ m/s}$ olmaktadır. Aynı çizelgede son durum için hesaplanan soğuma süresi $t_{50}=1992,3$ saniye iken tünele yollanan havanın hacimsel debisi $\dot{v}_{50}=1200 \text{ m}^3/\text{h}$ ve hava hızı $V_{ha-50}=0,203 \text{ m/s}$ seviyesine düşmektedir. Bu durumda, denklem 3.159 incelenirse denklikteki tek değişken değer

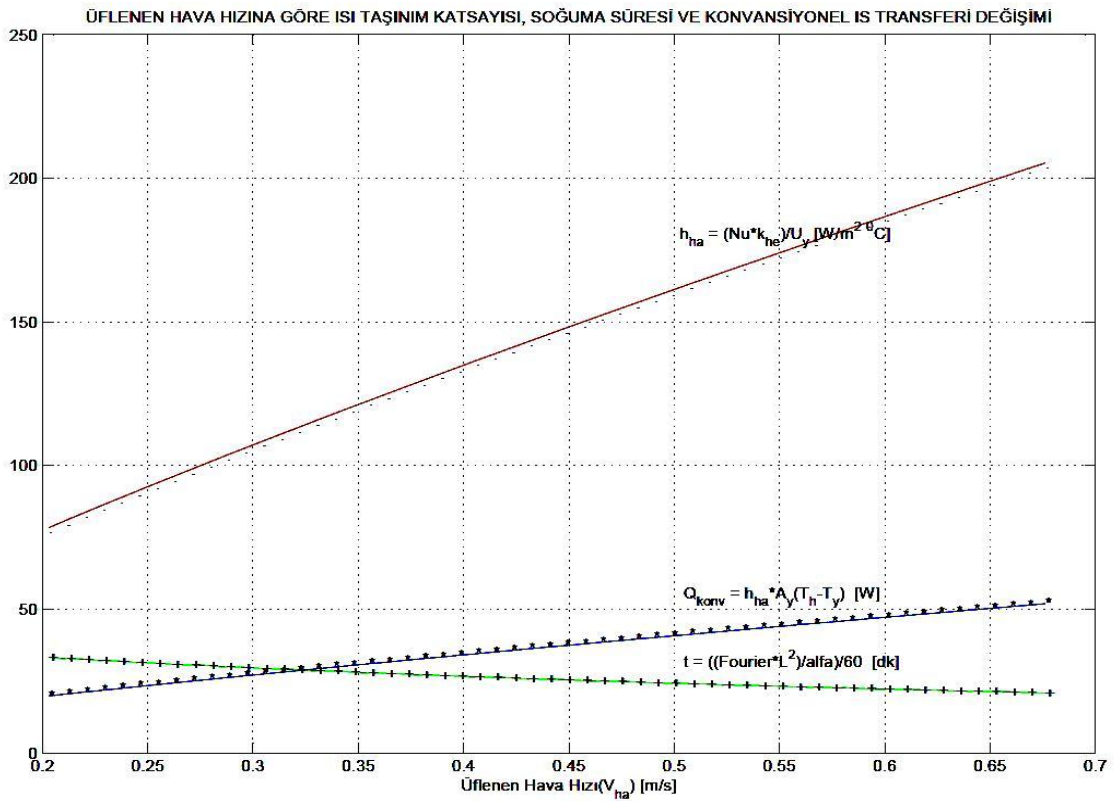
olan hava hızının düşüşü ile Grafik 5'te görüldüğü gibi Reynold sayı değerinde düşüş görülmektedir. Reynold sayısı boyutsuz bir değerdir ve denklem 3.159'da görüldüğü gibi akışkanın hızı, nesneyi yalama mesafesi ve sahip olduğu kinematik viskozite ile belirlenmektedir. Reynold sayısı aldığı değer ile daha önce de bahsedildiği gibi, akışın laminer mi yoksa türbülanslı mı olduğunu belirlemede kullanılmaktadır. Denklem 3.161 incelenirse Reynold sayı değerindeki düşüşün Nusselt sayısının değerini düşürdüğü görülmektedir. Burada Prandtl sayısı sabit değer almaktadır. Nusselt sayısında ki düşüş denklik 3.162'de görüldüğü üzere ısı taşınım katsayısının düşmesine sebep olmaktadır. Biot sayısı daha önce bahsedildiği gibi, yüzeyde gerçekleşen ısı konveksiyonunun gövdede gerçekleşen ısı kondüksiyonuna oranıdır. Denklem 3.165'de görüldüğü üzere, düşen ısı taşınım katsayısı Biot sayı değerini düşürmektedir. Grafik 1 yeniden gözden geçirilirse, One-Term Solution yönteminde hesaplanan λ_1 ve A_1 sayıları, Biot oranının her bir evrede aldığı değerlere göre Çizelge 3.16'da interpolasyon yöntemi ile yeniden hesaplanmaktadır. Dolayısı ile her bir hesaplama evresinden sonraki λ_1 ve A_1 sayılarındaki düşüş, Biot sayısının düşüşünden kaynaklanmaktadır. Denklem 3.168 yeniden düzenlenerek denklem 3.172'deki halini aldığı anda, elde edilen her λ_1 ve A_1 değerinin hesaplama katılışında λ_1 sayısı kendi karesi oranında düşüş göstermekte ve Fourier sayısında bariz bir yükseliş görülmektedir.

$$e^{\lambda_1^2 \tau} = \frac{A_1}{Q_{0-wall}} \rightarrow \lambda_1^2 \cdot \tau = \ln\left(\frac{A_1}{Q_{0-wall}}\right) \rightarrow \tau = \frac{\ln\left(\frac{A_1}{Q_{0-wall}}\right)}{\lambda_1^2} \quad (3.172)$$

Minimum soğuma süresi olan $t_1=1252$ saniyede, Fourier sayısı $\tau_1=1,678$, Lambda sayısı $\lambda_1=1,225$ ve A sayısı $A_1=1,210$ iken maksimum soğuma süresi olan $t_{50}=1992,3$ saniyede $\tau_{50}=2,671$, $\lambda_{50}=0,960$, $A_{50}=1,14$ 4 seviyelerine düşmektedir.

Grafik 2-Üflenen Hava Hızına Göre Isı Taşınım Katsayısı, Tahin Helva Merkez Nokta Soğuma Süresi ve Konvansiyonel Isı Transfer Miktarındaki Değişim

Daha önce Grafik 1 yorumlanırken, hava hızındaki düşüşün ısı taşınım katsayısını nasıl düşürdüğü, hesaplama yöntemine dayandırılarak izah edilmişti. Artan ısı taşınım katsayısı değeri denklem 3.163’de görüldüğü üzere transfer edilen ısı miktarında artışa sebep olmaktadır. Bu durum ise Grafik 2’de görüldüğü üzere, tahin helva kalıbının merkez nokta sıcaklığının kabul değeri olan 15°C’lik sıcaklığa düşürülmesi için geçen süreyi azaltmaktadır.



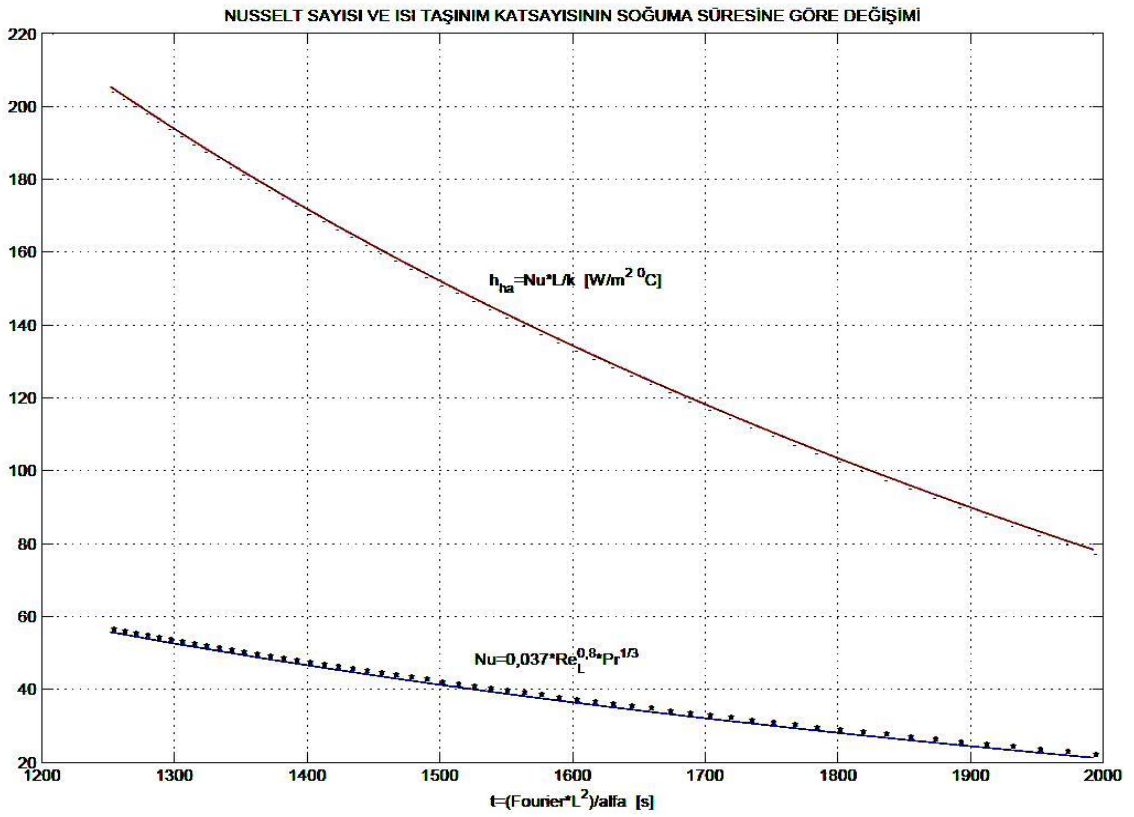
Şekil 3.70. Grafik 2-Üfletilen hava hızına göre ısı taşınım katsayısı, tahin helva merkez nokta soğuma süresi ve konvansiyonel ısı transfer miktarı değişimi

Grafik 2’de gösterildiği üzere, minimum hacimsel hava debisi $\dot{v}_1=1200$ m³/h ve hava hızı $V_{ha-1}=0,203$ m/s iken konvansiyonel ısı transfer miktarı $Q_{konv-1}=19,80$ W ve ısı iletim katsayısı $h_{ha-1}=78,37$ W/m²°C’dir. Grafik 2’de görülen hacimsel hava debisi üst sınır değerleri $\dot{v}_{50}=4000$ m³/h ve hava hızı $V_{ha-50}=0,676$ m/s iken konvansiyonel

ısı transfer miktarı $Q_{\text{konv-50}}=51,89 \text{ W}$ ve ısı iletim katsayısı $h_{\text{ha-50}}=205,35 \text{ W/m}^2\text{°C}$ değerindedir.

Grafik 3-Nusselt Sayısı ve Isı Taşınım Katsayısının Soğuma Süresine Göre Değişimi

Merkez nokta sıcaklık değeri 15°C 'de sabit tutulan tahin helvaların minimum soğuma süresinde ($t_1=1252 \text{ s}$), hava ısı iletim katsayısı $h_{\text{ha-1}}=205,35 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}\text{°C}$ ve Nusselt sayısı $Nu_1=55,70$ iken maksimum soğuma süresinde ($t_{50}=1992,3 \text{ s}$) bu değerler sırası ile $h_{\text{ha-50}}=78,37 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}\text{°C}$, $Nu_{50}=21,26$ olarak hesaplanmıştır.



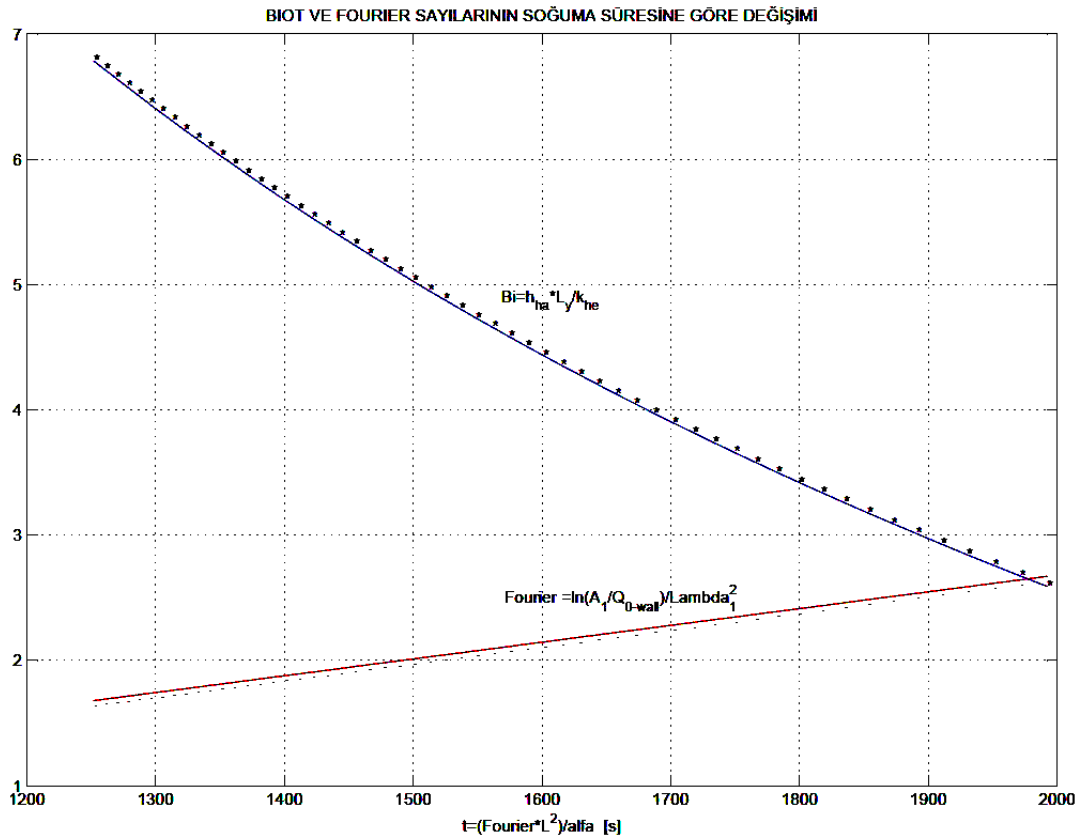
Şekil 3.71. Grafik 3-Nusselt sayısı ve ısı taşınım katsayısının merkez nokta soğuma süresine göre değişimi

Grafik 4-Biot ve Fourier Sayılarının Soğutma Süresine Göre Değişimi

Grafik 4'de, diğer bütün birinci grup analizler için belirlenen çalışma şartları geçerlidir. Şekil 3.72'de sabit akışkan sıcaklığı altında (8°C) ve sabit merkez nokta

sıcaklığına (15°C) ulaşılabilmesi için gerekli olan zaman ve bu zamana bağlı olarak her bir durum için Biot ve Fourier sayılarının değişimi görülmektedir.

Fourier sayılarının soğutma sürelerine göre değişimi Grafik 1’de açıklanmıştı. Biot sayısı ise, denklik 3.165’de görüldüğü üzere, tek değişken olan ısı taşınım katsayısının değer kaybetmesi ile beraber düşüş göstermektedir.



