



**T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

PEYNİR KURUTMA MAKİNESİ TASARIMI VE İMALATI

Filiz HIRAALİ

BURDUR, 2022

**T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**PEYNİR KURUTMA MAKİNESİ TASARIMI VE
İMALATI**

Filiz HIRAALİ

Danışman: Doç. Dr. Gültekin BASMACI

BURDUR, 2022

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum **“Peynir Kurutma Makinesi Tasarımı ve İmalatı”** başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

Bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

21/12/2022

Filiz HIRAALİ

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Gültekin BASMACI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Deneyletirmiyi yapmam için laboratuvarlarını bana açan ve araştırmalarımda hiçbir yardımcı esirgemeyen değerli hocalarım Dr. Öğr. Üyesi İlhan GÜN ve Öğretim Görevlisi Aslı ALBAYRAK KARAOĞLU' na teşekkür ederim.

0778-YL-21 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Eğitim hayatımın her aşamasında beni her anlamda destekleyen aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Aralık, 2022

Filiz HIRAALİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİL DİZİNİ.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Gıdaların Kurutulması Tarihçe, Amaç, Teknoloji.....	3
2.2. Peynir Kurutma	4
2.3. Gıda Kurutma Teknolojileri	6
2.3.1. Güneşte (Açık Havada) ve Güneş Enerjisi ile Kapalı Alanda Kurutma.....	6
2.3.2. Kabin Tipi Tepsili Kurutma	7
2.3.3. Püskürtmeli (Spray) Kurutma.....	10
2.3.4. Dondurarak Kurutma (Liyofilizasyon).....	13
2.3.5. Akışkan Yataklı Kurutma.....	15
2.3.6. Mikrodalga Kurutma	17
2.3.7. Radyo Frekans Kurutma.....	20
2.3.8. Kızılötesi Kurutma	23
2.3.9. Vakum Kurutma	25
2.3.10. Ozmotik Kurutma.....	28
2.3.11. Pnömatik Hızlı Kurutma.....	29
2.3.12. Döner Tamburlu Kurutma	32
2.3.13. Tünel Kurutma.....	34
2.3.14. Bantlı Konveyör Kurutucu	36
2.3.15. Püskürtmeli Yataklı Kurutucu	38
2.4. PLC Kontrol ve Otomasyon	40
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	48
3.1. MAKÜ Çiftliği (Burdur) Akçakatık Peyniri	48
3.2. Peynir Kurutma Makinesi Tasarımı.....	55
3.3. Peynir Kurutma Makinesi İmalatı.....	66
3.4. Peynir Kurutma Makinesi Otomasyonu	67
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	71
4.1. MAKÜ Çiftliği Peyniri Kurutma Deneyi.....	71
4.2. MAKÜ Çiftliği Peyniri Kurutma Deneyi Sonuçları	72
5. SONUÇ.....	78
KAYNAKLAR.....	81
EKLER.....	94

ŞEKİL DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Moğol Aaruul veya Gurt güneşte kurutma peynir	5
Şekil 2.2. Üç farklı solar kurutucu	7
Şekil 2.3. Kabin tipi tepsili kurutucu.....	8
Şekil 2.4. Püskürtmeli Kurutma Prosesi.....	11
Şekil 2.5. Tipik bir dondurarak kurutma süreci.....	13
Şekil 2.6. Akışkan yataklı kurutma süreci	16
Şekil 2.7. Mikrodalga-vakum kurutma süreci	18
Şekil 2.8. Radyo frekans kurutma süreci	21
Şekil 2.9. İnfrared kurutma süreci	24
Şekil 2.10. Vakum kurutma süreci	26
Şekil 2.11. Ozmotik dehidrasyon süreci	28
Şekil 2.12. Pnömatik hızlı kurutma süreci.....	30
Şekil 2.13. Döner Tamburlu Kurutma süreci	32
Şekil 2.14. Tünel Kurutma süreci.....	35
Şekil 2.15. Bantlı Konveyör Kurutma süreci	37
Şekil 2.16. Püskürtmeli Yataklı Kurutma Prosesi.....	39
Şekil 2.17. PLC Uygulama Data Planı	47
Şekil 3.1. Peynir teknesi ile altta cendere bezi üstte tek kullanımlık branda	50
Şekil 3.2. CIP (clean in place) tankları.....	51
Şekil 3.3. Süt dolum ve tartım teknesi.....	51
Şekil 3.4. Süt pastörize pişirme ünitesi ve borulu pastörizatör	52
Şekil 3.5. Homojenizatör ve separatör	52
Şekil 3.6. Sütün peynir teknesine gelişi, peynir enzimi ve kalsiyum ilavesi ile dalgalandırılması.....	53
Şekil 3.7. Peynir kırımı ve kesimi	53
Şekil 3.8. Peynir mayası	54
Şekil 3.9. Peynir salamura tuzu ve parti ve seri numarası basılan soğuk hava deposunda bekleyen peynirler.....	55
Şekil 3.10. Kabin tipi tepsili peynir kurutma makinesi serpantinli rezistansı.....	64

Şekil 3.11. Kabin tipi tepsili kurutma makinesi taze hava fanı (kabin üst fanı) ve nem atma fanı (kabin alt fanı)	65
Şekil 3.12. Kabin tipi tepsili kurutma makinesi tasarımının montajlı hali.....	66
Şekil 3.13. CNC Plazma sac kesim makinesi.....	66
Şekil 3.14. Abkant sac pres makinesi.....	67
Şekil 3.15. Peynir kurutma makinesi PLC kontrol cihazı klemens dizaynı	68
Şekil 3.16. Peynir kurutma makinesi PLC kontrol paneli	69
Şekil 3.17. Peynir kurutma makinesi kabin içi sıcaklık ve nem sensörü	70
Şekil 4.1. Akçakatık Peynirinin Titrasyon Asitliği Değerleri	74
Şekil 4.2. Akçakatık Peynirinin Kurumadde Değerleri.....	75
Şekil 4.3. Akçakatık Peynirinin Yağ ve Kurumadde de % Yağ Değerleri	76
Şekil 4.4. Akçakatık Peynirinin Tuz ve Kurumaddede %Tuz Değerleri	77
EK 1 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi arka iç sac teknik resmi	94
EK 2 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi arka sac teknik resmi	95
EK 3 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi raf bağlantı sacı teknik resmi	96
EK 4 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi aynalama dolap dış sağ sac teknik resmi.....	97
EK 5 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi aynalama dolap iç sağ sac teknik resmi	98
EK 6 - Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi dolap dış sağ sac teknik resmi	99
EK 7 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi dolap iç sağ sac teknik resmi.....	100
EK 8 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi kabin arka sac teknik resmi	101
EK 9 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi kapak burç teknik resmi	102
EK 10 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi kapı destek sacı teknik resmi	103
EK 11 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi kapı destek sacı teknik resmi	104
EK 12 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi kapı iç sacı teknik resmi.....	105
EK 13 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi kapı kulpu teknik resmi.....	106
EK 14 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi kapı aly menteşe teknik resmi	107
EK 15 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi kapı ara menteşe teknik resmi	108
EK 16 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi kapı üst sacı teknik resmi	109
EK 17 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi motor bölümü taban sacı teknik resmi	110
EK 18 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi ön kapak sacı teknik resmi	111
EK 19 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi PLC ekran teknik resmi.....	112
EK 20 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi taban iç üst sacı teknik resmi	113
EK 21 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi taban iç sacı teknik resmi	114
EK 22 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi taban sacı teknik resmi	115

EK 23 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi taban kenar flanşı teknik resmi	116
EK 24 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi dolap tava rafı teknik resmi.....	117
EK 25 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi arka iç sac teknik resmi	118



ÇİZELGE DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Peynir kurutma makinesi gövde elemanları	56
Tablo 3.2. Peynir kurutma makinesi ısıtıcı ve PLC ekipmanları.....	62
Tablo 3.3. Süt ürünleri için ortalama özgül ısı kapasiteleri.....	63
Tablo 3.4. BVN Marka BDRAS Model fan teknik özellikleri	65
Tablo 4.1. Akçakatık Peynirinde kuruma esnasında meydana gelen değişim.....	73



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CIP	: Sistemlerin yerinde temizlenmesi (Clean in Place)
Cp	: Isıtılacak veya kurutulacak materyalin özgül ısısı (BTU/lb°F)
dB (A)	: Ses seviyesi
h	: Isıtma veya kurutma zamanı (saat)
Hz	: Frekans
Ins.cl.	: Yalıtım sınıfı
IR	: Kızıl ötesi (Infrared)
IP	: Koruma sınıfı
kW	: Kilowatt
MD	: Mikro dalga
PLC	: Programlanabilir mantıksal denetleyici (Programmable Logic Control)
Ø	: Debi (m ³ /h)
RF	: Radyo frekans
RPM	: Devir
V	: Voltaj
W	: Watt
WT	: Isıtılacak veya kurutulacak materyalin ağırlığı (kg)
ΔT	: Sıcaklık artışı (°K)
3412	: Dönüşüm faktörü (BTU/kWh)
μf	: Mikrofarad (kondansatör)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Peynir Kurutma Makinesi Tasarımı ve İmalatı

Filiz HIRAALİ

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Gültekin BASMACI

Aralık, 2022

Bu tez çalışmasında, tasarımı ve imalatı yeni yapılan peynir kurutma makinesinde, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi (MAKÜ) Çiftliği Akçakatık peynirine, kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. MAKÜ Süt Ürünleri ve Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde bulunan süt tesisinde kırsal kalkınmayı desteklemek, geleneksel ürünlerin endüstriyel ürün haline dönüşmesini sağlamak amacıyla yürütülen projeler arasında Akçakatık ve Keş peynirleri yer almakta ancak bu ürünlerde, kurutma işlemleri endüstriyel boyutta gerçekleştirilememektedir. Bu peynir grubu üretimden sonra serin bir yerde en az 3 ay kurutularak elde edilmektedir. Bu peynirler gibi diğer kurutulacak gıdalar için, sıcaklık, nem, süre ve hava hızı gibi çeşitli parametrelerin optimize edildiği kurutma sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Makü Çiftliği Akçakatık peyniri, tasarlanan peynir kurutma makinesinde 3 gün süreyle her gün 3 saat 25°C'de 1,5 m/s hava hızında ve nem oranı %20 seviyesine ulaşılacak şekilde kurutma deneyi yapılmıştır.