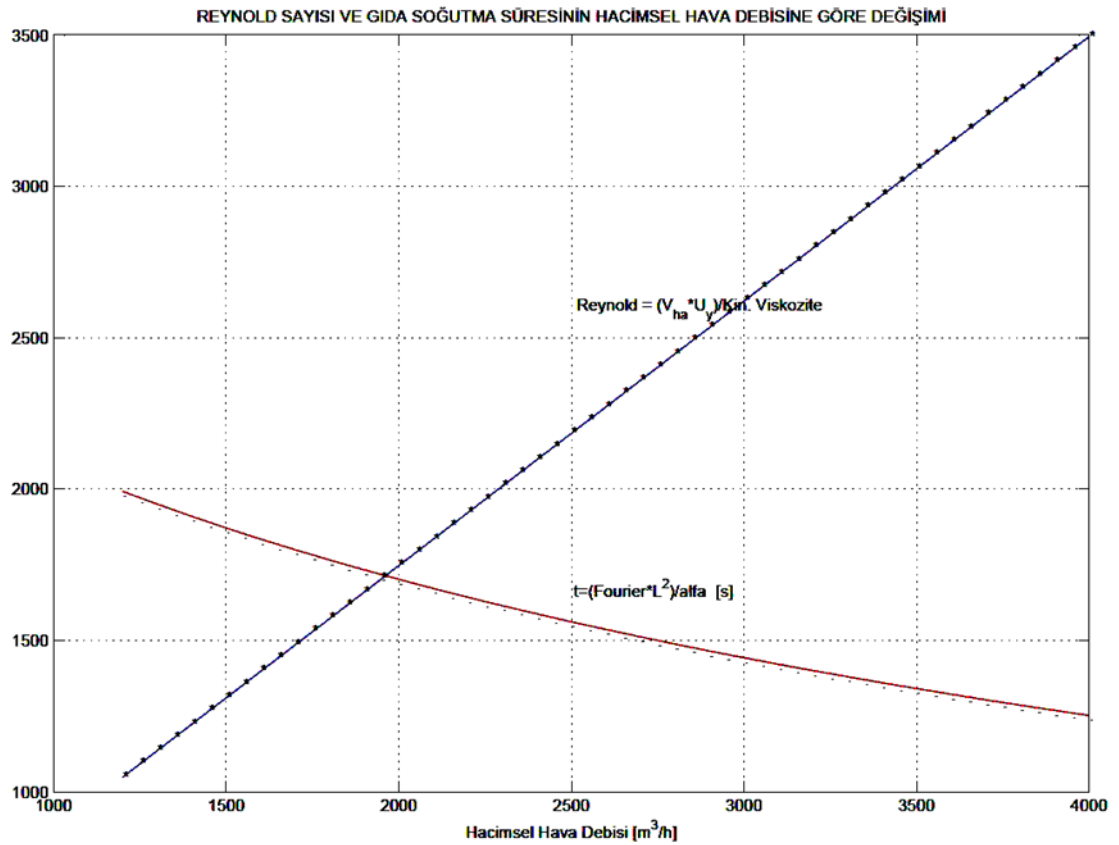
Şekil 3.72. Grafik 4-Biot ve Fourier sayılarının soğuma süresine göre değişimi

Grafik 4’de minimum soğutma süresinde ($t_1=1252$ s), Biot $Bi_1=6,784$ iken maksimum soğutma süresinde ($t_{50}=1992,3$ s), Biot sayısı $Bi_{50}=2,58$ değerini almaktadır.

Grafik 5-Reynold Sayısı ve Helva Merkez Soğuma Süresinin Hacimsel Hava Debisine Göre Değişimi

Birinci analiz kısmı açıklanırken, referans değişken olarak soğutma tüneline giren hacimsel hava debisinin kullanıldığı belirtilmişti. Grafik 5 incelenirse her bir

soğutma bacasından tünele $\dot{v}_1=1200 \text{ m}^3/\text{h}$ 'den $\dot{v}_{50}=4000 \text{ m}^3/\text{h}$ kadarki hacimsel debi aralığında $50 \text{ m}^3/\text{h}$ 'lik artışlar gerçekleşmektedir. Hacimsel debideki her bir artış durumunda tahin helvası merkez noktasının soğutulması için geçerli olan sürede düşüş olduğu görülmektedir. Reynold sayısı ise denklik 3.159'da görüldüğü üzere hava hızındaki değişimlere paralel olarak değişkenlik göstermektedir. Dolayısı ile hacimsel debi arttıkça Reynold sayısında da artış olduğu Grafik 5 te görülmektedir.



Şekil 3.73. Grafik 5-Reynold sayısı ve merkez nokta soğuma sürelerinin hacimsel hava debisine göre değişimi

Minimum hacimsel hava debisinde ($\dot{v}_1=1200 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$) Reynold sayısı $Re_1=1048,31$ iken maksimum hacimsel hava debisinde ($\dot{v}_{50}=4000 \text{ m}^3/\text{h}$) Reynold sayısı $Re_{50}=3494,35$ değerini almaktadır.

İkinci Grup Grafik Analizler

İkinci grup grafiksel analizler için yapılan nümerik hesaplamaların amacı değişken sıcaklık değerlerine fakat sabit hız değerlerine sahip soğutucu akışkan havanın etkisi altında kalan tahin helva kalıbının son merkez sıcaklığını elde etmektir.

Çizelge 3.23. Soğutucu akışkan hava sıcaklık değişiminin, havanın termo-fiziksel parametrelerine ve gıda soğuma süresine etkisi

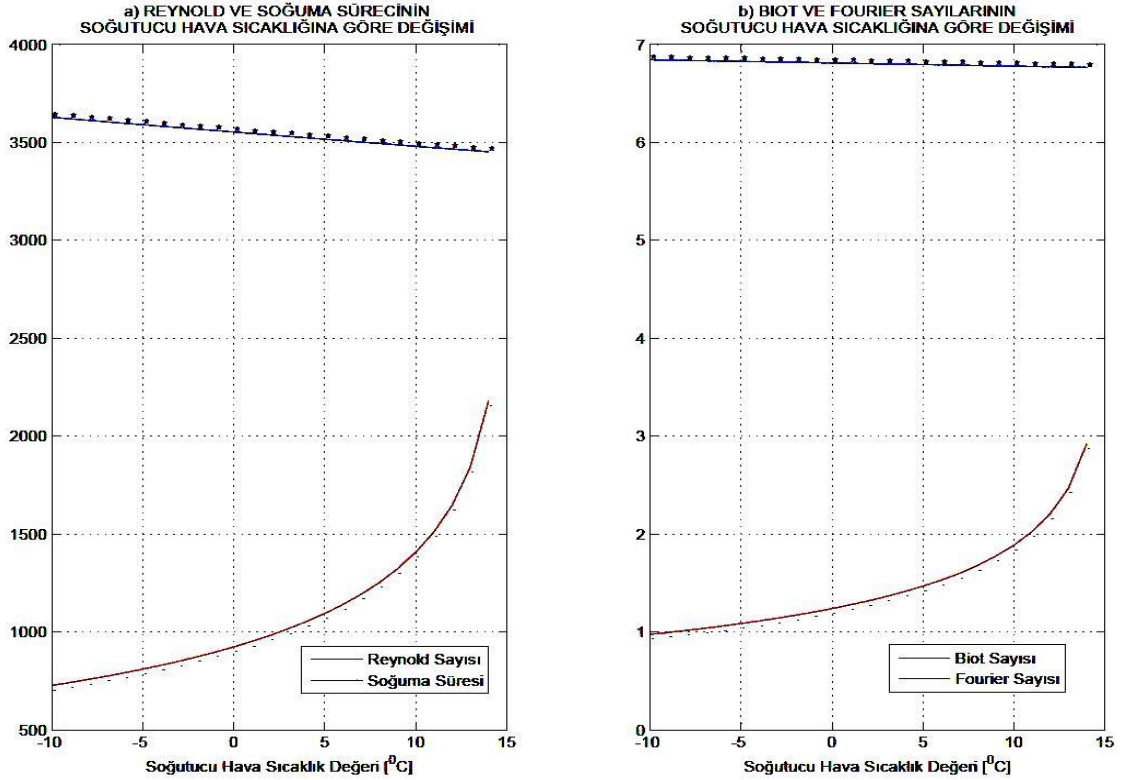
Üflen Hava Sıcaklığı	Hava Isı İletim Katsayısı	Kinematik Viskozite	Prandtl Sayısı	Nusselt Sayısı	Reynold Sayısı	Fourier Sayısı	Konvans. Isı İletimi	Duvar Boyutsuz Isı Katsayısı	Biot Sayısı	Labda-1 Sayısı	A-1 Sayısı	Film Sıcaklığı	Dinamik Viskozite	Soğutma Süresi
T_{∞} (°C)	h_{ha} (W/m ² °C)	ν (m ² /s)	Pr (birimsiz)	Nu (birimsiz)	Re (birimsiz)	τ (birimsiz)	Q_{konv} (W)	Q_{0-wall} (birimsiz)	Bi (birimsiz)	λ_1 (birimsiz)	A_1 (birimsiz)	T_f °C	μ (kg/ms)	t (saniye)
14	204,753	1,528	10,91	55,54	3451,90	2,92	47,43	0,015	6,765	1,2245	1,2106	47	1,9E-05	2179,03
13	204,853	1,525	10,87	55,57	3458,90	2,46	48,17	0,030	6,768	1,2247	1,2107	46,5	1,894E-05	1841,13
12	204,953	1,522	10,84	55,59	3465,93	2,20	48,91	0,044	6,772	1,2249	1,2107	46	1,887E-05	1646,35
11	205,052	1,518	10,80	55,62	3473,00	2,02	49,66	0,058	6,775	1,2251	1,2108	45,5	1,881E-05	1510,12
10	205,152	1,515	10,76	55,65	3480,09	1,88	50,40	0,071	6,778	1,2254	1,2108	45	1,874E-05	1405,93
9	205,252	1,512	10,72	55,68	3487,21	1,77	51,15	0,085	6,782	1,2256	1,2109	44,5	1,868E-05	1321,98
8	205,351	1,509	10,69	55,70	3494,36	1,67	51,89	0,097	6,785	1,2258	1,2109	44	1,861E-05	1251,98
7	205,451	1,506	10,65	55,73	3501,54	1,59	52,64	0,110	6,788	1,2260	1,2110	43,5	1,855E-05	1192,16
6	205,550	1,503	10,61	55,76	3508,74	1,52	53,39	0,122	6,791	1,2262	1,2111	43	1,848E-05	1140,10
5	205,649	1,500	10,58	55,78	3515,98	1,46	54,13	0,133	6,795	1,2264	1,2111	42,5	1,842E-05	1094,15
4	205,749	1,497	10,54	55,81	3523,25	1,41	54,88	0,145	6,798	1,2266	1,2112	42	1,836E-05	1053,12
3	205,848	1,494	10,50	55,84	3530,55	1,36	55,63	0,156	6,801	1,2268	1,2112	41,5	1,829E-05	1016,14
2	205,947	1,491	10,46	55,86	3537,88	1,31	56,38	0,167	6,804	1,2270	1,2113	41	1,823E-05	982,56
1	206,046	1,487	10,43	55,89	3545,23	1,27	57,13	0,177	6,808	1,2272	1,2113	40,5	1,816E-05	951,86
0	206,144	1,484	10,39	55,92	3552,62	1,23	57,88	0,188	6,811	1,2274	1,2114	40	1,81E-05	923,63
-1	206,243	1,481	10,35	55,94	3560,04	1,20	58,63	0,198	6,814	1,2276	1,2114	39,5	1,803E-05	897,55
-2	206,342	1,478	10,32	55,97	3567,50	1,17	59,38	0,207	6,818	1,2278	1,2115	39	1,797E-05	873,35
-3	206,440	1,475	10,28	56,00	3574,98	1,14	60,14	0,217	6,821	1,2280	1,2115	38,5	1,79E-05	850,81
-4	206,538	1,472	10,24	56,02	3582,49	1,11	60,89	0,226	6,824	1,2282	1,2116	38	1,784E-05	829,74
-5	206,636	1,469	10,21	56,05	3590,04	1,08	61,65	0,235	6,827	1,2285	1,2116	37,5	1,777E-05	809,98
-6	206,735	1,466	10,17	56,08	3597,62	1,06	62,40	0,244	6,831	1,2287	1,2117	37	1,771E-05	791,40
-7	206,832	1,463	10,13	56,10	3605,23	1,03	63,16	0,253	6,834	1,2289	1,2117	36,5	1,765E-05	773,89
-8	206,930	1,460	10,09	56,13	3612,87	1,01	63,91	0,261	6,837	1,2291	1,2118	36	1,758E-05	757,35
-9	207,028	1,457	10,06	56,16	3620,54	0,99	64,67	0,270	6,840	1,2293	1,2118	35,5	1,752E-05	741,69
-10	207,125	1,453	10,02	56,18	3628,25	0,97	65,43	0,278	6,843	1,2295	1,2119	35	1,745E-05	726,84

Buradan elde edilen grafiksel analizler ile tahin helva kalıplarının soğutulması sırasında meydana gelen ısı değişimleri, soğutucu akışkan hava rejimindeki değişimler ve toplam soğuma sürelerinde meydana gelen değişimleri ortaya çıkartılmıştır. İkinci grup grafiksel analizler bölümünde, referans değişken olarak soğutucu akışkanın yani üfletilen havanın sıcaklığı kabul edilmiştir. Bu kısımda soğutma ünitesinin tam kapasitede çalıştığı ve bir soğutma bacasında üfletilen havanın hacimsel debisinin $\dot{V}_{maks.}=4000 \text{ m}^3/\text{h}$ 'de sabit olduğu kabul edilmiştir. Ayrıca tahin helva kalıbının merkez nokta sıcaklığı ilk analiz bölümünde olduğu gibi 15°C olarak kabul edilmiştir. Yapılan hesaplamalar ve ortaya çıkartılan grafiklerde, üfletilen hava sıcaklığında 14°C 'den -10°C 'ye kadar bir değer aralığı hedef alınmış ve her bir $^\circ\text{C}$ 'lik artış bir durum olarak ele alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Bu değer aralıkları belirlenirken soğutucunun maksimum soğutma performansı ve nümerik modellemenin hesaplama sınırları dikkate alınmıştır. Üfletilen hava sıcaklığındaki değişim havanın mekanik davranışlarını etkileyeceğinden dolayı değişkenlerin bir kısmını belirleyen alt değişkenlerin yerlerine farklı alt değişkenlerin gelebileceği gibi aynı zamanda havanın kinematik ve dinamik viskoziteleri ile beraber Prandtl sayısında değişken verilere dahil edilmektedir. Hesaplama modelinde 15 farklı parametre bulunmaktadır ve bu parametrelerden 25 farklı durum için veriler elde edilip grafiklere dönüştürülmüştür.

Grafik 6.a Reynold ve Helva Merkez Nokta Soğuma Sürecinin Hava Sıcaklığına Göre Değişimi

Artan akışkan hava sıcaklığı ile birlikte artış gösteren kinematik viskozite hava akışına karşı gösterilen bir iç dirençtir. Birim saniyede akışkan havanın yol aldığı yüzey alanı miktarı kinematik viskozite değerini belirler ve bu değerinin artan akışkan hava sıcaklığı ile beraber artış göstermesi hava akışının tipini karakterize eden Reynold sayısında Grafik 6.a da gösterildiği gibi düşüş yaratmaktadır. Burada sabit hacimsel hava debisi olduğundan dolayı hava hızı sabit kabul edilmiştir. Denklik 3.159 incelenirse, sabit hava hızı ve sabit bir yüzey yalama mesafesi ile beraber değişkenlik gösteren kinematik viskozite, Reynold sayısı için her bir

durumda belirleyici etken değer olmaktadır. Farklı soğutucu akışkan hava değerlerine göre değişiklik gösteren kinematik viskozite değerleri Çizelge 3.24’de verilmiştir.



Şekil 3.74 Grafik 6.a ve 6.b- Reynold, helva merkez nokta soğuma sürecinin soğutucu hava sıcaklığına göre değişimi ve Biot ve Fourier sayılarının soğutucu hava sıcaklığına göre değişimi

Grafik 6.b Biot ve Fourier Sayılarının Soğutucu Hava Sıcaklığına Göre Değişimi

Denklem 3.165 incelenirse, Biot sayısı değerinin, değişken bir değer olan ısı iletim katsayısı tarafından belirlendiği görülmektedir. One-term yaklaşım yönteminde A ve λ sayılarının tayininde, daha önce de belirtildiği gibi Çizelge 3.16 kullanılmaktadır. Çizelge 3.16’de, Biot sayısına denk gelen A ve λ sayıları, soğuma süresinin tayininde kullanılmakta olan Fourier sayısının belirlenmesinde etkin olan üç alt parametreden ikisini oluşturmaktadır. Duvar boyutsuz ısı katsayısı ise Fourier sayısının belirlenmesinde üçüncü alt parametredir. Denklem 3.164 incelenirse, duvar boyutsuz ısı katsayısını belirleyen değişken etken, üfletilen havanın sıcaklık değeri olduğu ve Grafik 6.b incelenirse, üfletilen hava sıcaklığının yükseltilmesi ile beraber

duvar boyutsuz ısı katsayısında düşüş olduğu görünmektedir. Çizelge 3.23 incelenirse, üfletilen havanın her bir sıcaklık değerine göre duvar boyutsuz ısı katsayı, A ve λ değerleri görülmektedir.

Grafik 7.a- Isı Taşınım Katsayısı, Konvansiyonel Isı Transferi ve Nusselt Sayısının Soğutucu Hava Sıcaklığına Göre değişimi ve Grafik 7.b-A1, Lambda ve Duvar Isı Katsayısının Soğutucu Hava Sıcaklığına Göre Değişimi

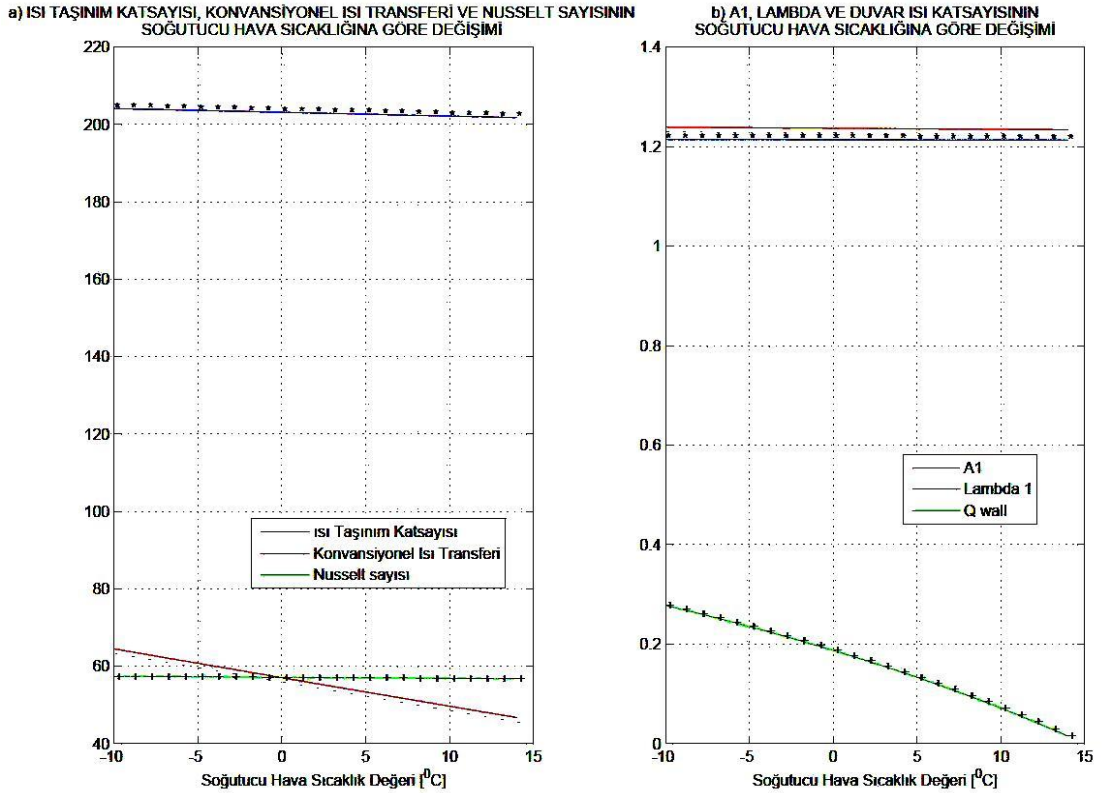
Havanın dinamik viskozitesi üfletilen akışkan hava sıcaklığı değişimi ile beraber Çizelge 3.24’de görüldüğü üzere değişmektedir.

Çizelge 3.24. Sıcaklık değerlerine göre havanın dinamik ve kinematik viskoziteleri[46]

<u>Temperature</u> - t - (K)	<u>Dynamic Viscosity</u> - μ - (kg/ms) $\times 10^{-5}$	<u>Kinematic Viscosity</u> - ν - (m ² /s) $\times 10^{-6}$
100	0.6924	1.923
150	1.0283	4.343
200	1.3289	7.490
250	1.488	9.49
300	1.983	15.68
350	2.075	20.76
400	2.286	25.90
450	2.484	28.86
500	2.671	37.90
550	2.848	44.34
600	3.018	51.34
650	3.177	58.51
700	3.332	66.25
752	3.481	73.91
800	3.625	82.29
850	3.765	90.75
900	3.899	99.30
950	4.023	108.2
1000	4.152	117.8
1100	4.44	138.6
1200	4.69	159.1
1300	4.93	182.1
1400	5.17	205.5
1500	5.40	229.1
1600	5.63	254.5

Bu değişim, denklem 3.160 incelenirse, her bir durum karşısında Prandtl sayısını belirleyen etken olmaktadır. Denklem 3.161 incelenirse, Nusselt sayısının her bir durum karşısındaki değerlerini belirleyen değişkenlerin Reynold ile beraber Prandtl sayısının olduğu görülmektedir ve denklem 3.162 incelenirse, Nusselt sayısı, ısı taşınım katsayısını her bir farklı durum karşısında belirleyen değişken değer

olmaktadır. Denklem 3.162 incelenirse, konvansiyonel ısı transfer miktarı ise hem üfletilen hava sıcaklığı ve hem de ısı taşınım katsayısı tarafından değişik durumlar karşısında belirlenen değişken değer olduğu görülmektedir.

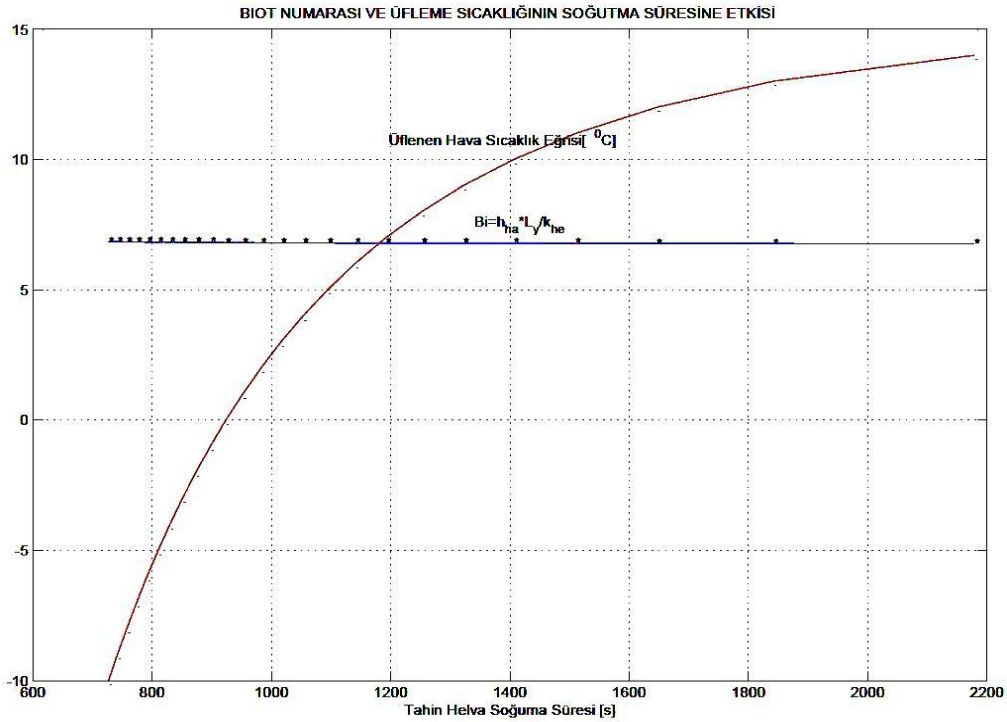


Şekil 3.75. Grafik 7.a- Isı taşınım katsayısı, konvansiyonel ısı transferi ve Nusselt sayısının soğutucu hava sıcaklığına göre değişimi ve Grafik 7.b- A1, Lambda ve duvar ısı katsayısının soğutucu hava sıcaklığına göre değişimi

Akışkan hava sıcaklık değerinin artması Prandtl sayı değerinin artmasına sebep olmaktadır. Her ne kadar Prandtl sayısı her bir durum için artış gösterse de sahip olduğu sayı değerinin küçük olmasından dolayı, Reynold sayısının her bir durum karşısında Nusselt sayı değerini düşürmesini önleyememektedir. Nusselt sayısının her bir durumda aldığı değer için ısı taşınım katsayısı düşüş göstermekte bu durum ise Grafik 6.a'da gösterildiği üzere, konvansiyonel ısı transfer miktarını da düşürmektedir. Isı taşınım katsayısının düşüş göstermesi Biot sayı değerlerinin her bir durum karşısında düşüş göstermesine yol açmaktadır. Biot sayısının artan akışkan hava sıcaklığı karşısındaki değişimi Grafik 6.b'de gösterilmiş ve Grafik 6.b bölümünde Biot sayısının, Fourier sayısında etkin olan üç parametreden ikisinin yani

A ve λ sayılarını nasıl belirlediği görülmektedir. Denklem 3.172 incelenirse, A ve λ sayılarının düşüşü, Grafik 7.b’de gösterildiği gibi, Fourier sayısının yükselmesine sebep olduğu görülmektedir.

Grafik 8-Biot Sayısı ve Üfletilen Soğutucu Akışkan Hava Sıcaklığının Helva Merkez Nokta Soğutma Süresine Etkisi



Şekil 3.76. Grafik 8-Biot sayısı ve üfletilen soğutucu akışkan havanın helva merkez nokta soğuma süresine etkisi

Grafik 8’de -10°C den başlayarak 14°C ye kadar her bir derece artışındaki yani her bir durumda ki Biot eğrisi ve üfletilen hava akışkanının sıcaklık değerleri eğrisi ve bu eğrilere bağlı olarak tahin helva merkez noktası soğuma süreleri gösterilmektedir. Bu süreler, tahin helvanın karışım anındaki sıcaklık değeri olan 80°C’den hedeflenen son merkez nokta sıcaklığı olan 15°C ye getirilene kadar geçen süreyi kapsamaktadır. Grafik 8’de, üfletilen akışkan hava sıcaklık değerlerine göre ortaya çıkartılan Biot sayısı değerleri Çizelge 3.23’de verilmektedir.

3.5.2. Üretilen tahin helva gıdasının kimyasal analizleri ve tüketime uygunluğu

Tahin helvanın tüketime uygunluğunu test etmek adına, kimyasal, metalik ve mikrobiyolojik açıdan analizler yapılmıştır. Bu kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerin bir kısmı üretici firmanın imkânı dâhilinde kendi laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Tahin helvanın bileşiminde bulunan metalik madde analizi ise Ege Üniversitesi Çevre ve Gıda Analizleri Laboratuvarlarında yaptırılmıştır.

Çizelge 3.25. Tahin helva ağır metal analizi[Ek-7]

Tahin Helva Ağır Metal Analizi		
<i>Gıda Bileşiminde Bulunan Metaller</i>	<i>Sınır Değerleri</i>	<i>Analiz Sonuçları</i>
Arsenik	0,2 mg/kg	0,084 mg/kg
Bakır	10 mg/kg	9,506 mg/kg
Demir	40 mg/kg	36,21 mg/kg

Çizelge 3.25’de, Ege Üniversitesi Gıda Analizi Laboratuvarlarında yapılan, tahin helva numunelerine ait ağır metal değerleri görülmektedir. Gıda bileşimindeki metal madde miktarları incelendiğinde arsenik sınır değeri 0,2 mg/kg iken analiz sonucunda 0,084 mg/kg, bakır sınır değeri 10mg/kg iken analiz sonucunda 9,506 mg/kg, demir sınır değeri 40 mg/kg iken analiz sonucunda 36,210 mg/kg değerleri çıkmış kurşun ve kalay maddeleri tespit edilmemiştir. Sonuç olarak, maddelerin belirtilen sınır değerlerin altında olduğu ve önceki üretim ile kıyaslandığında herhangi bir artışın var olmadığı dolayısı ile tüketime elverişli olduğu görülmektedir. Tahin helvasında bulunan demir, bakır, arsenik, kurşun ve kalay sınır değerleri 05.03.2008-26807 numaralı Resmi Gazete’ de yayınlanan Türk Gıda Kodeksi Tahin Helva Tebliğinde[7] verilmektedir.

Çizelge 3.26’da, üretici firmanın laboratuvarlarında yapmış olan ve helvanın kimyasal bileşiklerini gösteren analiz sonuçları verilmiştir. Gerek helvanın duyuşal özelliklerinde gerekse kimyasal oran ve özelliklerinde incelendiğinde tüketilmesinde risk teşkil eden her hangi bir durum bulunmadığı ayrıca mikrobiyolojik açıdan incelendiğinde gıdada maya ve küf üremesinin olmadığı görülmektedir.

Çizelge 3.26. Tahin helvanın firma laboratuvarlarında yapılan duyuşal, mikrobiyolojik ve kimyasal analiz raporu[62]

DUYUSAL ÖZELLİKLER		Standart Değer	Analiz Sonucu	Referans
Renk		Kendine has renkte.	Uygun	* / **
Koku		Kendine has kokuda, yabancı koku olmamalı	Uygun	* / **
Tat		Kendine has tatta, yabancı tat olmamalı	Uygun	* / **
Görünüş		Kendine has homojen bir görünüşte, yağ sızdırması olmamalı	Uygun	* / **
Yapı		İnce lifli yapıda olmalı, şeker kristalleşmesi olmamalı	Uygun	* / **
Gözle Görülebilir Yabancı Madde		Bulunmamalı	Yok	* / **
KİMYASAL ÖZELLİKLER				
Susam Yağı %(m/m), en az	26	28.03	* / **	
Tahin Miktarı %(m/m), en az	52	53.26	* / **	
Protein %(m/m), en az	10	12.36	* / **	
Toplam Şeker(sakkaroz olarak) %(m/m), en çok	47	42.36	* / **	
Rutubet, %(m/m), en çok	3	-	* / **	
Ham Seliüloz, %(m/m), en çok	1,2	-	*	
Kül, %(m/m), en çok	2,0	1,72	* / **	
Peroksit Sayısı(özütilenen yağda), meq O ₂ /Kg, en çok	10	-	* / **	
Asitlik(özütilenen yağda, oleik asit cinsinden) %(m/m), en çok	2,0	-	* / **	
Saponin %(m/m), en çok	0,1	-	* / **	
Çeşnili Antepfıstığı Miktarı, net küttelede	en az %8	-	* / **	
Aflatoksin				
B ₁ , max. ppb	5	-	***	
B ₁ + B ₂ + G ₁ + G ₂ , max. ppb	10	-	***	
MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLER				
	n	c	m	M
<i>E.coli</i>	5	0	<10 ¹	
Maya ve Küf	5	3	1.0x10 ⁻²	1.0x10 ⁻³

¹n :Deney numunesi sayısı
c : "m" ile "M" arasındaki sayıda mikroorganizma bulunduran kabul edilebilir en fazla deney numunesi sayısı
m : (n-c) sayıdaki deney numunesinde bulunmasına müsaade edilen mikroorganizma sayısı
M : c sayıdaki deney numunesinin gramında bulunabilecek kabul edilebilir en fazla mikroorganizma sayısı

NOT: Çeşni maddesi olarak kurutulmuş veya yaş meyve şekerlemeleri, kuru meyve katılmış çeşnili tahin helvalarında analizler bu maddeler ayıklandıktan sonra kalan küttelede yapılır.