Kurutma işlemi sırasında, örneklerin titrasyon asitliğine bakıldığında, ürünün oda sıcaklığına yakın bir değerde kurutulması ile asitlik gelişiminin devam ettiği görülmüştür. Uygulanan işlem aşamalarında peynirin, bünyesinden hızlı bir şekilde suyunu kaybettiği ve kuru madde oranının %34,44'den %62,55 ulaştığı gözlenmiştir. Deneme örneklerinin yağ oranı %18 ile %19,5 arasında değişim göstermiştir. Bu değişimin en önemli nedeni peynirin buharlaşma nedeniyle nemini kaybetmesi ve bileşen oranlarının nem kaybına bağlı olarak değişim göstermesidir. Kuru madde üzerinden hesaplanan yağ içeriğine göre örneklerin kuru maddedeki yağ oranlarının, %52,26'dan %31,17'ye düştüğü görülmüştür. Literatür bilgilerinden de anlaşılabileceği üzere, çalışmada elde edilen örneklerin kuru madde değerleri en az 2-3 ay olgunlaşma geçiren peynirlerinkine oldukça yakın bir düzeydedir. Bu nedenle üründen hızlı nem kaybının olduğu ve kuru madde değerlerinin arzu edilen düzeye kısa sürede ulaştığı söylenebilir. Peynir kurutma makinesi tasarımında yapılacak değişikliklerle, enerji verimliliğine katkı sağlanabileceği gibi, farklı ölçüm parametreleri ile ürün kalitesi iyileştirmelerinin de geliştirilebileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Akçakatık peyniri, peynir kurutma, tasarım, imalat, optimizasyon

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tezi Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 0778-YL-21 proje numarası ile desteklenmiştir.

SUMMARY

M. Sc. Thesis

Design and Manufacturing of Cheese Drying Machine

Filiz HIRAALİ

**Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Gültekin BASMACI

December, 2022

In this thesis, drying process was carried out for Burdur Mehmet Akif Ersoy University (MAKÜ) Farm Akçakatik cheese in a newly designed and manufactured cheese dryer. Akçakatik and Keş cheeses are among the projects carried out to support rural development and transform traditional products into industrial products at the dairy facility located at the MAKÜ Dairy Products and Technologies Application and Research Center, but drying processes cannot be carried out in these products on an industrial scale. This cheese group is obtained by drying in a cool place for at least 3 months after production. For other foods to be dried, such as these cheeses, drying systems are needed in which various parameters such as temperature, humidity, time and air velocity are optimized.

The drying test of Maku Farm Akçakatik cheese was carried out in the designed cheese drying machine for 3 days, 3 hours a day at 25°C, 1,5 m/s air speed and the humidity level was 20%.

When the titration acidity of the samples was examined during the drying process, it was observed that the acidity development continued with the drying of the product at a value close to room temperature. It was observed that the cheese lost its water rapidly during the applied process stages and the dry matter ratio reached 62.55% from 34.44%. The oil rate of the trial samples varied between 18-19.5%. The most important reason for this change is that the cheese loses its moisture due to evaporation and the component ratios change depending on the moisture loss. According to the oil content calculated on the dry matter, the oil content of the samples in the dry matter decreased from 52.26% to 31.17%. As can be understood from the literature, the dry matter values of the samples obtained in the study are quite close to those of cheeses that have matured for at least 2-3 months. For this reason, it can be said that there is rapid moisture loss from the product and the dry matter values reach the desired level in a short time. It is thought that with the changes to be made in the cheese drying machine design, energy efficiency can be contributed, as well as product quality improvements with different measurement parameters.

Keywords: Akçakatik cheese, cheese drying, design, manufacturing, optimization

The present M.Sc. Thesis was supported by Mehmet Akif Ersoy University Scientific Research Projects Coordinatorship Under the Project number of 0778-YL-21.

1. GİRİŞ

Burdur ili, ekonomisinin %40'ı gibi büyük bir bölümünü süt ve süt ürünlerine dayalı hayvancılık ve hayvancılık için gereken yem ve benzeri tarımsal ürünlerin üretiminden sağlayan ülkemizin belli başlı tarım ve hayvancılık şehirlerinden birisidir.

Hayvancılık, çiğ süt üretimi ve hayvancılığa katkı sağlayan tarımsal ürünlerin üretildiği bir il olan Burdur'un bu yüksek avantajı düşünüldüğünde, peynir üretiminde de söz sahibi olması ve geleneksel yöntemlerle evlerde ve küçük sanayi işletmelerinde üretilen peynirlerin daha endüstriyel boyutlarda üretilmesi, markalaşması ve pazarda yerini alması gerekir ve kaçınılmaz bir hale gelmiştir.

Dünya'da peynir türlerinin en çok olduğu ülkeler arasında Türkiye'de vardır. Akdeniz Bölgesi'nde ve özellikle Burdur'da üretilen yöresel peynirlerin başında Keş ve Akçakatık peyniri gelmektedir.

Keş peyniri, çökelek benzeri ama çökelekten farklı olarak içerisine aromatik katkıların eklendiği, yoğurularak güneşte kurutulan, sıra dışı bir aromaya sahip olan yarı sert bir peynir türüdür. Ekşimsi bir tatta ve ağızda buruk diye tabir edilen bir hissiyat bırakır. Yöresel olarak üretilen yufka ekmeği arasına sarılarak tüketilir. Güneşte kurutulması sebebiyle üretimi yaz aylarında yapılır ve kışın tüketilir (Kırdar, 2004).

Burdur'un bazı köylerinde, yoğurttan yapılan keş peyniri, bez torbalara konur ve asılarak süzülür, suyu süzülen peynire salamura tuzu katılır, şekil verilir ve yine bezlere sarılarak güneşte kurutulur (Kırdar, 2004).

Akçakatık peyniri ise, yine Burdur'un yöresel peynirlerinden biridir. Tulum peynirine benzetilmektedir. Yoğurttan yapılır ve içerisine farklı baharatlar katılarak peynire hoş ve sıra dışı bir aroma kazandırılır. Keçi veya inekten sağılan çiğ süt, pastörizasyon işleminden geçirildikten sonra yoğurt yapılır ve yoğurt önce bez torbalarda süzülür. Süzme işlemi tamamlanan peynirde salamura tuzlama yapılır. Daha sonra karanfil ve çörek otu katılan peynir, hijyen koşulları altında iyice temizlenen ve kurutulan karın içerisine basılır. Akçakatık peyniri kuzu karnı içerisinde, açık havada ve gölgede 3-4 ay olgunlaştırılır (Kırdar, 2004).

Peynirin geleneksel yöntemlerle karın içinde kurutulmasının veya güneşte kurutulmasının bazı dezavantajları vardır bunlar; uzun zaman gerektirmesi, hijyen koşullarının tam anlamıyla sağlanamaması, mevsimsel değişimlerin kurutma işlemini

aksatması ya da zorlaştırması, büyük alan ve iş gücü gereksinimi ile sürekli kontrol için fazladan kişi çalıştırılması gibidir. Bu sebeple kapalı alanda, daha kısa zamanda, hijyen koşulları sağlanarak, büyük ölçeklerde üretim için ve eğitilmiş iş gücü ile daha kontrollü kurutma işlemleri için endüstriyel kurutma makinelerine geçiş yapılmalıdır.

Bu tez çalışmasında, peynire uygulanan güneşte ve/veya karın içerisinde yapılan kurutma işlemi, tasarımını ve imalatını yapmış olduğumuz, sıcaklık, nem, hava hızı ve zaman kontrolü de yapılabilen peynir kurutma makinesinde gerçekleştirilmiştir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Gıdaların Kurutulması Tarihçe, Amaç, Teknoloji

Tarihte gıda kurutma ilk olarak, sebze kurutma ile 18. yüzyılda uygulanmıştır (Van Arsdel ve Copley, 1963). Daha sonrasında gıda kurutma endüstrisindeki gelişmeler dünya çapında yaşanan savaşlarla bağlantılı olarak hızla ilerledi. Kırım savaşı sırasında İngilizler, Boer savaşı sırasında Kanadalılar, 1. Dünya savaşı sırasında ise Amerikalılar 4.500 ton kuru gıdayı, ülkelerinden gemilerle savaş meydanlarına taşıdılar. 1919 yılından itibaren, Amerika Birleşik Devletleri'nde üretilen ürünler arasında taze fasulye, kabak, havuç, kereviz, patates, ıspanak, mısır, turp ve çorba karışımları ilk olarak kurutma işlemi uygulanan sebzelerdi. 1800'lü yılların bitişi ve 1900'lü yılların başında ise yine Amerika meyve kurutmada keskin bir dönüş yaptı. Güneşte kurutmanın yerini, yapay kurutucular almaya başladı. 2. Dünya savaşıdan önce tambur kurutma ve sprey kurutma araştırma ve geliştirmeleri başladı. Bu ilk iki kurutma yöntemi ve makineleri süt ve yumurta ürünlerini kurutmada kullanıldı. Amerika Gıda Endüstrisi'ne göre kurutulmuş gıda ve sudan (nemden) uzaklaştırılmış gıda farklı anlamlara gelmektedir. Nemi alınmış gıdada su miktarı kuru bazda %2,5'dan az olamaz. Kurutulmuş gıdada ise su miktarı kuru bazda %2,5'dan fazla olamaz (Mercado vd., 2001).

Günümüz çalışma hayatı yoğunluğu içerisinde zamandan kazanım sağlamak, üründe erken hasat yapabilme imkanı (Zielinska vd., 2013; Sun vd., 2019), kurutma işlemi sonucu elde edilen üründe kullanım kolaylığı sağlamak, üründe raf ömrünü uzatmak (Parikh, 2015), gıdada öğütülme kolaylığı sağlamak (Özdemir vd., 2021), ürünün transfer aşamasında ağırlığını azaltmak, soğuk bölmelerde veya dondurucuda saklanması gereken gıdaların, sıcaklığın sorun olduğu tropikal iklimlerde soğuk depolama gereğini ortadan kaldırmak, gıda bünyesinde bulunan su ve oksijen varlığı nedeniyle bekleme esnasında üründe meydana gelen biyokimyasal bozulmaları minimize etmek (İlter vd., 2018), ısı ve kütle transferi ortamını gerçekleştirmek suretiyle nemi uzaklaştırmak gibi kazanımlar için kurutma yapılır (Hashim vd., 2014).