Referanslar
*TS 2590 Tahin Helvası Standardı Nisan 2006, **Türk Gıda Kodeksi Tahin Helvası Tebliği(Tebliğ No:2008/6)
***Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği
****Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği

Karıştırma ve yoğurma işleminde, insan gücünün yerine bu işi kesintisiz ve yüksek bir performans ile yerine getiren karıştırma ve yoğurma tertibatı kullanılmıştır. Böylece helva hamurlarının yapısal özelliklerinin birbirleri ile standart ve yakın değerlerde çıkması sağlanmıştır. Bu durumda üretim kalitesini artırmıştır. Şeker ile tahinin daha homojen bir şekilde karışması ve böylece (Şekil 3.80-Sol) helvada istenilen ağdalı yapının oluşması sağlanmıştır. Bu durum sonucunda şeker, tahin ve emülgatörün iyi karışmadığı zamanlarda ortaya çıkan helvanın yağ vermesi problemi de ortadan kalkmıştır.



Şekil 3.77 Yeni (solda) ve eski(sağda) usul ile üretilen helva yapıları.

3.5.3. Üretim bandının geleneksel üretim yöntemine göre avantajları

Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından Santez projesi kapsamında tasarlanan ve imal edilen üretim bandı geleneksel üretime göre kalite, hijyen, maliyet ve rekabet gücü açısından pek çok avantaj sağlamaktadır. Bu avantajları maddeler halinde aşağıda verilmiştir.

- Üretim bandı üzerinde mevcut olan şoklama ve normalleştirme sistemi ile üretim tekniğinden kaynaklanan 12-15 saatlik bekleme süreleri ortadan kaldırılmakta böylece üretim kapasitesi ve hızının yanı sıra kalite ve hijyende artmaktadır. Üretim tesisine yeni üretim bandının entegre edilmesi ile ilk yıl için %218’lik kapasite artışı arz talep dengesi gözetildiğinde firma için hedeflenmiş ve tutturulmuştur.
- Tahin helvanın üretim sonrasında kıvama gelmesi ve soğuması için gerekli bekletme alan ihtiyacı ortadan kalkmakta böylece üretimin toplam alanında 150 m²’lik bir alan boşa çıkmaktadır. Üretim bandından çıkan ürün tüketilmek için hazır olduğundan depolama için ayrılmış alanlar üretim alanı olarak kullanılabilecektir.

- Stok düzeyleri, özellikle yarı mamul stokları önemli ölçüde azalmaktadır.
- Üretim kontrolü daha hassas bir şekilde yapılabilmekte, üretim yöntemi için daha doğru veri ve bilgiler elde edilmektedir.
- Makine ve teçhizat kullanım oranları artmakta iş gücü maliyetinde önemli ölçüde tasarruf sağlanmaktadır. Otomasyon sistemi içerisinde yer almayan paketlenme, taşıma ve depolama alanları da dâhil helva üretim kısmında çalışan personel sayısı 20 iken üretim bandının devreye girmesi ile bu sayı 5'e düşmektedir. Böylece süreçteki insan faktörünün indirgenmesi ile gıdanın üretiminde olası hijyen kayıpları önlenmiş olmakta ve üretim tesisinin daha iyi sterilize edilmesi söz konusu olmaktadır.
- Sistem farklı özelliklerdeki (kakaolu, fıstıklı vb.) ürün üretimine imkân tanıyacak şekilde esnek bir üretim gücüne sahip olmakta, tüketici taleplerine cevap verebilecek üretim imkânını sağlamaktadır.
- Üretim hızından dolayı siparişler zamanında karşılanmakta bu durumda firmaya olan güveni artırmaktadır.
- Kalite yönetimindeki etkinlik artmakta, hatalı mamul üretim ortadan kalkmakta aynı zamanda önceki üretim tekniğinden kaynaklı olan fire miktarı yeni üretim tekniği ile yok denecek kadar azalmaktadır.
- Üretimde, ürün boyutlarına göre imalata başlama süreleri ve makine hazırlama süreleri kısaltmakta, küçük parti üretimin planlaması önemli ölçüde etkinlik kazanmaktadır.
- Üretim aşamasında gıdanın geometrik, fiziksel ve fonksiyonel yapısı ile ilgili pek çok bilgiye sistem içerisindeki hassas ölçme ve daraltma modülleri vasıtası ile ulaşılmaktadır.
- Gerçek üretim zamanında makinanın çalışma ayarlarına müdahale edilmesi mümkün olmaktadır. Oluşturulacak ilave bir yazılım ile üretimde gerçek zaman dışında geçmişte kalmış veriler kayıt altına alınmakta, aksaklıklara müdahale her zaman mümkün olmaktadır. Bu durum üretimde denetleme ve kontrol sağlamaktadır. 5179 Yetki Kanunu Gıda Güvenliği Kalitesinin Denetimi ve Kontrolüne Dair Yönetmeliği 3. Bölüm Madde 8'de "Üretilen gıda veya gıda ile temasta bulunan madde ve malzemede, işleme yöntemi veya üretimin herhangi bir aşamasında bir

değişiklik yapıldığı zaman, prosedürün gözden geçirilmesi, üzerinde gerekli değişikliklerin yapılması ve bu değişikliklerin kayıt altına alınması zorunludur.” [6]. yükümlülüğünü sağlamaktadır.

- İnsan faktörünü üretimin ilk safhalarından alıp; kontrol, bakım ve denetleme safhalarına koyan otomasyon sistemi, üretimhanede oluşabilecek iş kazalarını ve bundan doğabilecek can ve mal kayıplarının önüne geçmekte, iş ve işçi güvenliği sağlamaktadır.
- Gıda ile temasta bulunan üretim bandı yapı elemanlarının imalat materyalleri gıda üretimine uygun olarak seçilmiştir. Böylece, 04.07.2005-25865 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğinde, Gıda Maddeleri ile Temasta Bulunan Plastik Madde ve Malzemeler Tebliğinde Değişiklik Yapılması Hakkındaki Tebliğin içerdiği migrasyon sınır değerleri hükmünü sağlamaktadır. Gıda zehirlenmelerine karşı ve gıda hijyeninin sağlanmasına yönelik kriterleri yerine getirmiş bulunmaktadır [5].

Çizelge 3.27’de üretim bandının, geleneksel üretime göre üretim gücü, çalışma performansı ve geliştirilebilirlik açısından ortaya koyduğu avantajlar verilmiştir.

Çizelge 3.27. Üretim bandı ve geleneksel yöntem üretimlerinin karşılaştırılması

Üretim Bandı ve Geleneksel Yöntem Üretimlerinin Karşılaştırılması		
<u>Unsurlar</u>	<u>Geleneksel Yöntem ile üretim</u>	<u>Üretim bandı ile üretim</u>
Personel Sayısı	20	5
Üretim Kapasitesi	3500 kg/gün	7632 kg/gün
Bekletme Alan İhtiyacı	Var	Yok
Üretim süreci	12-15 saat	10-20 dakika
Geliştirilebilir Durumlar		- Üretim kapasitesi - Üretim veri kayıtları - Ürün çeşitliliği - Soğutma verimliliği

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Üretim tesislerine, otomasyon kontrollü üretim hatlarının entegrasyonu, yüksek maliyetlerine rağmen üretim artışı, enerji ve işçilik maliyetlerinde oluşan düşüş ile uzun vadede karlı bir yatırım olmaktadır. Teknolojinin, ürüne özgü üretim tekniğine başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için uzun süreli titiz bir çalışma gerekmektedir. Başarılı bir üretim hattı modernizasyonu, üretimde iş gücü olarak kullanılan insanın geri planda kontrol ve denetleme mekanizmasının bir parçası haline gelmesi, üretim artışının yanında ürün kalitesini ve hijyenitesi açısından da büyük öneme sahip olmaktadır.

Üretim bandı maksimum taşıma kapasitesi $Q_h=41635,16$ kg/h olarak bulunmuştur. Bu taşıma kapasitesini gerçekleştirebilmek için gerekli olan tahrik kuvveti birinci bant tertibatında $F_{1-max}=331,02$ N ikinci bant tertibatında ise $F_{2-max}=548,01$ N olarak bulunmuştur. Pnömatik düzenekli birinci bant gergi tertibatı için gerekli olan gergi kuvveti $F_{G-1}= 599,94$ N, pnömatik piston çalışma basıncı $P_{p/2}= 0,265$ bar , vidalı tip olan ikinci bant gergi tertibatı için gerekli bant gergi kuvveti ise $F_{G-2}= 1649,2$ N olarak bulunmuştur. Konveyör bant tahriki için gerekli motor güçleri, birinci konveyör için $N_1=0,868$ kW, ikinci konveyör için $N_2=1,358$ kW olarak hesaplanmıştır. Soğutma tüneli duvarlarında bir saatte meydana gelen ısı kaybı $Q_{T-Top}= 7,81$ W (28,116 kJ/h) olarak hesaplanmıştır. Gıda bileşiklerini baz alan Heldman'ın ampirik modellemesi ile yapılan hesaplamada tahin helvanın özgül ısı değeri $cp_1=1,398$ kJ/kg 0C olarak hesaplanmıştır. Benzer yöntemi uygulayan Choi ve Okos ampirik modellemesinde ise bu değer $cp_2=1,651$ kJ/kg 0C olarak hesaplanmıştır. Tahin helvanın yoğunluk değeri $\rho_{helva} = 1438,75$ kg/m³ olarak hesaplanmıştır. Kopelman'ın algoritmik modellemesi kullanılarak tahin helvanın ısı iletim katsayısı $k_{he}=0,287$ W/m 0C olarak hesaplanmıştır. One-term yaklaşım yöntemi ile tahin helva soğuma süreleri hesaplanmış ve iki farklı test ortamında toplam 30 helva kalıbı kullanılarak ölçülen süreler ile kıyaslanmıştır. Test 1 aşamasında, tahin helva kalıbının merkez nokta sıcaklığını ortalama 39,1 0C 'ye getirilmesi için kayıt edilen süre 415, 53 saniye iken Heldman özgül ısı değeri kullanılarak hesap edilen soğuma süresi 373, 64 saniye ve Choi - Okos özgül ısı değeri kullanılarak hesap edilen

soğuma süresi 511,71 saniyeye çıkmıştır. Test 2 aşamasında ise, tahin helva kalıbının merkez nokta sıcaklığının ortalama 34,9 °C ye getirilmesi için geçen süre 596,92 saniye iken Heldman özgül ısı değeri kullanılarak hesap edilen soğuma süresi 448,47 saniye ve Choi - Okos özgül ısı değeri kullanılarak hesap edilen soğuma süresi 613,73 saniye çıkmıştır. Birbirlerine yakın değerlere sahip bu süreler hesaplamalarda kullanılan ampirik ve nümerik modellemelerin uygulanabilirliği açısından anlamlı bulunmaktadır. Choi-Okos denkliğinden elde edilen özgül ısı değerinin Heldman denkliğinden elde edilen özgül ısı değerine göre test sonuçlarına daha yakın olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, helva soğutma sürelerine ilişkin analizlerde Choi-Okos denkliği kullanılması test değerlerine yakınlığı açısından tercih edilmiştir.

Helva üretim tesisinde tahin helvanın karıştırılması, küreklenmesi, kalıplanması, depolanması, kesilmesi ve paketlenmesi işlemleri için çalışan 20 personel üretim bandının devreye girmesi ile 5 personele düşmüştür. Makine ve teçhizat kullanım oranı artmış, iş gücü maliyeti düşmüş, insan kaynaklı gıdanın üretiminde olası hijyen kayıpları azaltılmış sterilizasyon imkanı artmıştır. Helvanın şekillendirilip, kesilip, soğutulması işinin gerçekleştirildiği soğutma tüneli, 80 gramlık helva üretiminde, test çalışma şartları temel alındığında 1321,5 kg/h'lık bir üretim kapasitesi ile çalışmaktadır. Karıştırma ve yoğurma tertibatı haznesi 110,5 lt kapasitede olup 158,98 kg helvayı her 10 dakikalık periyotlar içerisinde yani saatte ortalama 954 kg helvayı üretim bandı haznesine vermek üzere hazır hale getirmektedir. Arz talep dengesi gözetildiğinde günlük helva üretim kapasitesi 3500 kilogramdan 7632 kilografa çıkartılmış üretim gücü %218 artmıştır. Üretim bandı üzerinde mevcut olan şoklama ve normalleştirme sistemi ile üretim tekniğinden kaynaklanan 12-15 saatlik bekleme süreleri ortadan kaldırılmakta böylece üretim kapasitesi ve hızının yanı sıra kalite ve hijyende artmaktadır. Ürünün kıvama gelmesi ve soğuması için gerekli 150 m²'lik bekletme alan ihtiyacı ortadan kalkmıştır. Geleneksel üretim yönteminden kaynaklı ve ürünün kesimi esnasında ortaya çıkan fre miktarları ortadan kalkmıştır. Üretim ortamında insan sayısının düşürülmesi iş kazası riskini minimum seviyeye indirmek, iş ve işçi güvenliğini artırmakta böylece doğabilecek can ve mal hasar olasılığını azaltmaktadır. Farklı ölçülerdeki ve kolay sökülüp takılabilen şekillendirme tamburu sayesinde tüketici taleplerine cevap verebilecek farklı

gramajlarda üretim imkânı sağlamaktadır. Oluşturulabilecek ilave bir yazılım ile üretime yönelik bilgiler kayıt altına alınabilecek, üretime yönelik problemlere müdahale etkinlik kazanacak, durum üretimde tam denetleme ve kontrol sağlayacaktır. Üretim hattının işlevselliği sayesinde stok düzeyleri, özellikle yarı mamul stokları önemli ölçüde azalmaktadır.

Gıda ile ilgili kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerin bir kısmı firmanın imkânı dâhilinde kendi laboratuvarında tahin helvanın bileşiğinde bulunan metalik madde analizi ise Ege Üniversitesi Çevre ve Gıda Analizleri Laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Firmanın kendi laboratuvarlarında yapılan helvanın kimyasal bileşik miktarlarını gösteren analiz sonuçları Çizelge 3.26’da incelendiğinde bu değerlerin helva tebliğine uygun olduğu görülmüştür ayrıca gerek helvanın duysal özelliklerinde gerekse kimyasal özelliklerinde gıdanın tüketilmesinde risk teşkil eden her hangi bir duruma rastlanılmamıştır. Ege Üniversitesi Gıda Analizi Laboratuvarlarında, tahin helva numunelerine ait ağır metal analizleri yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçları Çizelge 3.25’de incelendiğinde arsenik, bakır, demir gibi metallerin tebliğde belirtilen sınır değerlerinin altında olduğu görülmüş ve önceki üretim ile kıyaslandığında herhangi bir artışın var olmadığı dolayısı ile tüketime elverişli olduğu sonucuna varılmıştır.

Soğutma grubunun montaj yeri ilk montaj aşamasında fabrika çatısı olarak seçilmiştir. Bu durum, yaz sıcaklarının yüksek olarak hissedildiği zaman dilimlerinde soğutma grubundan üretim bandı soğutma tüneline yollanan hava sıcaklık değerinin yükselmesine ve çalışma performansının düşmesine sebep olmaktadır. Soğutma grubunun fabrika içinde ve serin bir bölgede konumlandırılması bu olumsuz durumu ortadan kaldıracaktır.

Giyotin tertibatının, üretim bandının 6’ncı metresinde konumlandırılması ile sıcak helvanın tam soğuma gerçekleşmeden kesilmesini ve böylece helvada kırılmadan doğan kayıp miktarının önüne geçilmesi planlanmıştır. Kesimden doğan helva kayıpları düşünüldüğü gibi ortadan kaldırılmış fakat 6’ncı metrede yeteri kadar soğumayan helva kalıbı kenarlarında kesimden sonra yayvanlaşma görülmüştür.

Yapılan denemeler sonucunda giyotin tertibatının, bandın 6'ncı metresinden alınıp 10'ncu metresine monte edilmesi sonucunda, helva en uygun kesim sıcaklığına ulaşmakta ve kalıp şeklini aynen korumaktadır.

Soğutma tünelinin içinde bulunan ve helvanın soğutulmasında kullanılan havayı filtre eden hepa filtrelerin sık dokusu tünele giren havanın hacimsel debisini ve sirkülasyon hızını oldukça düşürmekteydi. Bu durum ise helvanın yeterince iyi soğutulmamasına ve soğutma sistemi veriminin düşmesine sebep olmaktaydı. Hepa filtrelerin, filtre gücü yüksek ve daha seyrek modelleri ile değiştirilmesi bu problemin ortadan kaldırılmasını sağlamıştır.

Üretim tesislerine, otomasyon kontrollü üretim hatlarının entegrasyonu, yüksek maliyetlerine rağmen üretim artışı, enerji ve işçilik maliyetlerinde oluşan düşüş ile uzun vadede karlı bir yatırım olmaktadır. Teknolojinin, ürüne özgü üretim tekniğine başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için uzun süreli titiz bir çalışma gerekmektedir. Başarılı bir üretim hattı modernizasyonu, üretimde iş gücü olarak kullanılan insanın geri planda kontrol ve denetleme mekanizmasının bir parçası haline gelmesi, üretim artışının yanında ürün kalitesini ve hijyenitesi açısından da büyük öneme sahip olmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Gök, D. A., “PLC uygulama alanları” PLC Temelleri ve Uygulamaları, **Okutman Yayıncılık**, Ankara 25-42 (2004).
2. Isermann, R., “Perspectives of automatic control”, **Control Engineering Practice**, 1399-1407, (2011).
3. Rohner, P.,”PLC programming and hardware fundamentals” Automation with Programmable Logic Controllers, **Macmillan press 1**, (1996).
4. İnternet: Makro Otomasyon, ”Otomasyon uygulama alanları”, <http://makrootomasyon.com>, (2010).
5. Tergan,V., Andrev.I, Liberman, B., “Fundamentals of Industrial Automation”, **Mühendis ve Makine**, 30 (1989).
6. Demiröz, B., “Türkiyede ve Dünyada Gıda Denetimi Laboratuvarları”, **Gıda Mühendisliği Dergisi**, 21, (2006).
7. “Dördüncü Bölüm İşyerlerinin Taşınması Gereken Özellikler”, Gıda Hijyen Mevzuatı, **T.C. Resmi Gazete**, 2577, (2005).
8. Bulduk, S., “Gıda ve personel hijyeni”, Gıda Teknolojisi, **Detay Yayıncılık**, Cilt 2. (2004).
9. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği 5996 **T.C. Resmi Gazete**, 28157, (2011).
10. “Gıda Maddeleri ile Temasta Bulunan Plastik Madde Bileşiklerinin Migrasyon Testi için Temel Kurallar Tebliği 04.07.2005-25865”, Türk Gıda Kodeksi, **T.C. Resmi Gazete**, Tebliğ No:2005/34, (2005).
11. “Gıda Maddeleri ile Temasta Bulunan Plastik Madde ve malzemeler Tebliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Tebliğ”, Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği Tebliğ No: 2011/29, **T.C. Resmi Gazete** 10.06.2011-27960, (2011).
12. Yetki Kanunu Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği Tahin Helvası Tebliği, (26807). **T.C. Resmi Gazete**, (2008).
13. Ilyukhin, S.V., Haley, A.T, Singh R.K., “A survey of automation practices in the food industry”. **Food Control**, 285-296, (2001).
14. İnternet: FDA and USDA Certified Robotic Food Processing Systems, “A Review of Regulations and Considerations for Increasing Sanitation in Food ManufacturingFacilities”,<http://www05.abb.com/global/scot/scot241.nsf/verit>

ydisplay/c8d0f0cc8054d7fdc125799f0059d330/\$file/sanitary%20robotic%20food%20packaging%20white%20paper.pdf, (2012).

15. García-Pérez, J.V., Benedito, J., Mulet, J.A., “Cárcel Food process innovation through new technologies: Use of ultrasound”, ***Journal of Food Engineering***, (2012).
16. Chemat, F., Huma, Z., Khan., M.K., “Aplication of ultrasound food technology: Processing, preservation and extraction” ***Ultrasonics Sonochemistry*** **18**, 813-835, (2011).
17. Naoshi, K., “Automation on fruit and vegetable grading system and food traceability” ***Trends in Food Science & Technology***, 145-152, (2010).
18. Leea, D.G., Yanga, Y.S., Kangba, J.G., “Conveyor belt automatic vaccine injection system (AVIS) for flatfishbased on computer vision analysis of fish shape”, ***Aquacultural Engineering***, 813-835, (2013).
19. Nashata, S., Abdullahb, A., Aramvithc, S., Abdullah, M.Z., “Support vector machine approach to real-time inspection of”, ***Computers and Electronics in Agriculture***, 147-158, (2011).
20. Xie, X., Li, J., “Modeling, analysis and continuous improvement of food production systems”, ***Journal of Food Engineering***, 344-350, (2012).
21. Tsarouhas, P., Liberopoulos, G., “Reliability analysis of an automated pizza production line”, ***Journal of Food Engineering***, 79-96, (2005).
22. Delgado, A., “Automation and Control in Food Production”, ***Control System, Robotics and Automation***, 19, (1996)
23. Scheffler, R., “Maximizing sanitation efforts in food processing: the importance of conveyor hygiene”, ***Trends in Food Science & Technology***, 20, 40-43, (2009).
24. Yetim, H., Özçandır S., “Akıllı Ambalajlama Teknolojisi ve Gıdalarda İzlenebilirlik”, ***Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi***, Cilt 5., (2010).
25. Lee, S.J., Mijanur Rahman, A.T.M., “Definitions and examples of active and intelligent packaging”, ***Intelligent Packaging for Food Products***, 171-201, (2014).
26. Han, J.H., “Developments in food processing and packaging”, ***A Review of Food Packaging***, 3-11, (2013).

27. Nitagaur P.M., Nambiar, A.N., “Trends in Food Packaging and Manufacturing Systems and Technology”, ***Trends in Food Science and Technology***, 117-128, (2010).
28. Aksoy, S., Mühürücü, A., “Vakumlu Paketleme Makinasının PLC ile Otomasyonu”, ***Elektrik Müh. Odası Denizli Şubesi, Pamukkale Üniversitesi, III. Otomasyon Sempozyumu Bildiriler Kitabı***, Denizli, (2005).
29. Heide, O., “Hygienic design solutions for food conveyor belts”, ***Trends in Food Science & Technology***, 89-92, (2007).
30. Özdağoğlu, A., Özdağoğlu, G., “Materyal Aktarma Sistemlerinin İyileştirilmesi ve Gıda Sektöründe Bir Örnek Olay Çalışması”, ***Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi***, Cilt 8, İzmir, (2006).
31. Chaturongkasumrit, Y., Takahashi, H., Keeratipibul, S., Takashi Kuda, Kimura, B., “The effect of polyesterurethane belt surface roughness on *Listeria monocytogenes*”, ***Food Control***, 1893-1899, (2011).
32. Soares, C., Bloch. H.P., “Conveyor-Based Processing”, ***Process Plant Machinery***, (1998).
33. Batu, A., Elyıldırım, F., “Geleneksel Helva Üretim Teknolojisi”, ***Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi***, 4,3, 33-38, (2009).
34. Güler, Z., “Tahin Ve Tahin Helvalarında Kimyasal Niteliklerin Belirlenmesi ve Standartlara Uygunluğunun Değerlendirilmesi”, ***3. Gıda Mühendisliği Kongresi***, 559-571, Ankara (2003).
35. Kofahi, A. “Hazard Analysis and Critical Control Point Generic Models For Some Traditional Foods” ***Amman : World Heaalth Organization***, 46,87, (2008).
36. Çakır, İ., “Koliform Bakteriler ve E. coli”, Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları” ***Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Yayını***, 512, (2000).
37. Black,M., Bewley, J.D., Halmer, P., “The Encyclopedia of Seeds, Science Technology and Uses”, ***Gromwell press***, London, 619, (2006)
38. Karakahya, E., “Tahin Helvası Üretiminde Farklı Bitkisel Yag ve Soya Proteini Kullanımının Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi”, Yüksek lisans tezi ***Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü***, Edirne, (2006).

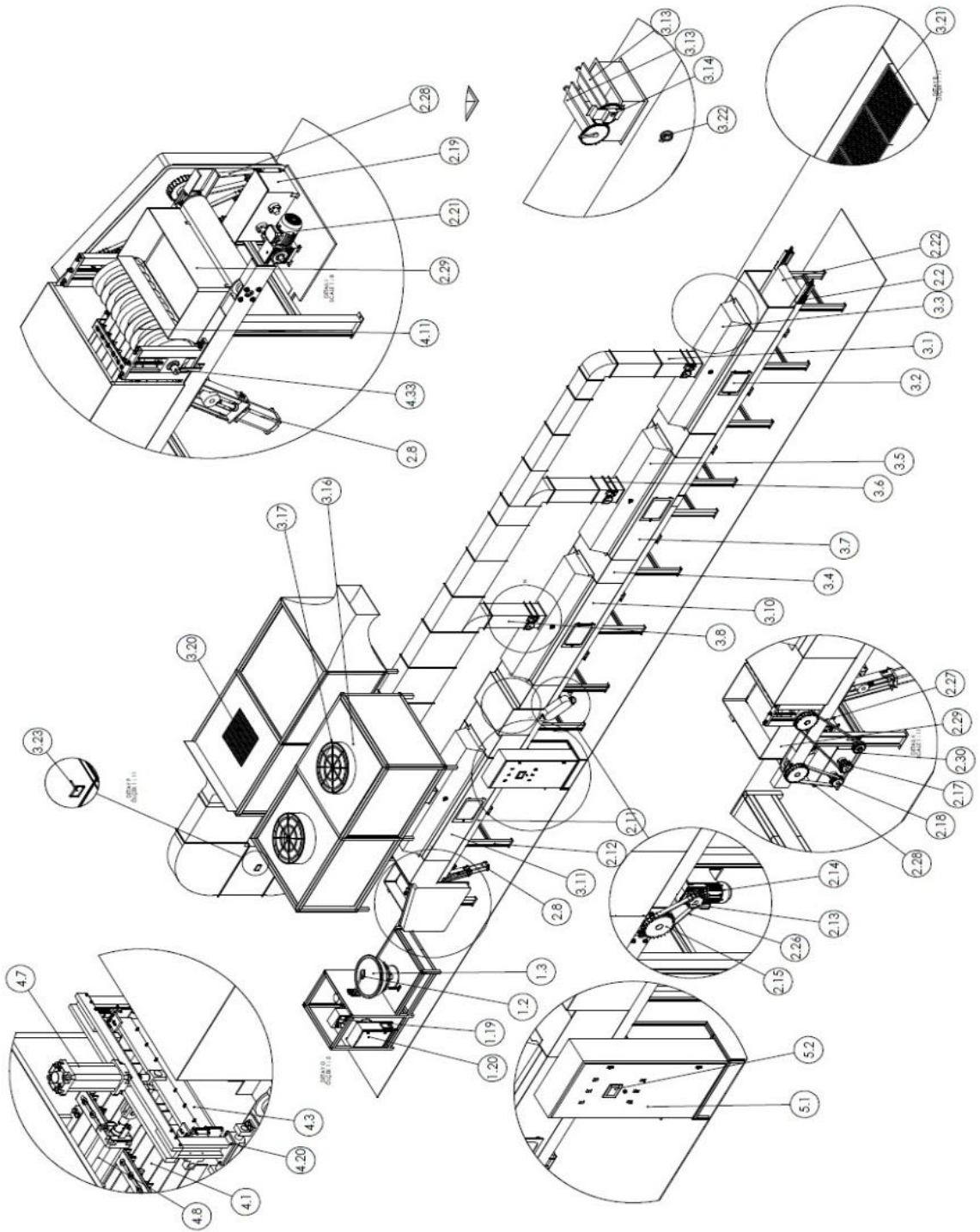
39. Uluöz, M., Yiğit, V., Gözlü, S., “Tahin Helvasında Yağın Stabilitésinin Artırılması Üzerinde Araştırmalar”, **TÜBİTAK Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü, Beslenme ve Gıda Teknolojisi Bölümü**, Gebze- Kocaeli, 20 (1), 43-47, (1975).
40. Meydani, E., “Samsun'da Üretilen Sade Tahin Helvalarının Özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, **Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü**, Samsun, (2008).
41. Kodzekidou, P., “Microbial Stability and Fate of Salmonella enteritidis in Halva, A Low-Moisture Confection”, **Journal of Food Protection**, 61, 181-185, (1998).
42. İnternet: Shell and Tubes-Thermokey, “Shell and Tubes Thermokey teknik özellikleri”, www.thermokey.it, (2011).
43. İnternet: Refcomp Compressor, “ Refcomp kompresör teknik özellikleri”, www.refcomp.it, (2011).
44. İnternet: C Kool, “Chiller hava soğutma sistemi çalışma prensibi” www.ckool.th, (2011).
45. “Gıda Güvenliği ve Kalitesinin Denetimi ve Kontrolüne Dair Yönetmelik”, **T.C. Resmi Gazete-5179**, 26.09.2008-27009, (2009).
46. Gerdemli, İ., “Bant Taşıyıcılar”, **Bantlı Konveyörler Hesap Esasları Ders Notları**, İstanbul, (1999)
47. Irmak E., Gerdemeli İ., “Bantlı Konveyör Hesap Esasları Bölüm”, **11. Transport Tekniği**, İstanbul, (1999).
48. Özkaymak, M., “Uzay Kuvvetler Sistemi-Rijit Cisimlerde Eşdeğer Kuvvet Sistemi”, **KTEF Statik Ders Notları**, (2002).
49. Mendi, F., “İleri Makina İmalat Tasarımı” **Gazi Üniversitesi Makina Ders Notları**, Ankara (2011).
50. Özkara, H., Şen, Z. İ., Özçilingir, N., “Makine Teknolojisi Hareket ve Güç İletme Elemanı”, **MEGEP** Ankara, (2006).
51. Kurt, H., “Düzlemsel ve Paralel Tabanlarda Oluşan Isı Transferi”, **KTEF Isı Transferi Ders Notları**, Karabük, (2003).
52. Çengel, Y.A., Heat Transfer. Thermodynamics and Heat Transfer Second Editions. s.l. : **Mc Graw Hill** , 367-452, (2008).

53. İnternet: Air Psychometrics, “Havanın fiziksel değerleri”, <http://www.engineeringtoolbox.com>, (2011).
54. Sweat, V. E., “Thermal properties of foods” (Eds.), **Engineering Properties of Foods**, 2nded., New York, 99–138, (1995).
55. Şahin, S., Servet, G.S., “Thermal Properties of Food”, Physical Properties of Foods, **Middle East Technical University**, Ankara, 107-148, (2005).
56. Choi, Y., Okos, M. R., “Effects of temperature and composition on the thermal properties of foods”, Food Engineering and Process Applications, Vol. 1: Transport Phenomena, **New York: Elsevier**, (1986).
57. Murakami, E.G., Okos, M. R., “Measurement and prediction of thermal properties of foods”, Food Properties and Computer-Aided Engineering of Food Processing Systems, **Dordrecht Kluwer Academic**, 3–48, (1989).
58. Kopelman, J. I., “Transient Heat Transfer and Thermal Properties in Food Systems” PhD dissertation, **Michigan State University**, East Lansing M.I., (1966).
59. Çengel, Y.A., “Transient Heat Conduction”, Heat Transfer A Pratica Approach, **Mc Graw Hill**, 265-343, (2002).
60. Çengel, Y.A., “Chapter Six-Fundamentals of Convection, Chapter Seven-External Forced Convection”, Heat Transfer A Pratica Approach, **Mc Graw Hill**, 334-408, (2002).
61. Holman, J.P., “Empirical and Practical Relations for Forced-Convection Heat Transfer”, Heat Transfer Ten Edition”, **Mc Graw Hill**, 277-308, (2010).
62. Gökçek, E., “Duyusal, Mikrobiyolojik ve Kimyasal Analiz Raporu”, **MND Gıda Laboratuvarı**, Ankara, (2012).
63. Doğan, C., “PVC Gıda Bandı Migrasyon”, **TÜBİTAK MAM**, 11-1847/001 İzmir, (2011).
64. Cemeroğlu, B., Soyer, A., “Gıda Mühendisliğinde Temel İşlemler”, Cemeroğlu, B., **Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları**, 22-46, (2010).
65. “İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin Risk Grupları Listesi Tebliği”. 25432. 13.04.2004, **T.C. Resmi Gazete**, (2004).
66. İnternet:SchneiderElectric,“mikroişlemciler”. www.controlmicrosystem.com. (2011).