Gıdalar, kurutma işlemine ihtiyaç duyulması bakımından ikiye ayrılır. Çabuk bozulmaya yatkın gıdalar ve bozulmaya karşı dayanıklı olanlar (İçier vd., 2013). Kurutma işlemi besinleri bu anlamda koruma ve tüketime uzun süreli olarak geri kazandırma işlemidir. Kurutma işleminin yapılmasının temel amacı, gıdaların tüketim süresini uzatmak, rafta beklediği süreyi uzatmak, ambalajlama ve sevkiyat süresinde bozulmasını önlemek, bu süreler içerisinde besin değerlerini (katma değerlerini) korumak ve tüm bunlarla birlikte

hijyeni sağlamaktır. Burada hijyenden kasıt, gıdaların mikrobiyal, kimyasal ve biyokimyasal olarak bozulmalarına engel olmaktır (Rahman, 1999). Gıda kurutma işlemi, temelde gıda içeriğinde dehidrasyon işlemi gerçekleştirmektir. Yani kurutma bir nem alma işlemidir. Önemli olan burada dehidrasyon yöntemine de bağlı olarak gıda besin değerlerini mümkün olan en üst düzeyde tutmak, görüntü kalitesini sağlamak ve gıdanın kurutma işlemi sonunda tüketilebilecek seviyede hijyen değerlerini sağlamaktır. Kurutma işleminde besin değerleri, tüketilebilirlik ve sürdürülebilirlik göz önüne alındığında kurutma süresini kısaltmaktan daha önemli bir olgu ortaya çıkmıştır, daha hızlı değil daha kaliteli ürün eldesi için kurutmak (Esper ve Mühlbauer, 1998).

Gıda kurutma işlemine teknolojik açıdan bakıldığında, hangi kurutma yönteminin seçileceği ilk olarak gıdanın üretim prosesine bağlıdır. Hammadde, ara ürün ve son ürün karakteristikleri ve özellikleri titizlikle değerlendirilmelidir. Son üründe nem içeriğinin ne olması gerektiği çok önemlidir. Kurutma yöntemi ve kurutucu seçiminde; üretim kapasitesi, ürünün başlangıçtaki nem oranı, ürünün parçacık boyutu dağılımı, ürünün kuruma karakteristiği, izin verilebilen en yüksek kurutma sıcaklığı, ürünün nem izotermisi ve ürünün fiziksel datası kritik önem kazanmaktadır (Barbosa-Cánovas ve Vega-Mercado, 1996).

Son yıllarda endüstrinin tüm sektörlerinde olduğu gibi gıda kurutma sektöründe de entelektüel akıllı teknoloji yaklaşımı hakimdir. Günümüzde yapay zekâ ile donatılmış farklı kurutma teknolojilerinde lineer olmayan fonksiyonlara yaklaşım, örüntü tanıma, optimizasyon, simülasyon, teşhis, kontrol, veri sıralama, veri gruplama, ses seviyesi düşürme gibi tüm fonksiyonlar kendi kendine öğrenme, uyum yeteneği, yüksek hata toleransı, güvenilir kaynak avantajlarını kullanarak uygulanmaya çalışılmaktadır (Sun vd., 2019).

2.2. Peynir Kurutma

Peynir, büyüme ve gelişmeyi destekleyen, yoğun kalsiyum ve protein içeriğine sahip, kemikler ile diş minesini koruması sebebiyle beslenmede çok önemli bir yere sahiptir. Peynir, kurutma ve saklama yöntemiyle oluşturulan süt ve süt ürünleri arasında ilk sıralarda gelir (Yıldırım ve Özyetgin, 2019). Türkler dünyanın en zengin mutfaklarından olma özelliklerini, esasında çok geniş coğrafi alanda var olmalarına borçludurlar. Bozkıra yayılmaları nedeniyle Orta-Asya Türklerinde en önemli değere sahip et ve süt ürünleri en başta gelir ve temel beslenme ve geçim kaynağıdır. Peynir (pıslak) aslında kurutulmuş yoğurt demektir. Kurutulmuş yoğurt için kısaca kurut denilmektedir (Hayashi, 1989). Peynir kelimesi daha sonraları Türkçe'ye Farsça'dan geçmiştir. Tarihte savaşa katılan askerler

yanlarında erzak olarak bir çeşit kurutulmuş peynir taşırıları (Özyetgin, 2004). Bu besin uzun süre saklanabildiği ve bozulmadığı için vergiye de tabi tutulmuştur. Tarihte Türkler birçok besine uzun süre muhafaza edilebilecekleri ve mevsim şartlarına göre depolama yapabilecekleri şekilde işlemler uygulamışlardır. Besinleri güneşte, ateşte veya dumanda kurutma işlemleri uygulayarak ömürlerini uzatma ve bu sayede bozulmadan tüketme işini başarıyla gerçekleştirmişlerdir. Teknolojik ürünlerin olmadığı bu dönemde, güneş ve rüzgârı kullanarak temel besin maddelerini kurutarak saklamayı çok başarılı bir şekilde uygulamışlardır (Yıldırım ve Özyetgin, 2019).

Peynir kurutma ilk olarak antikçağda görülmüştür. En çok güneş ve rüzgâr kullanılmış ateşin bulunmasıyla ateş de kurutma işleminde etkili olmuştur, fakat ateşin en çok da tütüleme işi için kullanıldığı anlaşılmaktadır. Antikçağdan itibaren çok çeşitli besin maddelerinin güneşte kurutulduğuna dair tarihi bulgular yapılan arkeolojik kazılarda gün ışığına çıkarılmıştır. Yine bu kazılarda insanların yaşadıkları tecrübelerden kaynaklı olarak kurutma işlemini sürekli olarak geliştirdikleri ve mevsimsel olumsuzluklara karşı da önlemler aldıkları ortaya çıkmıştır. Güneşte kuruttukları ürünleri yağmurdan, rüzgârdan vb. nasıl koruduklarını anlatan birçok duvar resmi ortaya çıkarılmıştır (Seyirci ve Çağ, 2018). Şekil 2.1’de Moğolların güneşte kuruttukları peynirler görülmektedir.



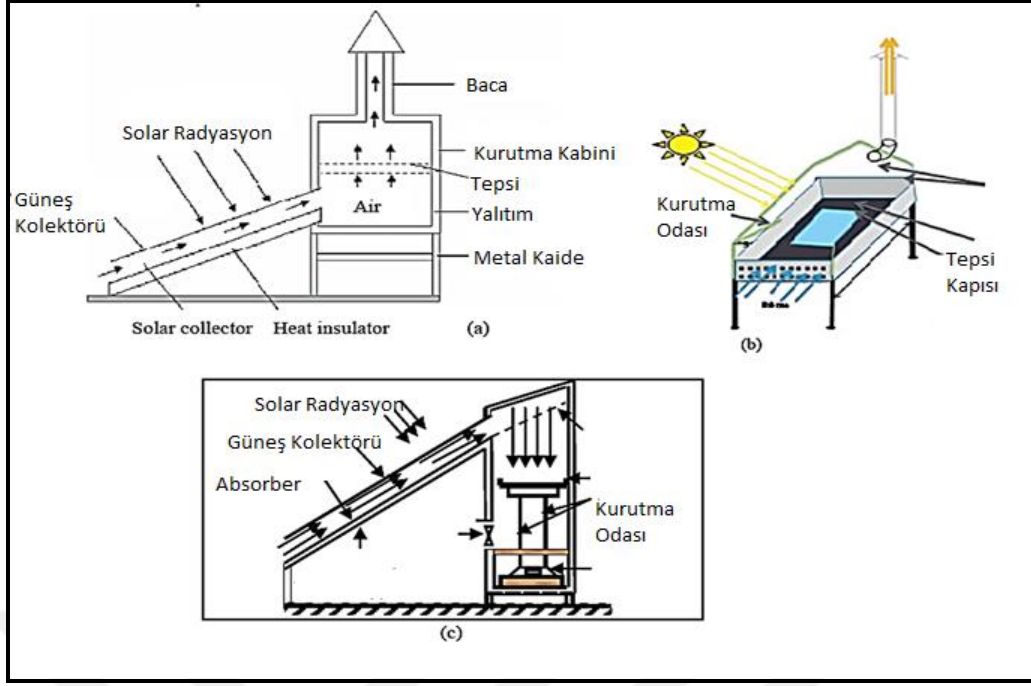
Şekil 2.1. Moğol Aaruul veya Gurt güneşte kurutma peynir (URL-1)

2.3. Gıda Kurutma Teknolojileri

2.3.1. Güneşte (Açık Havada) ve Güneş Enerjisi ile Kapalı Alanda Kurutma

Dünya nüfusu 2022 yılı itibariyle yaklaşık 8 milyar iken bu rakamın 2050 yılında 9,7 milyara ulaşması beklenmektedir. 2100 yılı için ise bu sayının 11 milyar olacağı düşünülmektedir. Nüfusun artması ile birlikte gıda üretimi ihtiyacı artmakta, artan nüfusla birlikte azalan tarım alanları ve israf edilen ürün miktarı da birlikte düşünüldüğünde, gıda üretiminde, gıdanın raf ömrünün uzatılması ve üretim sürdürülebilirliğinin oluşturulması büyük önem taşımaktadır (Jamroen vd., 2021). Gıdayı uzun süre muhafaza edebilecek sistemler ve teknolojiler araştırılmaya ve geliştirilmeye devam edilmektedir. Şüphesiz ilk olarak kullanılan, sürdürülebilir ve yenilenebilir kaynak güneştir.

Gıda ürünlerini güneşte kurutma bilinen en eski ve en ucuz yöntemdir. Birçok avantajının olmasının yanında birçok dezavantajı da vardır. Teknolojinin olmadığı kırsal alanlarda büyük çaplı kurutma uygulaması ve şehirde evlerde ise hane halkının ihtiyacını karşılamak üzere küçük çaplı güneşte kurutma uygulamaları günümüzde dahi görülmektedir. Fakat insan popülasyonunun artması kırsal alandan şehirlere gerçekleşen insan göçü nedeniyle güneşte doğal kurutma yerini teknoloji içeren kurutma yöntemlerine hızla terk etme süreci göstermiştir. Açık havada güneşte kurutma işlemi çok büyük alanlar gerektirmesi, kurutma işleminde limit değerler uygulanamaması (kurutma süresi ve sıcaklığını ayarlayamama), kurutma işleminde optimizasyon yapılamaması, işçilikte yüksek maliyet, belirsiz meteorolojik durumların varlığı, dışarıdan her türlü etkiye açık ve kontrolsüz olması (her türlü böcek saldırısı, toz, hava kirliliği, mikroorganizmaların çoğalmasına uygun ortam sağlaması vb. dezavantajlara sebep olmaktadır (Szulmayer, 1971).