67. Siebel, E., “Specific heats of various products”, Ice and Refrigeration, 2, . (1892).
68. “Türk Gıda Kodeksinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik”, 17.01.2009-27113, ***T.C. Resmi Gazete***, (2009).

EKLER

EK-1. Helva karıştırma yoğurma şekillendirme ve soğutma bandı yapı elemanları ve genel görünümü



Şekil 1.1.Helva karıştırma yoğurma şekillendirme ve soğutma bandının yapı elemanları ve genel görünümü

EK-2. Helva karıştırma yoğurma şekillendirme ve soğutma bandı yapı elemanları çizelgesi

Çizelge 2.1. Helva karıştırma yoğurma şekillendirme ve soğutma bandının yapı elemanları

Helva Karıştırma Yoğurma Şekillendirme ve Soğutma Bandının Yapı Elemanları			
1.1	Hidrolik yağ ünitesi	3.12	1 numaralı soğutma tüneli bacası
1.2	Karıştırma küreği	3.13	Havalandırma klepesi
1.1	Otomasyon gösterge paneli	3.14	Havalandırma damper motoru
1.2	Elektrik panosu	3.16	Hava soğutmalı kondenser
2.2	Vidalı bant gerdirme yataklandırması	3.17	Kondenser fanı
2.8	Pnömatik gergi pistonu	3.20	Havalandırma santral
2.1	Yatay şasi profili (NPU 160)	3.21	Hepa Filtre
2.1	Dikey şasi profili NPI 160)	3.22	Hava fark basınç anahtarı
2.1	2. Bant tertibatı redüktör tahrik dişlisi	3.23	Hava akış ve sıcaklık duyargası
2.1	2. Bant tertibatı tahrik motoru	4.1	Malzeme yolluk sacları
2.1	2. Bant tertibatı bant tamburu tahrik dişlisi	4.3	Giyotin bıçağı
2.1	1 numaralı şanzıman çıkış dişlisi	4.7	Giyotin dikey kesim pistonu
2.1	2 numaralı şanzıman çıkış dişlisi	4.8	Giyotin yatay öteleme pistonu
2.1	1. Bant tertibatı şanzıman kutusu	4.11	Şekillendirme tamburu
2.2	1. bant tertibatı tahrik motoru	4.20	Giyotin öteleme yatay kurs bilyası
2.2	2. bant tertibatı malzeme taşıma bandı	4.33	Encoder
2.2	Gergi tambur muylusu	5.1	Otomasyon panosu
2.2	2. bant tertibatı tahrik zinciri	5.2	Otomasyon panosu dokunmatik
2.2	1. bant tertibatı şekillendirme tamburu tahrik		
2.2	1. bant tertibatı bant tahrik zinciri		
2.2	Ürün haznesi		
2.3	Avare dişli		
3.1	4 numaralı soğutma tüneli bacası		
3.2	4 numaralı soğutma tüneli gözetleme		
3.3	4 numaralı soğutma tüneli davlumbazı		
3.4	Soğutma tüneli ara bağlantı duvarı		
3.5	3 numaralı soğutma tüneli davlumbazı		
3.6	3 numaralı soğutma tüneli bacası		
3.7	3 numaralı soğutma tüneli		

3.8 2 numaralı soğutma tüneli bacası

EK-3. Helva karıştırma yoğurma şekillendirme ve soğutma bandı prototipi resimleri



Şekil 3.1. Soğutma tüneli içi



Şekil 3.2. Soğutma tüneli kontrol penceresi

EK-3(Devamı). Helva karıştırma yoğurma şekillendirme ve soğutma bandı prototipi resimleri

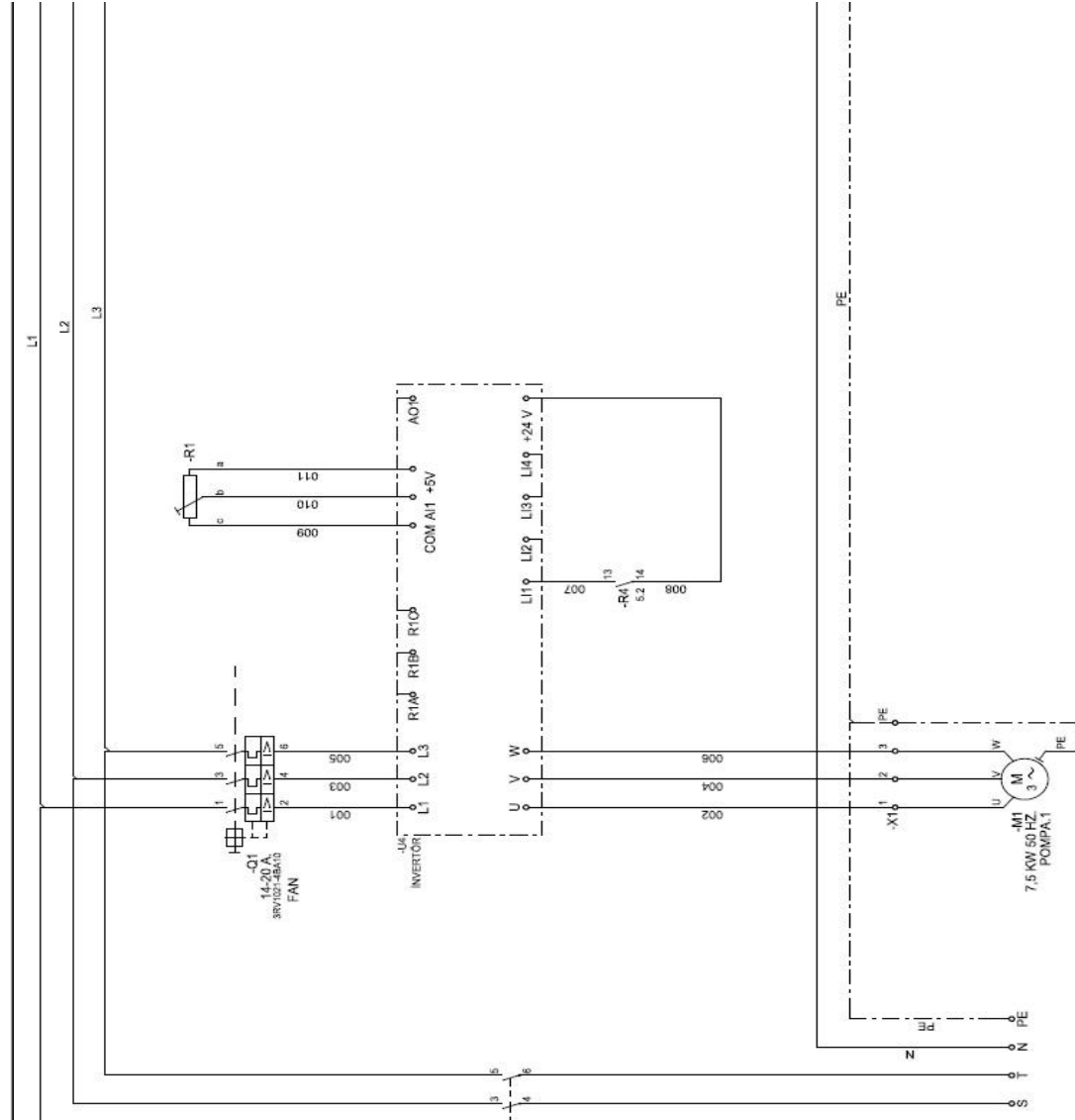


Şekil 3.3. Soğutma sistemi boru hattı



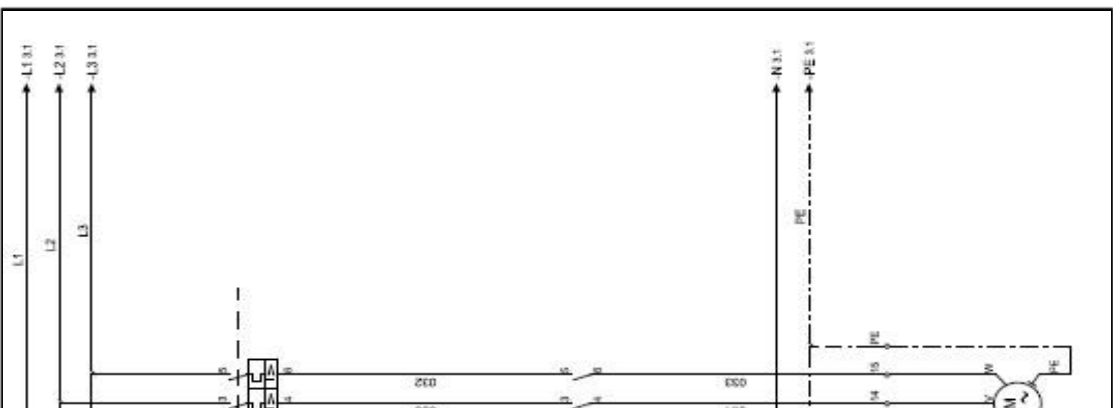
Şekil 3.4. Helva karıştırma yoğurma şekillendirme ve soğutma bandı prototipi genel görünümü

Ek-4 Üretim bandı otomasyon panosu devre şemaları



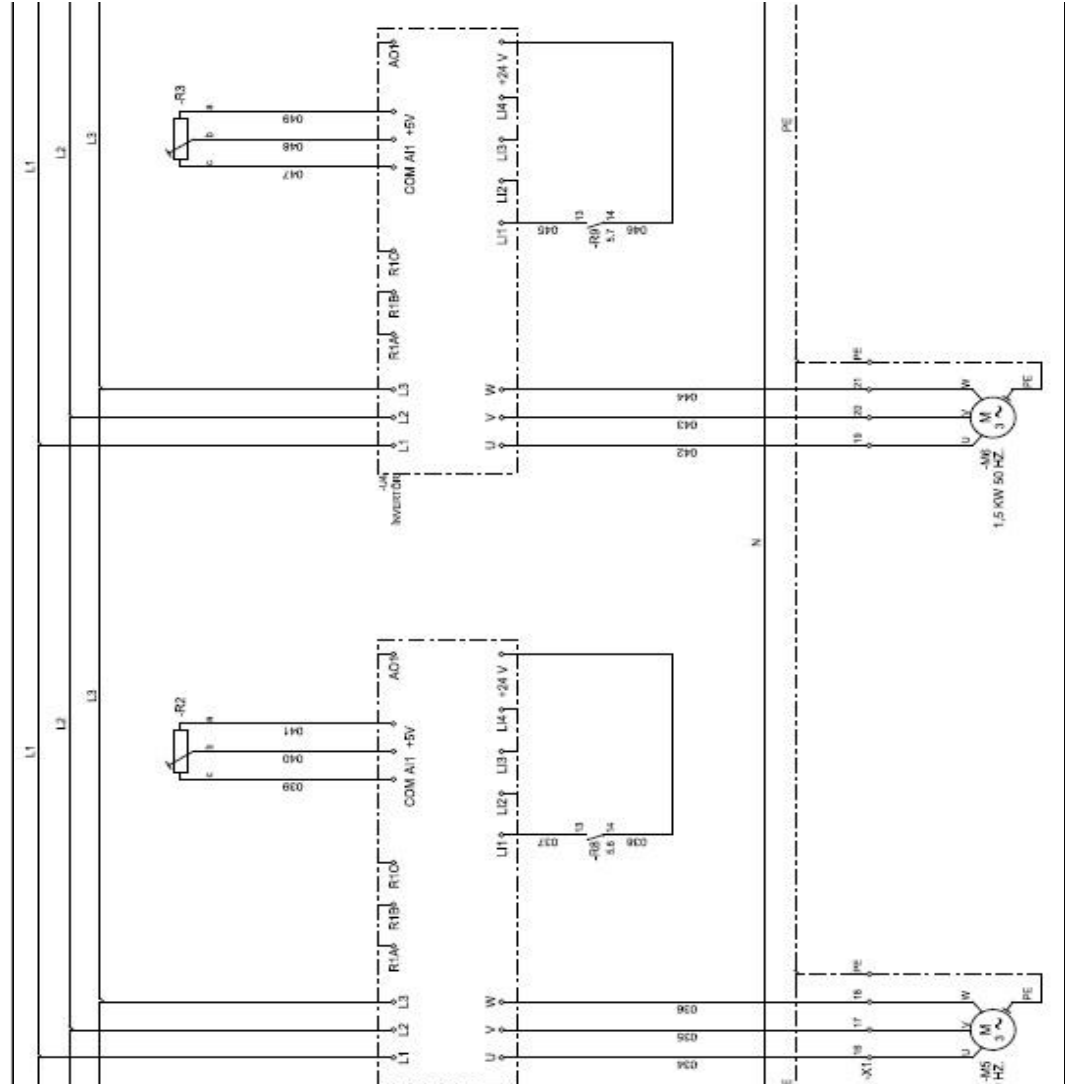
Şekil 4.1. Chiller soğutma grubu frekans invertörü devre şeması

Ek-4(Devamı) Üretim bandı otomasyon panosu devre şemaları



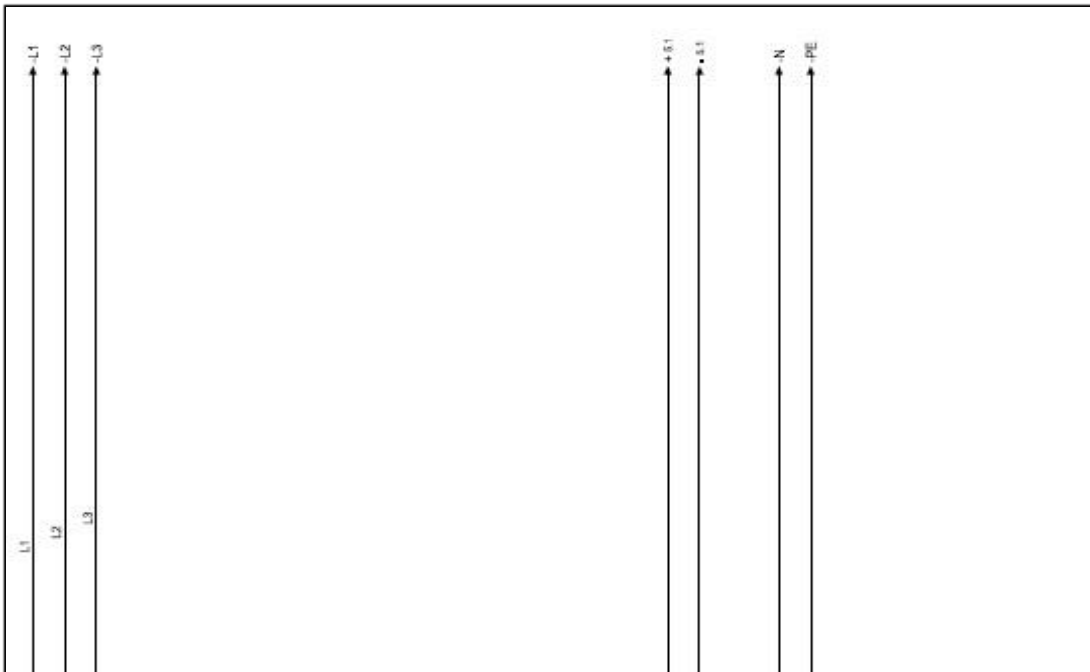
Şekil 4.2. Chiller soğutma grubu elemanları bağlantı devre şeması