Şekil 2.2. Üç farklı solar kurutucu (Chouicha vd., 2014)

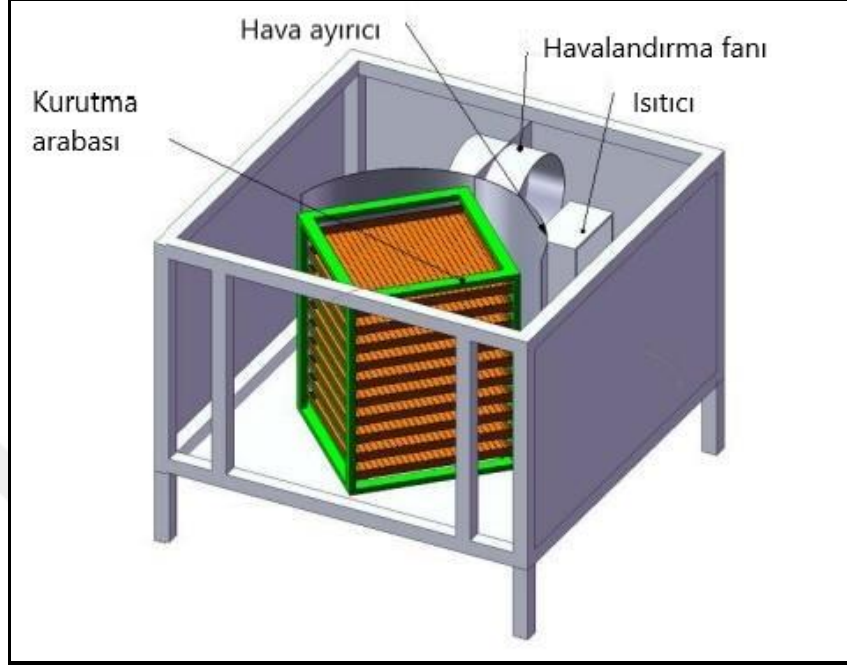
Bu sebeple, Şekil 2.2’de görüldüğü gibi, açık alanda güneşle kurutmada, çevreden kaynaklanan olumsuz etkiler nedeniyle güneş enerjisinden faydalanan kapalı alan uygulamaları başlamıştır. Bunun için solar çadır, sera kurutma uygulaması denenmiş ve kapalı ortamın açık havaya göre daha hijyenik olması nedeniyle kurutulan balığın görüntü kalitesinin daha yüksek olduğu ve yeterli düzeyde protein değerinin korunduğu tespit edilmiştir (Ojutiku vd., 2009). Fotovoltaik ve termal sera kurutucularda kurutulan gıdaların, açık havada direk güneş ışığıyla kurutulan gıdalara göre 2-5 kat daha verimli olduğu gözlemlenmiştir.

Çift eksenli güneş enerjili sistemler üzerine yapılan çalışmalarda güneş ışığını toplayan güneş kolektörleri çift eksenel açıyla çalıştırılmıştır. Sistem güneşi iki açıdan otomatik olarak takip etmektedir. Sistem basit bir ışığa bağlı direnç yönelimi kullanır. Birincil eksen doğudan batıya değişen saatlik değişimleri, ikincil eksen ise mevsimsel değişiklik için kuzeyden güneye doğru olan değişimleri takip etmektedir (Jamroen vd., 2021).

2.3.2. Kabin Tipi Tepsili Kurutma

Açıklama: Gıda kurutma, gıda pişirmeden çok farklı bir işlemdir. Kabin tipi kurutucu da denilen bu tip cihazlarda, her gıda türüne göre değişen kurutma parametreleri ile çalışmak mümkündür. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda her gıdanın kendine özgü bir kurutma

karakteristiği olduğu görülmüştür. Gıda kurutma cihazı tasarlamak ve parametre aralıklarını belirleyerek ileri optimizasyon için ilk baŗta literatürde  alıŗılan farklı gıda karakteristiklerine de h kim olmak gerekir (Mujumdar, 2014).



ŗekil 2.3. Kabin tipi tepsili kurutucu

Tasarım: Şekil 2.3'te görüldüğü gibi, cihaz ana gövdesi, içerisinde raf sistemi bulunan ve tepsilerin yerleŗtirildiđi kabin k sımından oluŗmaktadır. Kabin içi raf sistemi sabit veya döner tabla olarak dizayn edilebilir. Kabin içinde hava sirkülasyonunu homojen bir biçimde ger ekleŗtirebilmek önemlidir. Bu sebeple hava sirkülasyon fanı kullanılır ve döner tabla ile hava akıŗı homojen dolaŗtırılabilir. Kabin içine taze hava basacak bir santrifüj pompa ile kabin içerisinden nemli havayı uzaklaŗtıracak bir tahliye pompası sisteme dahil edilmiŗtir. Burada kritik nokta, kabin içerisine dıŗarıdan verilecek taze havanın sürekli ısıtılması ihtiya ı nedeniyle artacak elektrik tüketimidir. Ayrıca elektrik enerjisi harcanarak ısıtılmıŗ taze havanın kabin dıŗına tahliye edilmesinin de önemli bir kayıp olduğu aŗıkardır. Kabin tipi tepsili kurutma makinelerinde ısıtıcı görevini elektrikli ısıtıcı yapar. Tüm bu ekipmanların, taze hava pompası, tahliye pompası, hava sirkülasyon fanı ve ısıtıcı seçimi kabin tipi konvektif fırın kurutucunun boyutlarına ve kurutulacak gıda miktarına göre belirlenir (Heldman, 1975).

Kabin tipi tepsili kurutucularda, PLC (programlanabilir mantıksal denetleyici) sağlamak adına belirli parametreler üzerinde çalışılır. Bunlar, sıcaklık, hava hızı, nem, ağırlık ölçümü, kuruma zamanı vb. parametrelerdir (Osuekea vd, 2015).

Çalışma prensibi: Yüksek sıcaklıkta ve istenilen hava hızlarında kurutma gerçekleştirilir. Ortamdan taze hava fanı yardımıyla çekilen hava ısıtıcı elemana yönlendirilir ve istenilen sıcaklığa getirilir. Isınan hava kabin içerisine yerleştirilmiş tepsiler üzerindeki kurutulacak materyaller üzerinde dolaştırılır ve ürünlerin kuruması sağlanır. Egzoz havası dışarı atılır veya burada ısı geri kazanım ünitesi kullanılabilir. Isı geri kazanım ünitesi sayesinde atık gazdaki enerji geri kazanılabilir. Dışarıdan alınan taze havanın 25°C olduğu ve bu sıcaklığın ısıtıcı eleman yardımıyla 60°C'ye çıkarıldığı ve kuruma sonrasında 40°C'ye düştüğü düşünülürse egzoz hava sıcaklığının giriş taze hava sıcaklığından yüksek olması nedeniyle ısı geri kazanım yapılması önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlayacaktır (Issac vd., 2017).

Avantajları:

- Kabin tipi tepsili kurutucuların en büyük avantajı hemen hemen her türlü gıda maddesinin kurutulmasında kullanılabilmesidir.
- Farklı kurutma teknolojilerine kolay adapte olabilmesi, optimize edilebilmesidir.
- Dünyada en yaygın kullanılan kurutma teknolojilerinden biridir.
- Laboratuvar tipi araştırmalarda en çok kullanılan kurutma sistemidir (Sokhansanj ve Jayas, 2014).

Dezavantajları:

- Uzun kurutma süreleri, yüksek hava debilerinde çalışma gereksinimi ve yüksek sıcaklık uygulamalarıdır (Figiel, 2010).
- Kabin içinde bazı kısımlarda homojen kuruma sağlanamayabilir. Bu sebeple kabin içi tepsi standı dönecek şekilde tasarlanabilir (Murathathunyaluk vd., 2015).

Hangi materyaller kurutulur: Kabin tipi tepsili kurutma yöntemi birçok gıdanın kurutulmasında dünyada en yaygın kullanılan ve ihtiyaca en çok cevap veren, en çok kabul gören kurutma yöntemidir. Literatürde domates (Özen ve Kar, 2018), elma (Özgen, 2014), sert buğdaydan yapılmış bulgur (Kamışlı, 2003), kavun (Akbulut vd., 2019), kivi (Kaya vd., 2008), portakal (Garau vd., 2006), mantar (Das ve Arora, 2018), havuç (Kaya vd., 2009), camu camu meyvesi (Da silva vd., 2005), yeşil fasulye (Doymaz, 2005), hurma (Falade ve Abbo, 2007), şeftali (Kingsly vd., 2007), muz (Kara ve Demir, 2012), balkabağı (İzli vd., 2022), fındık (Özdemir ve Devres, 1999), patlıcan (Ertekin ve Yaldız, 2001), tatlı kiraz

(Doymaz ve İsmail, 2011), Hindistan CTC çayı (Shinde vd., 2013), sarımsak (Madamba vd., 1996), pirinç (Verma vd., 1985), altın çilek (Vega-Gálvez, 2014), soğan (Arslan ve Özcan, 2010), biber (Darvishi vd., 2014), kekik ve nane (El-Sebaii ve Shalaby, 2013), trabzon hurması (Doymaz, 2012), vişne (Aghbashlo vd., 2010), az yağlı beyaz peynir (Köprüalan vd., 2020), patates küpleri (Yaghoubi vd., 2013), balık yağı emülsiyonu (Aghbashlo vd., 2012), kabin tipi tepsili kurutucularda kurutularak analizleri yapılmıştır.

Literatürde peynir kurutma işlemi, kabin tipi tepsili kurutma fırınında yapılmıştır. Peynir, rendeleme işlemi ile ve yağlı kâğıt üzerine serilerek 50-60°C’de kurutulmuştur (Singh ve Tewari, 1987). Uygulanan işlem sonucu peynirden uzaklaştırılan nem ile birlikte yağın da azaldığı ve bunun bir dezavantaj olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple rendelenmiş peynir, öncelikle oda sıcaklığında 22-23°C’de kurutulmuş ve üzerinin kabuklaşması sağlanmıştır. Üzeri kabuklaşan peynirde yağ kaybının azaldığı görülmüştür. Başka bir çalışmada, kurutulmuş peynirdeki yağ kaybını önlemek için peynir kurutulmadan önce peynire yağsız süt tozu ve yayık altı eklenmiştir (Bullock vd., 1963).