Ek-4(Devamı) Üretim bandı otomasyon panosu devre şemaları



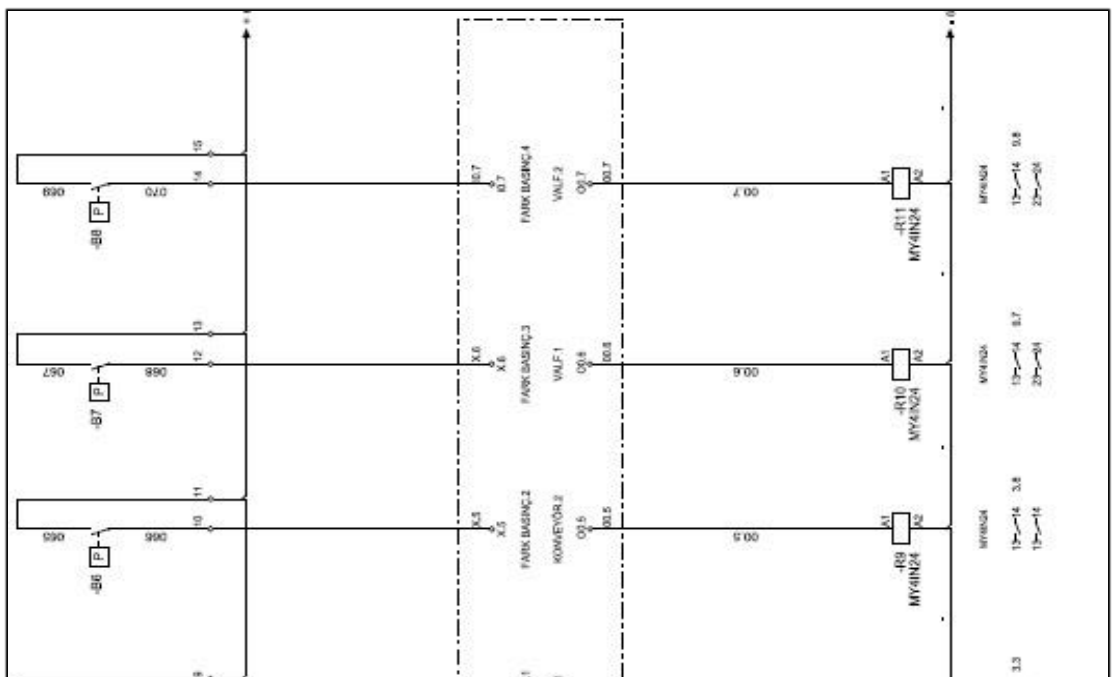
Şekil 4.3. Konveyör bantları frekans invertörleri devre şeması

Ek-4(Devamı) Üretim bandı otomasyon panosu devre şemaları



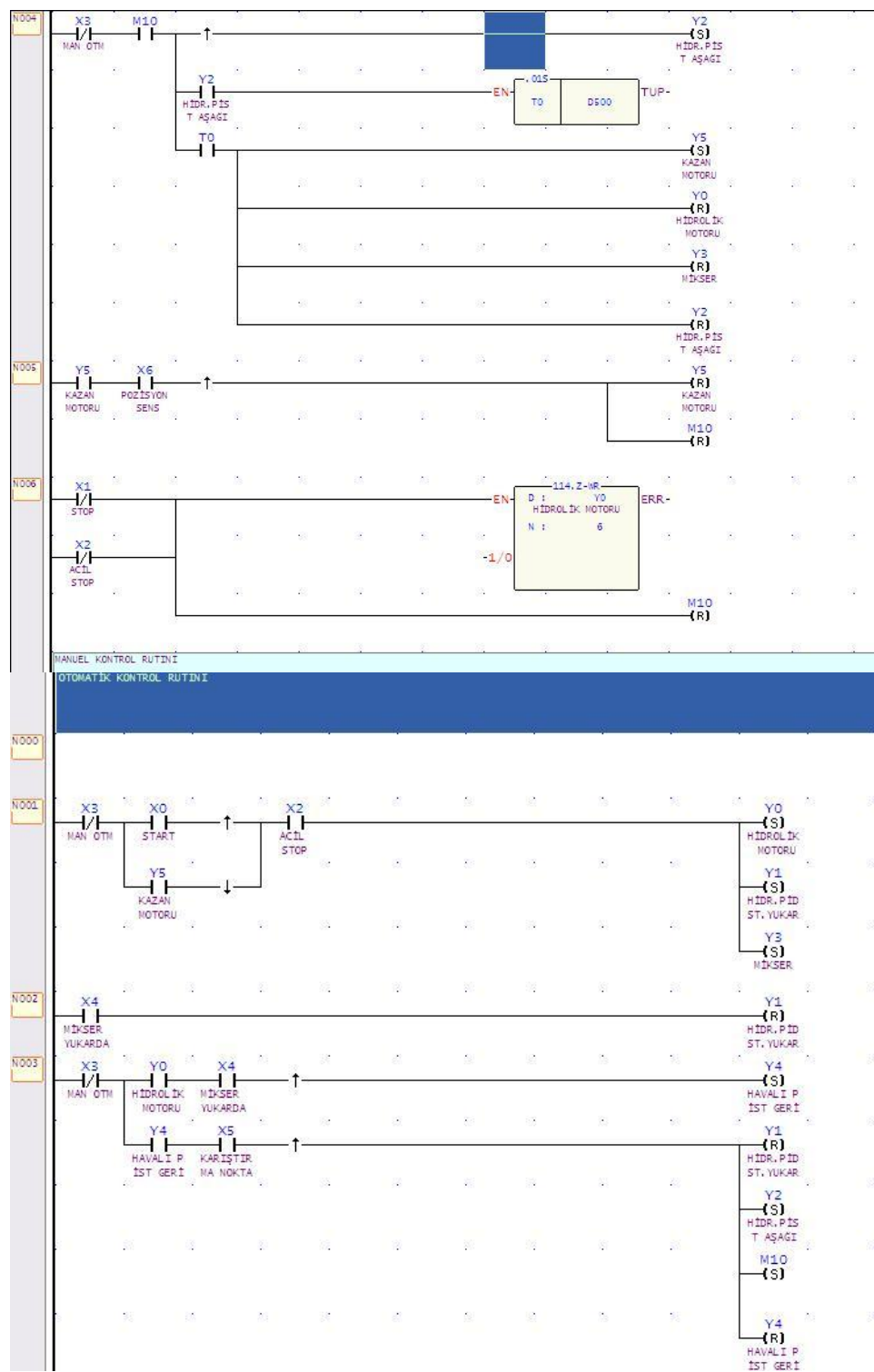
Şekil 4.4. Güç kaynağı devre şeması

Ek-4(Devamı) Üretim bandı otomasyon panosu devre şemaları

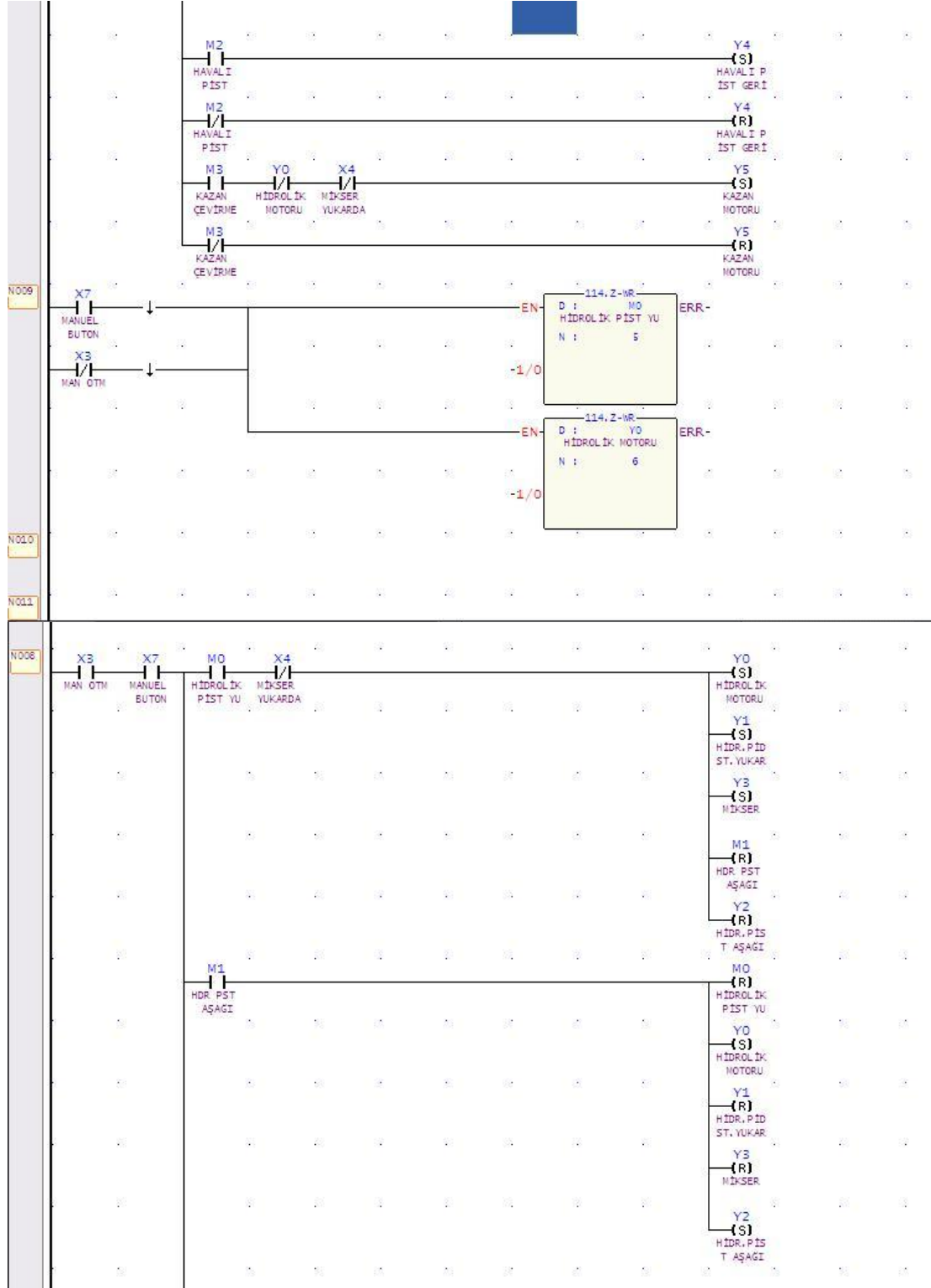


Şekil 4.5. PLC bağlantı şeması

EK-5 Karıştırma ve yoğurma tertibatı otomasyon yazılım şemaları



EK-5 (Devamı) Karıştırma ve yoğurma tertibatı otomasyon yazılım şemaları



EK-6 PVC Bandı Migrasyon Analizi



Rapor No : B.14.2.TBT.5.01.08.00-181.08.03-4086 /14766 - EK RAPOR LR)			
Talep Eden : RULTRANS TRANSMİSYON SAN. TIC. AŞ.			
Adres : ANKARA ASFALTI 20.KM KEMALPAŞA YOL AYRIMI (35170) KEMALPAŞA İZMİR			
Örnek:PVC GIDA BANDI		Son kullanım Trh : Üretim Tarihi : Enstitü örnek kayıt no: 11-1847/001 Kabul tarihi ve saati : 08/08/2011 11:00:00 Analiz Tarihi : 16/08/2011 - 20/10/2011	
Örnek Sayısı : 1		Örneğin getiriliş şekli : Kargo ile	
Kabul anındaki durumu: Naylon Torba			
Şahit numune bilgileri : () Müşteriye geri lade () Şahit numune mevcut (x) Şahit numune alınmamıştır			
Analiz	Sonuç	Limit	Yöntem
Gıda maddeleriyle temasta bulunan plastik madde ve Malzemelerin bileşenlerinin migrasyon testi (İzo-oktan)	8.5 mg/dm ²	10 mg/dm ²	TS EN 1188 1/15 Analiz Koşulu: İzo oktan-40°C,10 dakika
Ftalat Migrasyonu			(*)-(**)
Di-n-butyl phthalate (DBP):	<1 mg/kg		(*)-(**)
Ftalat Migrasyonu			(*)-(**)
Butyl benzyl phthalate (BBP):	<1mg/kg		(*)-(**)
Ftalat Migrasyonu			(*)-(**)
Di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP):	<0.3 mg/kg		(*)-(**)
Ftalat İçeriği			(*)-(**)
Di-n-butyl phthalate (DBP):	<1 mg/kg		(*)-(**)
Ftalat İçeriği			(*)-(**)
Butyl benzyl phthalate (BBP):	<1 mg/kg		(*)-(**)
Ftalat İçeriği			(*)-(**)
Di (2-ethylhexyl) phthalate (DEHP):	<0.3 mg/kg		(*)-(**)
Açıklamalar: (*)Spektik Migrasyon(EUR 24387 EN 2010;EN 13130-1,40°C-1 saat, Zeytinyağı, GC/MS) (**) Ftalat İçeriği GC/MS R.Bu raporun revize edildiğini ifade eder.Müşteri talebi ile 23/08/2011 tarih ve 4086-14766 sayılı ek raporda Edil alkol %50 ve Edil alkol %95 migrasyon analiz sonuçları çıkartılarak 21/11/2011 tarihinde revize edilmiştir.			
Sorumlu İmzalar:			
 Dr.C. DOĞAN UZM. ARAŞTIRMACI			
Bu rapor ve sonuçları talepte bulunan kuruluş ve müşterilerinin ticaret ve reklam amaçları ile kullanılamaz. Rapor tamamen veya kısmen çoğaltılamaz/yayınlanamaz. Raporlar (*) işaretli analizler akredite edilmiştir. İmzasız analiz raporları geçersizdir.			
Bu rapor 2 sayfa olup , 2 sayfa 1 sayfa müşteriye, 1 sayfa Enstitü arşivine) olarak hazırlanmıştır.			Sayfa 2 / 2