Hangi kurutma teknolojileri ile birlikte kullanılabilir:

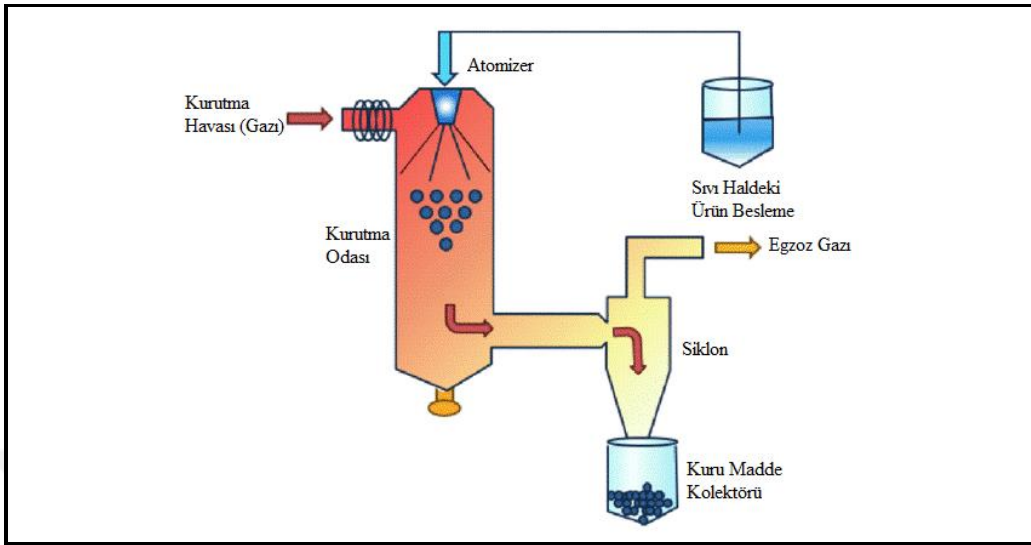
- Vakumlu tepsili kurutma (Bezyna ve Kutovoy, 2005).
- Güneş enerjili tepsili kurutma (Suherman vd., 2018).
- Isı pompalı tepsili kurutma (Liu vd., 2018).
- Isı geri kazanımlı tepsili kurutma (Ononogbo vd., 2021).

2.3.3. Püskürtmeli (Sprey) Kurutma

Açıklama: Püskürtmeli kurutma, kabin tipi tepsili kurutma yöntemi kadar yaygın kullanılan popüler bir kurutma yöntemidir. 1782 yılından itibaren uygulanmaktadır. İkinci dünya savaşı sırasında çok çeşitli sektörlerde üretilen ürünlerin taşınmasını kolaylaştırmak ve bozulmalarını önlemek için kullanılmıştır. Sürekli olarak atomize edilebilen sıvı ürün ve sıcak hava beslemesinin yapıldığı ve kurutma odasında kurumanın gerçekleştirildiği bir teknolojidir (Yetişen vd., 2021).

Tasarım: Püskürtmeli kurutma teknolojisi, gıdayı pişirmeden, kalitesini ve besleyici değerlerini kaybettirmeden hızlı kurutma prensibine dayanır. Teknoloji olarak tüm sıvı karışımli maddeleri kuru toz hale hızlı bir şekilde getirecek şekilde tasarlanmıştır. Son ürün besleyici, hijyenik, korozyona sebep olmayacak şekilde ve düşük maliyetlidir (Kara, 2017). Konsantre sıvı, atomizasyon, damlacık ve sıcak hava teması, damlacığın kuruma odasında kuruması ve ayrıştırma olarak tasarlanmıştır. Sıvı besleme pompası, atomizer, ısıtıcı

eleman, taze hava fanı (blower), kurutma odası, kuru ürün hunisi ve haznesi, siklon ve filtrelerden oluşur (Santos vd., 2018).



Şekil 2.4. Püskürtmeli Kurutma Prosesi (Sosnik ve Seremeta, 2015)

Çalışma prensibi: Kurutma teknolojisi çalışma prensibi, Şekil 2.4'te görüldüğü gibi, temelinde her kurutma teknolojisinde olduğu gibi ısı ve kütle transferi gerçekleştirmektir. Kurutucuya sıvı halde giren madde yüksek basınç altında püskürtülerek yüksek sıcak hava ile karşılaşmakta ve madde içinde su hızlı bir şekilde gaz fazına geçirilerek buharlaşması sağlanmakta ve geriye toz halde katı madde kalmaktadır (Phisut, 2012). Burada gerçekleşen işlemde 4 ana basamak temel prensiptir. Yüksek basınçta püskürtme, püskürtülen maddenin sıcak hava ile çarpışması, maddenin içindeki suyun buharlaşması ve kurutucu cidarlarına yapışması ve toz hale gelen katı parçacıkların taşınıp uygun hijyenik bir kaptan toplanmasıdır (Dinçel, 2015). Burada kritik nokta atomizördür. Kurutulmuş ürünün kalitesi, kurutmanın sistematiği ve direkt olarak enerji tüketen kısmı olduğu için sistemin odak noktasıdır (Atuonwu ve Stapley, 2017). Atomizör sıvı maddeyi pulvarize eden kısımdır (Dinçel, 2015). En yaygın kullanılan atomizör tipi döner atomizördür (Ayar, 2015). Değişik kurutma sektörlerinde kullanılan farklı atomizörler mevcuttur. Yüksek basınçlı tek akışkan nozullu atomizörler ve santrifüjlü atomizörler büyük ölçekli üretimlerde, ultrasonik atomizörler, pnömatik çift akışkan atomizörler ve elektrostatik püskürtücüler ise küçük ölçekli üretimlerde kullanılırlar (Wisniewski, 2015).

Püskürtülen sıvı maddenin sıcak hava ile karşılaşacağı yer bu sistemde bir diğer önemli noktadır. Bu sebeple farklı tasarımlar gerçekleştirilmiştir. Nihai ürün olan toz kalitesi bu tasarımlarla geliştirilmiş ve istenilen sonuç elde edilmeye çalışılmıştır. Aynı yönlü, ters

yönlü ve karışık yönlü püskürtmeli kurutucular çalışılmıştır (Wong ve John, 2016). Burada başrol oynayan etkenler hava ve püskürtülen maddedir. Hava ve püskürtülen madde sisteme eş yönlü akımla verilebilir. Özellikle fazla sıcak havadan olumsuz etkilenen süt ürünleri için bu yöntem kullanılır. Hava ve püskürtülen madde sisteme ters yönlerden verilebilir (zıt yönlü akım). Deterjan ve sabun üretimi gibi üretimlerde sıklıkla kullanılır. Aynı anda eş ve zıt yönlü akımın birleştirildiği sistem ise karışık yönlü akımdır. Isıya duyarlı ürünlerde en çok eş yönlü akım kullanılmakta olup zıt yönlü ve karışık akım yöntemleri uygun olmamaktadır (Dinçel, 2015).

Enkapsülasyon teknolojisinin popülerliği düşünüldüğünde bu kurutma yöntemi çok fazla önem kazanmaktadır. Enkapsülasyon teknolojisi, ilaç endüstrisinde, yağ endüstrisinde, aroma maddeleri endüstrisinde oldukça etkin ve geçerliliği kanıtlanmış bir teknolojidir. Kurutularak toz haline getirilen ilaçların, balık yağı, Hindistan cevizi yağı gibi besleyici ve aromatik yağların kapsül içinde saklanması ve sevkiyatı gibi tüm uygulamalarda kolaylık ve uzun ömür avantajı sağlamaktadır (Madene vd., 2006). Günümüzde belirli bir yaştan sonra insanlarda kolajen üretimi durmakta ve kolajenin kemik suyu tüketilerek karşılanması gerekmektedir. Fakat kemik suyunun kaynatılarak kemik suyu olarak tüketilmesi birçok insan için koku ve tat yoğunluğundan dolayı tercih edilmemektedir. Bu sebeple kemik suyu püskürtmeli kurutma yöntemi ile kurutularak (taşıyıcı maddeler ile birlikte) toz hale getirilerek tüketilmeye başlanmış ve büyük bir pazar haline gelmiştir. İlikli kemik, su ile birlikte kaynatılarak kemik suyu haline getirilmiş ve peynir altı suyu, maltodekstrin ile enkapsüle edilerek sprey kurutucuda kurutulmuştur (Kara, 2017).

Avantajları:

- Küçük damlacıklar hızlı ve verimli kurutma için birçok avantaj sağlar.
- Isıya duyarlı ve oksitlenebilir materyallerin kurutulmasına uygundur.
- Steril koşullar altında kurutma için tasarlanabilir.
- Kurumuş nihai ürün aynı boyut ve kalitededir.
- İyi akış özellikleri, atomizer ayarları tasarlanabilir.
- Katıların ve sıvıların enkapsülasyonu ve kaplaması için uygundur.
- İş gücü maliyeti düşüktür, kurutma tek operasyonla yapılabilir (McAdams vd., 2012).

Dezavantajları:

- Katı maddeler kurutulamaz.
- İlk yatırım maliyeti pahalı ve büyük hacimli üretimler için yüksektir.
- Temizliği için harcanan süre uzundur.

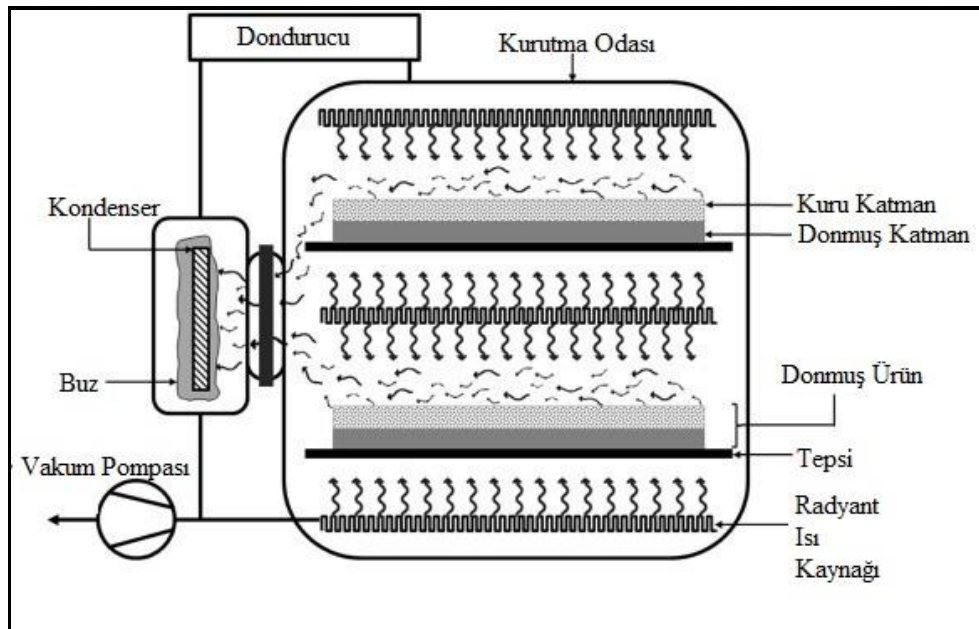
- Çok fazla ısı kaybı vardır (McAdams vd., 2012).

Hangi materyaller kurutulur: İlk kullanımı süt tozu ve deterjan üretiminde başlamış, peynir altı suyu, yoğurt, bebek maması, meyve suları, kemik suyu tozu, yumurta, kahve çay, enzimler, kimyasal ürünler, ilaçlar takip etmiştir (Santos vd., 2018).

2.3.4. Dondurarak Kurutma (Liyofilizasyon)

Açıklama: Dondurarak kurutma metodu ilk olarak batı Avrupa ülkelerinde kullanılmaya başlanan daha sonra Amerika, İngiltere, Japonya ve Fransa'ya kadar yayılan en efektif kurutma metotlarından biridir. 21. yy. da hızlı bir şekilde gelişme gösteren ve gıda endüstrisinde çok yoğun bir şekilde kullanılan bir tekniktir (Adams vd., 2015). Bu yöntemde, gıda içindeki su düşük sıcaklıklarda dondurulur ve vakum altında katıdan gaz faza süblimleştirilir (Hua vd., 2010).

Tasarım: Şekil 2.5'teki gibi, çok iyi izole edilmiş içine tepsiler yerleştirilmiş kurutma odası, raflar, ısı eşanjörü, soğutma sistemi, kompresör, kondanser, vakum pompası gibi ekipmanlardan oluşur. Dondurularak kurutulacak ürüne yapılacak işlemler sırasıyla, ön işlem, donma durumu, birinci kuruma evresi, ikinci kuruma evresi ve paketlemedir (Liapis ve Bruttini, 2014).



Şekil 2.5. Tipik bir dondurarak kurutma prosesi (Garcia-Amezquita vd., 2016)

Çalışma prensibi: Gıda kurutma işleminin temelinde, gıdanın içerdiği su içinde mikroorganizmaların çoğalarak ve gelişerek gıdanın bozulmasına neden olduğu

düşünüldüğünde, dondurarak kurutma yönteminde; suyun uzaklaştırılması işlemi birkaç farklı aşamada gerçekleştirilir. Birinci aşama, dondurma aşaması, gıda, madde, solüsyon, ilaç çözeltisi vs. hangi madde dondurulacaksa, kendisi ve içindeki tüm bileşenlerle birlikte donma derecesine kadar soğutulur. İkinci aşama, birinci kurutma döngüsü olarak adlandırılır. Bu aşamada donmuş haldeki çözücüye süblimasyon uygulanır ve çözücü gaz faza geçirilir. Burada kritik nokta çözücünün buhar basıncının, donan maddenin buhar basıncından daha düşük olması veya yakın olmasıdır. Üçüncü aşama, ikinci kurutma döngüsüdür. Burada kritik nokta için donmuş madde içinde donmamış suyu uzaklaştırmaktır (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003).

Avantajları:

- Bütün haldeki, sıvı, parça halinde ve toz halindeki tüm ürünlere uygulanabilir.
- Gıdanın görüntü kalitesinin değişmemesi.
- Besin içeriğinin azalmaması.
- Aroma ve renk korunumu.
- Rehidrasyon hızlıdır.
- Vakum pompası kullanılması sebebiyle oksijen oranı çok düşüktür.
- Üründe kurutma aşamasında tutulan uçucu miktarı çok yüksektir.
- Çok düşük sıcaklıklarda kurutma yapıldığı için, özellikle ısıya duyarlı gıdalarda tercih edilebilmesidir (Berk, 2018).

Dezavantajları:

- Donma sıcaklıklarının çok düşük olması sebebiyle ve özellikle iklimin sıcak olduğu ülkelerde enerji maliyetlerinin yüksek olması.
- Nakliye sırasında nemsiz ve oksijensiz, inert gaz ile doldurulmuş depoları olan taşıma araçlarına ihtiyaç duyulması.
- Depolama alanlarının çok yer işgal etmesi ve mühendislik bakımından kütle ve ısı transfer özelliklerinin çok komplike olmasıdır (Hua vd., 2010).
- İşletme maliyetleri ve ekipman maliyetleri çok yüksektir.
- Kurutma süreleri çok uzun olduğundan işletme maliyetleri ve enerji tüketimi artmaktadır (Nail vd., 2002)

Hangi materyaller kurutulur: Dondurarak kurutmanın günümüzde en çok kullanıldığı alanlar; ilaç çözeltileri, kan plazması, serum, hormon çözeltileri, sevk edilebilen organlar, seramikler, tarihsel bulgular (cansız maddeler), bakteri, virüs gibi yaşatılması gereken canlı hücreler vb.dir (Millman vd., 1985).

Bu yöntem, yüksek piyasa değeri ve potansiyeline sahip spesifik nitelikteki maddelerin kurutulması için kullanılır. Özellikle tıp alanında yoğun olarak ihtiyaç duyulan ve gereksinimi karşılayan bir kurutma yöntemidir (Nail vd., 2002)

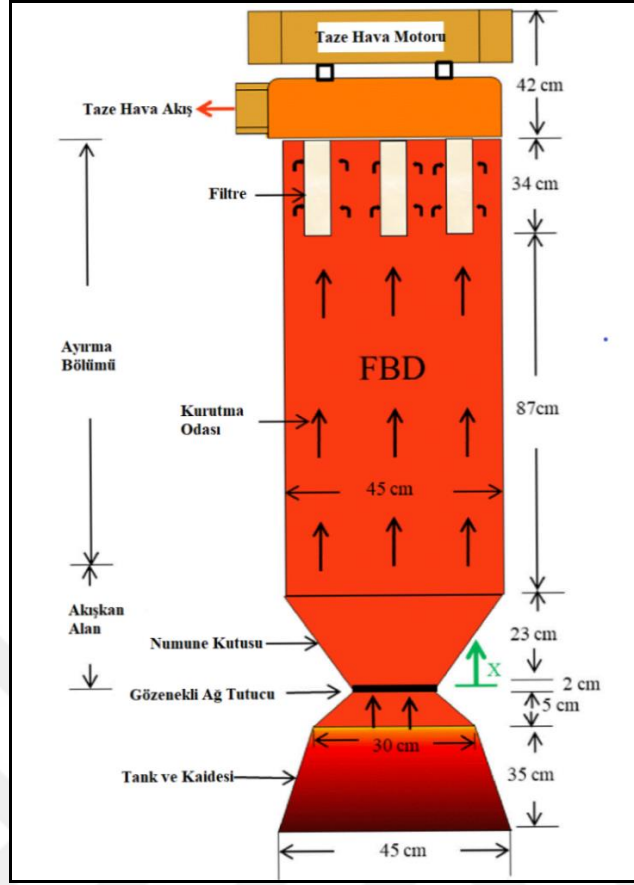
Dondurarak kurutma yöntemi en çok uzay, navigasyon, askeriye, dağcılık ve keşif alanlarında kullanılır (Liu vd., 2022).

2.3.5. Akışkan Yataklı Kurutma

Açıklama: Akışkan yataklı kurutma metodu farklı kurutma teknolojileri içerisinde etkinliğini ve verimliliğini kanıtlamış ve en çok tercih edilen metotlardan biri olmuştur. Ülkemizin dünya tahıl üretiminde baş sıralarda olması ve bu kurutma yönteminin en çok da tahıl türü ürünlerin kurutulmasında kullanılması ülkemizde yaygınlığını arttırmasına sebep olmuştur.

Tasarım: Şekil 2.6’da görüldüğü gibi, bu sistemde temel organlar, fan, ısıtıcı, akışkan yatak (silindirik veya dikdörtgen kesitli çelik bir kabin), kabin altında yer alan ayrılabilir, delikli kurutulmuş ürün toplama haznesi, nem alma ve siklondur (küçük parçacıkları tutar). Kabin tip kurutuculardan farklı olan kısmı akışkan yatak ve siklon filtredir (Gürel vd., 2017).

Çalışma prensibi: Akışkan yataklı kurutma teknolojisi kabin tip konvektif kurutucu teknolojisine çok benzeyen bir yapıya sahiptir. Hava sıcaklığı, hava hızı ve nem alma başlıca işlem parametreleridir. Akışkan yataklı kurutucularda hava hızları kabin tip kurutucuya göre yüksektir ve gıdayla teması sırasında yüksek hava hızı ve basınç düşümü nedeniyle kurutulan maddeye akışkan özelliği kazandırılır (Çınar, 2014). Akışkan özelliği kazanmış madde, dağıtıcıda kuvvetli bir şekilde karıştırılır ve geniş yüzey alanı sayesinde ısı ve kütle transferi başarılı bir şekilde gerçekleştirilir. Gaz akışkan yatağı, akışkan yatak ve ısıtma ve soğutma yüzeyleri arasında iyi ısı transferi özellikleri ile karakterize edilir. Akışkanlaştırılmış tabakanın kalınlığı, kurutulmuş maddenin üzerinde serbestçe hareket ettiği bir savak yardımıyla kontrol edilir. Kurutma havası ısıtılır ve akışkan yatağa gönderilir. Akışkan yatak içerisine yerleştirilmiş hava dağıtıcısı sayesinde kurutma havası homojen bir şekilde dağıtılır. Burada kuvvetli bir çalkalama işlemi yapılır ve bu sırada sisteme sürekli olarak kurutulacak madde yüklemesi yapılabilir (Aghbashlo vd., 2014). Akışkan yataklı kurutucular sürekli tip yüklemeli olabildiği gibi toplu yüklemeli şeklinde de olabilir (Zahed vd., 1995).



Şekil 2.6. Akışkan yataklı kurutma prosesi (Chan ve Kuo, 2018)

Sürekli akışkan yataklı kurutucularda geliştirme ve simülasyon için, çalışılan kurutma işlemiyle ilgili parametrelerin okunması, takip edilmesi ve yorumlanması ile daha efektif hale gelmiştir. Yüzeysel gaz hızı, kurutucu gazın kurutucuya giriş sıcaklığı, katı maddelerin kurutucuda ortalama kalma zamanı ve kurutucu duvar sıcaklığı parametreleri ölçülmüş ve simüle edilmiştir (Lai vd., 1986).

Avantajları:

- Daha az zaman alan kurutma süresi sağlar.
- 5 kg-200 kg/h aralığında değişen ve farklı boyutlardaki ürünlerin kurutulması sağlanır.
- Bakım maliyetleri düşüktür.
- Kurutma işlemi tutarlıdır.
- Kurutma kapasiteleri oldukça yüksektir.
- Katılar ve gazlar arasındaki büyük temas alanı, katıların yüksek termal ataleti, iyi derecede katı karıştırma, katılar ve gazlar arasındaki hızlı ısı ve nem transferi sayesinde sıcaklığa duyarlı gıdaların kurutulmasında avantaj sağlar (Di Renzo vd., 2021).

- Akışkan özelliği kazandırılmış maddelerin kurutucu içerisine kolayca taşınması ve kurutucudan kolayca uzaklaştırılması sağlanır. İlave teçhizata gerek kalmadan pnömatik yolla taşıma gerçekleştirilir (Daud, 2008).