EK-6 (Devamı) PVC Bandı Migrasyon Analizi

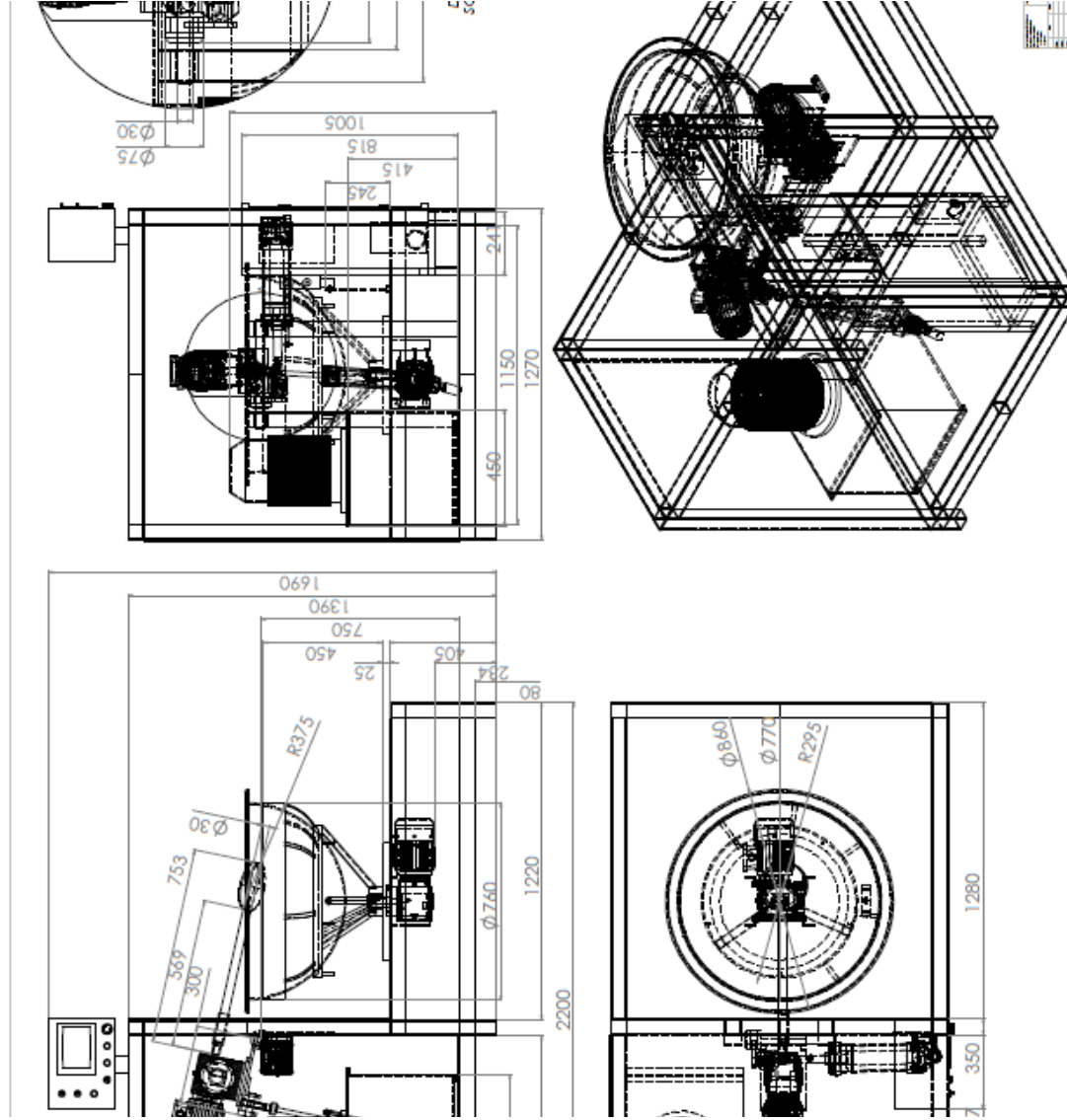


Rapor No : B.02.1.TBT.5.01.06.00-181.06.03-3205 / 11960			
Talep Eden : RULTRANS TRANSMİSYON SAN.TİC.AŞ.			
Adres : ANKARA ASFALTI 20.KM KEMALPAŞA YOL AYRIMI (35170) KEMALPAŞA İZMİR			
Örnek:PVC GIDA BANDI		Son kullanım Trh : Üretim Tarihi : Enstitü örnek kayıt no: 11-1631/001 Kabul tarihi ve saati : 23/06/2011 14:00:00 Analiz Tarihi : 28/08/2011 - 04/07/2011	
Örnek Sayısı : 2			
Örneğin getiriliş şekli : Elden			
Kabul anındaki durumu: -			
Şahit numune bilgileri : () Müşteriye geri lade () Şahit numune mevcut (x) Şahit numune alınmamıştır			
Analiz	Sonuç	Limit	Yöntem
Gıda maddeleri ile temas eden plastik madde ve malzemelerin bileşenlerinin migrasyon testi (asetik asit)	<1 mg/dm ²	10 mg/dm ²	TS EN 1186- 1/15 Analiz Koşulu:Asetik Asit(%3)- 70°C-30 Dakika
Gıda maddeleri ile temas eden plastik madde ve malzemelerin bileşenlerinin migrasyon testi (etil alkol)	1.4 mg/dm ²	10 mg/dm ²	TS EN 1186- 1/15 Analiz Koşulu:Etil Alkol(%10)- 70°C-30 Dakika
Açıklamalar:			
Sorumlu İmzalar:			
 Dr.C. DOĞAN UZM. ARAŞTIRMACI			
Bu rapor ve sonuçları talepte bulunan kuruluş ve müşterilerince ticaret ve reklam amaçları ile kullanılamaz. Rapor tamamen veya kısmen değiştirilmez/yayınlanmaz. Raporlar (*) işaretli analizler akredite edilmiştir. İmzasız analiz raporları geçersizdir.			
Bu rapor 2 sayfa olup, 2 sayfa 1 sayfa müşteriye, 1 sayfa Enstitü arşivine olarak hazırlanmıştır.			Sayfa 2 / 2

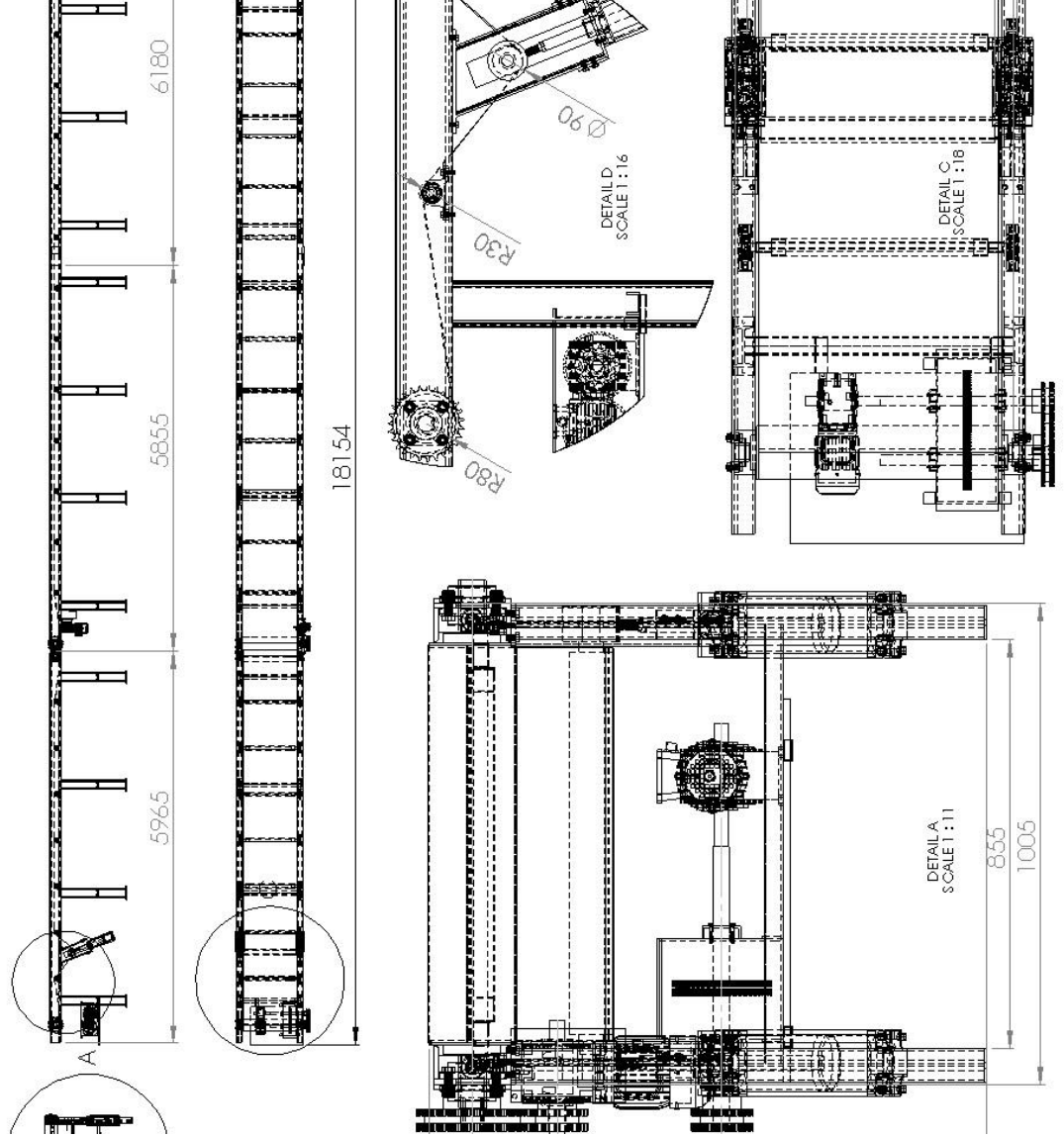
EK-7 Tahin helva metal analizi

	EGE ÜNİVERSİTESİ İLAÇ GELİŞTİRME VE FARMAKOKİNETİK ARAŞTIRMA & UYGULAMA MERKEZİ ÇEVRE & GIDA ANALİZLERİ LABORATUVARLARI ÇEVRE LABORATUVARI BORNOVA/İZMİR EGE UNIVERSITY CENTER FOR R & D AND PHARMACOKINETIC APPLICATIONS ENVIRONMENTAL & FOOD ANALYSIS LABORATORIES ENVIRONMENTAL CONTROL LABORATORY BORNOVA/İZMİR		
	Telefon / Phone : +90 232 339 21 60 Faks / Fax : +90 232 374 23 90 E-posta / E-mail : cevregida@mail.ege.edu.tr		
ÖZEL İSTEK MUAYENE & ANALİZ RAPORU Private Demand Inspection & Analysis Report			
Rapor No / Report Number : 12004857		Tarih / Date : 19.06.2012	
AĞIR METAL ANALİZİ / HEAVY METAL ANALYSIS *			
ANALİZ BİLGİLERİ / TEST INFORMATION/ REMARKS			
Analiz Başlangıç/Bitiş Tarihi / Date of Beginning/ End of Analysis		: 15.06.2012 - 19.06.2012	
Analiz Yöntemi / Analysis Method		: ARGEFAR/ L- ÇEG- AY- 24 (AOAC 985.15)	
Kullanılan Cihazlar / Instruments		: ICP-MS	
SONUÇLAR / RESULTS			
Yapılan Analiz / Analysis	Sonuç / Result	NTS** / LOQ	
Arsenik / Arsenic	0.084 ± 0.007 mg/kg	0.001 mg/kg	
Bakır / Copper	9.506 ± 2.377 mg/kg	0.012 mg/kg	
Demir / Iron	36.210 ± 8.473 mg/kg	0.049 mg/kg	
Kurşun / Lead	Tespit Edilemedi / Not Detected	0.004 mg/kg	
Kalay / Tin***	Tespit Edilemedi / Not Detected	0.001 mg/kg	
* Bu analiz akreditasyon kapsamındadır. / This analysis is in scope of accreditation. ** NTS / LOQ : Nicel Tayin Sınırı/ Limit of Quantitation *** Bu analiz akreditasyon kapsamı dışındadır. / This analyte is not in scope of accreditation			

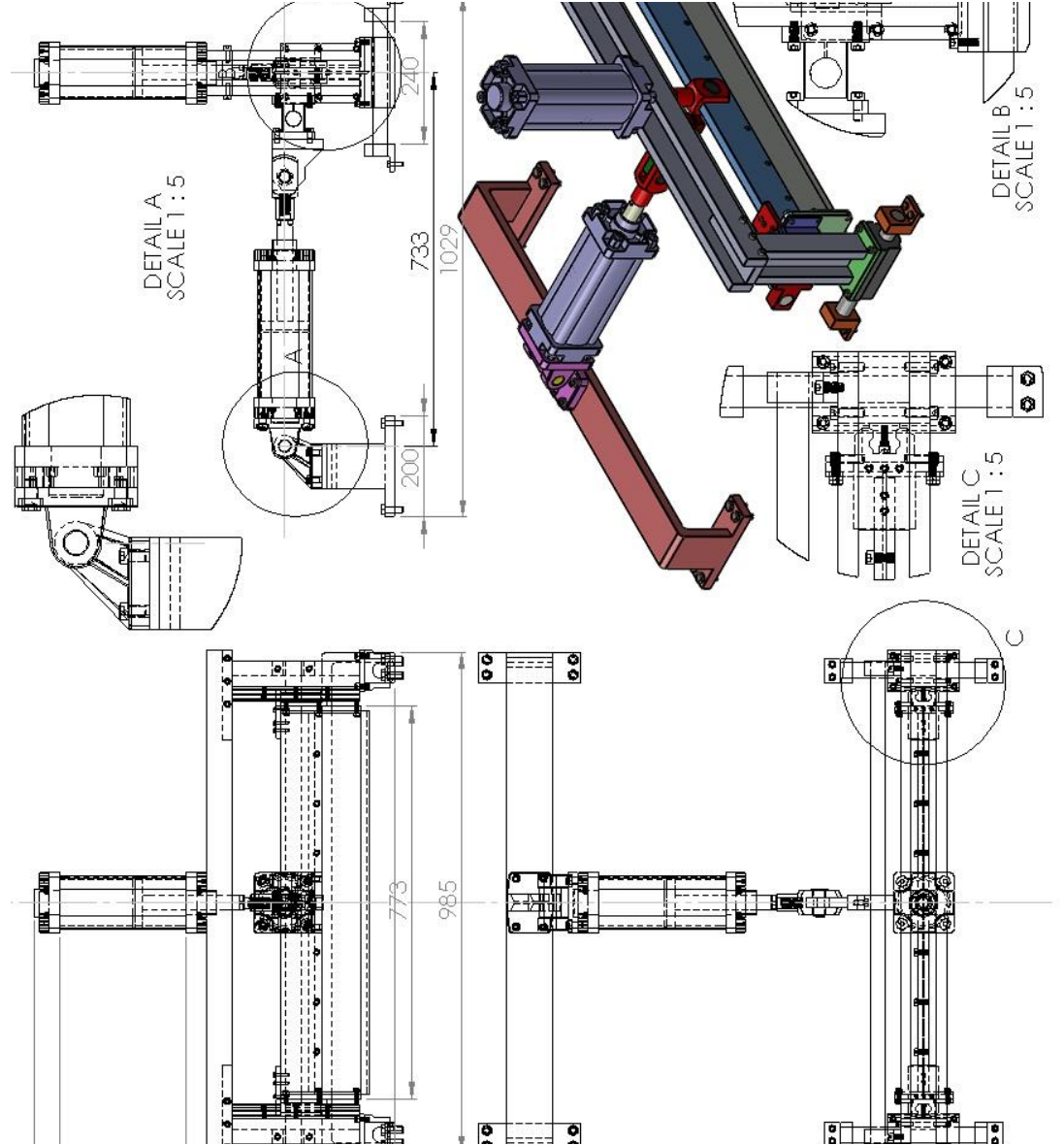
EK-8 Helva karıştırma yoğurma şekillendirme ve soğutma bandı teknik çizimler



EK-8 (Devamı) Helva karıştırma yoğurma şekillendirme ve soğutma bandı teknik çizimler



EK-8 (Devamı) Helva karıştırma yoğurma şekillendirme ve soğutma bandı teknik çizimler



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : HİZAROĞLU, Özkan
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 17.06.1981 Ankara
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (312) 343 13 97
 e-mail : ozkanhizaroglu@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /ESEF	2013
Lisans	Zonguldak Karaelmas/ Otomotiv Öğrt.	2005
Lise	Dikmen Endüstri Meslek Lisesi	2000
	(Türk Alman Mesleki Eğitim Merkezi)	

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2003-2006	Gazi Üniversitesi	Proje Görevlisi (Tez Öğr.)
2009-2010	Depota	Üretim Planlama
2007-2009	Teknik Metal Sist.	Proje Sorumlusu
2005-2006	Toyota Tayan	Teknik Danışman

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Hizaroğlu, Ö., Yavuzcan, G. H., Soyer, A., Akkurt, A., “Gıdası Soğutma Sürelerine ve Soğutucu Akışkan Hava Rejimlerine İlişkin Analizler ve Örnek Bir Gıda Soğutma Sistemi ”, 2013.