Dezavantajları:

- Ölçeklendirme, akışkanlaştırmada zayıflık ve ürün kalitesinde yakalanamayan tek tip kaliteli ürün eldesidir. Ölçeklendirme ana problemdir ve hala pahalı laboratuvar denemeleri için yeterli sayıda teorik model geliştirilememiştir. Bunun ana nedeni farklı ölçeklendirilmiş cihazlarda rejimlerin farklılık göstermesi ve kurutulacak maddenin farklı akışkan özellikleri kazanmasındandır (Di Renzo vd., 2021).
- Laboratuvar denemelerinde akışkan yatak içinde kurutulan maddelerde meydana gelen ısı ve kütle transferi bilinmeyen için elde edilen datalar hala yetersizdir (Daud, 2008).
- Bazı organik tozlar kuruma sırasında farklı elektrostatik yükler oluştururlar bu sebeple kurutucunun topraklamasının yapılması bu etkiyi ortadan kaldırmak için önem kazanır (Taghavivand vd., 2017).

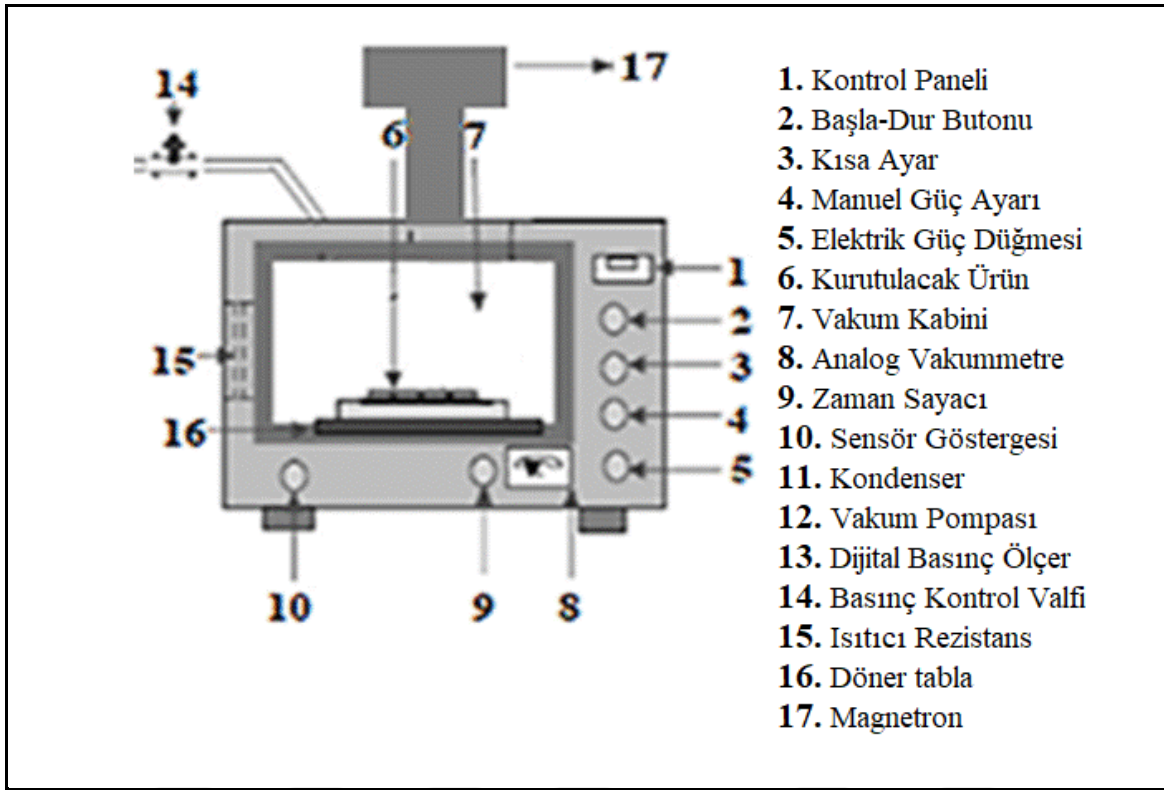
Hangi materyaller kurutulur: Özellikle tanecikli, nemli katı gıda maddelerinin kurutulmasında tercih edilir. Bunlar, mısır, buğday, çeltik, bakliyat, yağlı tohumlar, peynir, bisküvi tozu, kahve, tütün, tuz, siyah çay, hindistan cevizi vb.dir. Ayrıca madenler özellikle kömür, seramik, boyalar, pigmentler, betonit tuğla, ağartıcı ürünler (sodyum perborat vb.) biyosentez ürünler, naylon kurutulmasında kullanılır.

2.3.6. Mikrodalga Kurutma

Açıklama: Mikrodalgalar, frekans aralığı (dalga boyları), 300 GHz (0,1 cm) ve 300 MHz (100 cm) arasında değişen elektromanyetik radyasyonlardır (elektromanyetik spektrumlardır). Mikrodalga ile ısıtmada genellikle 915, 2,450 ve 5,800 MHz bantları kullanılır, 2,450 MHz bandı gıda ısıtma ve kurutmada en yaygın kullanılan ev tipi mikrodalga fırın dalga boyudur. Gıda endüstrisi uygulamalarında, en yaygın olarak kullanılan mikrodalga kaynağı magnetronlardır. Mikrodalga enerjisi, yüksek iletken metallerden olan bakır ve alüminyum tabakalardan üretilen dalga kılavuzları kaynağı üzerinden, aplikatöre iletilir. İki tip mikrodalga üretici vardır. Tekil mod aplikatör ve multi mod aplikatör. En yaygın kullanılan tip ise multi mod aplikatördür. Multi mod aplikatör bildiğimiz ev tipi mikrodalga fırındır (Wang vd., 2011).

Tasarım: Farklı yapıda mikrodalga kurutma teknolojileri dizayn edilmektedir. Tünel mikrodalga kurutma bunlar sürekli kurutma yapabilen, yüksek kapasiteye uygun tasarımlardır. Büyük mikrodalga fırınları, toplu yüklemeli tiplerdir. Şekil 2.7’de görüldüğü

gibi, vakum mikrodalga kurutma, bunlar en yaygın kullanılan tasarımlardır. Vakum ortamında düşük sıcaklıklarda kurutma yapılır, liyofilizasyon kurutmaya çok benzerler.



Şekil 2.7. Mikrodalga-vakum kurutma prosesi (Muştı ve Eren, 2019)

Çalışma prensibi: Mikrodalga ile kurutma diğer geleneksel kurutma yöntemleri olan konveksiyonal kurutma, iletimsel kurutma ve ışınsal kurutmadan farklıdır. Mikrodalga kurutmada hedef materyal merkezden yüzeye ısınır. Buna volümetrik (hacimsel) ısınma denir. Materyalin dış yüzey sıcaklığı merkez sıcaklığına göre daha düşüktür. Materyal içindeki su merkezden itibaren buharlaşmaya başlar (Wray ve Ramaswamy, 2015). Bu teknolojiye, yüksek frekanslı dalga boyları, kurutulan gıdaya hızla nüfuz etmekte, absorplanarak ısı enerjisine dönüşmekte ve gıda içindeki su buharlaşma eğilimi göstermeye hızlı bir şekilde başlamaktadır (Karabacak vd., 2015). Gıdaların bu yöntemle kurutulmasında, frekans, cihaz gücü, sıcaklık, gıdanın ağırlığı, yoğunluğu, termal ve dielektrik özelliği, gıdanın nem oranı, gıdanın geometrik şekli gibi parametreler çok önemlidir (Konak vd., 2009).

Mikrodalga kurutma teknolojisinin de diğer teknolojiler gibi avantajları olduğu kadar dezavantajları da vardır. Mikrodalga kurutma teknolojisinin yaygınlaştırılması ve

dezavantajlarının ortadan kaldırılması veya mümkün olan en düşük seviyeye getirilmesi için çalışmalar hala yoğun bir şekilde devam etmektedir.

Avantajları:

- Düşük kuruma süresi (bazı uygulamalarda tepsili kurutmaya göre %60 avantaj) (Ramesh vd., 2002).
- Kısmen homojen ısı dağılımı (Feng vd., 2012).
- Verimin yüksek olması (Feng vd., 2012).
- Ev tipi kullanımda maliyetinin düşük olması.
- Bazı kurutma teknolojileriyle kombin edilerek adaptasyon sağlamasındaki uyum (Karaaslan, 2012).
- Mikrodalga kurutmada ısıtma materyal odaklıdır, materyalin bulunduğu çevrenin ısınmaması önemli bir enerji tasarrufu sağlar. İşe dönüşmüş enerji (ekserji) çok yüksektir (Changrue vd., 2006)
- Mikrodalga aynı zamanda paketli gıdaların kurutulmasına da imkân sağlamaktadır.

Dezavantajları:

- Mikrodalga kurutmada materyalin bünyesindeki suyun merkezden yüzeye doğru ısınarak buharlaşması bazı materyallerin bu teknolojiyle kurutulmasına imkân vermemektedir. Bu tür materyaller özellikle bünyesinde çok fazla su bulunduran meyve ve sebzelerdir (Elma, portakal, limon, kivi, domates gibi) (Karaaslan ve Tuncer, 2008).
- Meyve ve sebzelerin şekil düzensizliği ve dilimlenmiş sebze ve meyvelerde merkez ile kenar ve köşeler arasındaki ısı dağılımı eşitsizliği önemli dezavantajlar oluşturmaktadır.
- Bazı ürünlerde aromada olumsuz değişiklikler ve olumsuz fiziksel değişikliklere sebep olabilmektedir.
- Yüksek iş güvenliği önlemleri gerektirmektedir.
- Kurutulan ortamda düzenli mikrodalga dağılımı sağlanamamaktadır (Soysal vd., 2009).
- Ev tipi kullanımda düşük maliyetli olan bu sistem endüstriyel uygulamalarda çok yüksek maliyetlere ulaşmaktadır.
- İlk yatırım maliyetleri yüksektir. Diğer bazı teknolojilerle kombine edilmeleri halinde katma değerleri yükselmektedir.
- Her materyal için uygun bir kurutma teknolojisi değildir.

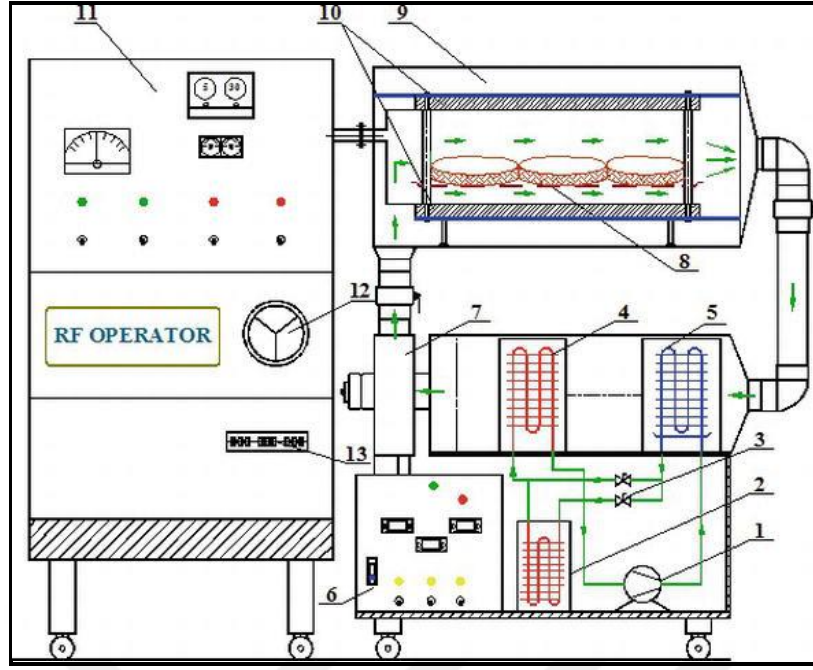
- Verimli sonuç alabilmek bazı kriterlere bağlıdır. Bunlar, materyalin dielektrik yapısı, fiziksel ve termal özellikleri, kullanılan magnetron gücü ve frekansı gibi özelliklerdir (Gölcü ve Şen, 2014).
- Mikrodalga ile kurutmanın tek başına çok da olumlu sonuçlar verdiği söylenemez. Bu sebeple mikrodalga ile birleştirilmiş teknolojiler kullanılarak meyve ve sebze kurutma üzerine birçok deneme yapılmıştır. En çok kullanılan teknolojiler, mikrodalga-sıcak havalı kurutma ve mikrodalga-vakum kurutmadır (Durance ve Wang, 2002). Kombine teknolojilerle elde edilen kurutulmuş nihai ürünün ticari değerinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Changrue vd., 2006).

Hangi materyaller kurutulur: Bu çalışmalara örnek verilecek olunursa, elma (Ahrné vd., 2003), patates (Bouraoui vd., 1994; Khraisheh vd., 1997; Ahrné vd., 2003), kivi (Maskan, 2001). Sıcak hava ve mikrodalga uygulamasıyla kayısı ve kiraz kurutulmuş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Ürünlerde tat, koku, renk kayıpları olmamıştır (Alibaş ve Işık, 2001).

2.3.7. Radyo Frekans Kurutma

Açıklama: Radyo frekans (RF) ve mikrodalga (MD) elektromanyetik dalgalardır ve salınım halindeki elektrik ve manyetik alandan oluşmaktadırlar. RF frekans aralığı 10-300 MHz iken, MD aralığı 300-30000 MHz'dir. Elektromanyetizma, aktarılan enerji mekanizmasına bağlı olarak radyasyon adını alır (Uslu ve Certel, 2006). Elektromanyetizma aralığı çok geniştir. Radyasyon, iyonize olan ve iyonize olmayan radyasyon olarak ikiye ayrılır. İyonize radyasyon kanserojendir, iyonize olmayan radyasyon ise bazı atomları iyonize edecek yeterli enerjiye sahip olmadığı için geniş uygulama alanlarında kullanılmaktadır. MD ve RF bu aralıkta değerlendirilmektedir (Yazar ve İçier, 2013). Herhangi bir madde RF ve MD'ye maruz bırakıldığında maddede meydana gelen en temel değişim madde içinde ısınmadır (Piyasena vd., 2003). Dielektrik ısınma tam da budur.

Tasarım: Şekil 2.8'de görüldüğü gibi, kurutulacak materyal elektrotlar arasına yerleştirilir ve radyo frekans voltajı elektrotlar arasına uygulanır. Elektrik alan polar molekülleri yani suyu harekete geçirir ve moleküller elektrik alan karşısında yeniden düzenlenir. Bu hareketlenme yüksek frekans nedeniyle çok hızlı bir şekilde gerçekleşir. Kullanılan ekipmanlar RF jeneratörü ve aplikatörlerdir. RF jeneratörleri, RF dalgalarını üretirler. Aplikatörler de elektrotlardan oluşurlar. Elektrotlar, rot elektrotlar ve plaka elektrotlardır.



Şekil 2.8. Radyo frekans kurutma prosesi 1.kompresör, 2.alt kondanseri, 3.valf, 4.kondanseri, 5.evaporatör, 6.ısı pompası kontrolü, 7.fan, 8.kurutma tepsisi, 9.kurutma odası, 10.RF elektrotları, 11.RF kontrol panosu, 12.çalışma akım yoğunluğu kontrolörü, 13. Güç kaynağı (Hay ve Van Kien, 2019)

Çalışma prensibi: Moleküllerin sürekli yeniden hizalanmasından kaynaklanan moleküler yeniden yönlendirme ve sürtünme, zıt yönlü elektrotlara doğru iyonik hareket ve polaritedeki hızlı değişim, elektriğin iyonik değişimi nedeniyle dirençli ısıtmaya neden olur. Mikrodalgalar, radyo frekans dalgaları kadar gıda içine nüfuz edemezler. Bu sebeple RF homojen bir ısınma sağlarken, MD uygulamalarında gıdada yanıklar oluşabilmektedir. Sebebi MD'nin dalga boyu olarak gıda boyutuna yakın veya küçük olmasıdır (Ahmed vd., 2007).

RF ile ısıtma, pastörizasyon, kurutma, çözdürme, dondurma, sterilizasyon, pişirme ve enzim inaktivasyonu gibi birçok alanda kullanımı vardır ve yaygınlaşmaktadır.

Avantajları:

- Hızlı ve homojen kurutma.
- Yüksek penetrasyon derinliği.
- Yüksek verim ve daha kısa işlem hatları.
- Kısa kurutma süresi.
- Yüzeylerin değil materyalin direkt olarak kurutulması.
- Geliştirilmiş enerji verimliliği

- Gelişmiş kontrol
- Temassız ısıtma
- Basit konstrüksiyon ve montaj alanı kazancı

Dezavantajları:

- Kurutulacak ürün düzenli basit şekilli olmalıdır.
- İlk yatırım maliyeti yüksektir, eğitilmiş personel gerektirir. İş güvenliği tedbirleri önem arz eder.

Hangi materyallere uygulanır: Pastörizasyon konusunda yapılan bir çalışmada, whey protein jeli, makarna ve peynire uygulanan RF ve MD uygulamasında, set edilen sıcaklık değerine gelene kadar 20°C'den 121,1°C'ye kadarki her 10°C sıcaklık artışına göre, 27-40 MHz arası RF uygulamasında, sıcaklık yükseldikçe dielektrik katsayısı da yükselmiştir, fakat 915-1800 MHz MD uygulamasında dielektrik katsayısı düşmüştür. Dielektrik kayıp katsayısı ise 27-40 MHz arası RF uygulamasında, sıcaklık arttıkça keskin bir şekilde artmış ve 915-1800 MHz MD uygulamasında ise biraz artmıştır. Penetrasyon derinliği MD'ye göre RF uygulamasında dört kat daha fazla gerçekleşmiştir. Bu da pastörizasyonda RF uygulamasının, MD uygulamasına göre çok daha verimli ve kullanışlı olduğunu göstermektedir (Wang vd., 2003).

Kurutma ile ilgili yapılan bir çalışmada, kayıp faktörü katsayısı 2 ile 100 arasında ise, materyali dielektrik ile ısıtma teknolojisi verimlidir. Çok yüksek kayıp faktörü katsayıları varsa, küçük penetrasyon derinliği nedeniyle maddede mikrodalga gibi yüzeysel ısıtma olur. Diğer taraftan çok düşük kayıp faktörü katsayıları ise maddenin elektromanyetik dalgalara karşı şeffaf olduğunu gösterir. Kayıp katsayılarının çok düşük olduğu durumlarda materyale biraz tuz ilave edilerek kayıp katsayısı uygun hale getirilebilir (Wang vd., 2011).

MD ve RF kurutucular arasındaki temel fark, jeneratör ve elektromanyetik dalgaların transportudur. Genelde dielektrik kurutucular, dielektrik dalga jeneratörü, adaptör, aplikatör, yardımcı kontrol elemanları ve taşıma aparatlarından oluşur. Dielektrik kurutma aplikatörü, ürünün spesifik kuruma özelliklerine göre farklı olarak yapılandırılabilir. Bunlar sıcak hava, vakum, infrared veya dondurarak kurutma olabilir. Ayrıca üretim prosesinin sürekli veya kesintili oluşu da önemlidir (Wang vd., 2011). RF kurutmada, kurutulacak ürün düzenli ve basit şekilli olmalıdır. MD kurutmada ise ürünün şeklinin nasıl olacağı ile ilgili bir limit yoktur. RF kurutmada daha düşük frekanslar ve daha uzun penetrasyon derinliği, MD kurutmada ise, yüksek frekanslar ve düşük penetrasyon söz konusudur.

RF kurutmada dalga yönlendirici yoktur düzgün alan dağılımı vardır. MD kurutmada ise, dalga yönlendirici vardır, kompleks ve düzgün olmayan alan dağılımı vardır (Bhattacharya vd., 2015).

İki tip RF ısıtma sistemi vardır. Bunlar konvansiyonel ve 50 Ω 'dur. 50 Ω sistemi çok pahalıdır ve daha çok laboratuvar çalışmalarında kullanılır. Fakat maliyetlerini düşürme çabaları olumlu etkiler göstermeye başlamış ve kullanımı genişlemiştir. En önemli avantajları; kuvars tahrikli jeneratörlerin kullanılmaya başlanmasıyla frekans kararlılığı sağlanmıştır, ayarlarındaki sabitleme ile daha yüksek enerji verimliliği sağlanmıştır, azaltılmış güç tüketimi, gelişmiş üretim (basitleştirilmiş kontrol, tam otomasyon, kısa zamanda ayarlama, çok yönlü ve uzaktan kumandalı sistem)'dir (Macana ve Baik, 2018).

Konvansiyonel RF sistemi ise gıda kurutma endüstrisinde en yaygın kullanılan modeldir. Üç farklı modelde tasarlanmıştır. Bunlar; plaka elektrotlar kullanılarak (iki paralel düz levha elektrot), kademeli elektrotlar (elektrot tüpleri her iki tarafta kademeli) kullanılarak ve kaçak alan elektrotlardır (elektrot tüpleri aynı düzlemde birbirine paralel). (Jones ve Rowley, 1996). Plaka elektrotlar, kalın tabaka gıda kurutmasında kullanılır. Kademeli elektrotlar, ince tabakalı gıda kurutmasında kullanılır ve dielektrik ısıtma daha homojendir. Kaçak alan elektrotları çok daha ince tabaka (yaklaşık 10 mm'ye kadar) gıda kurutmada kullanılır (Orfeuill, 1987).

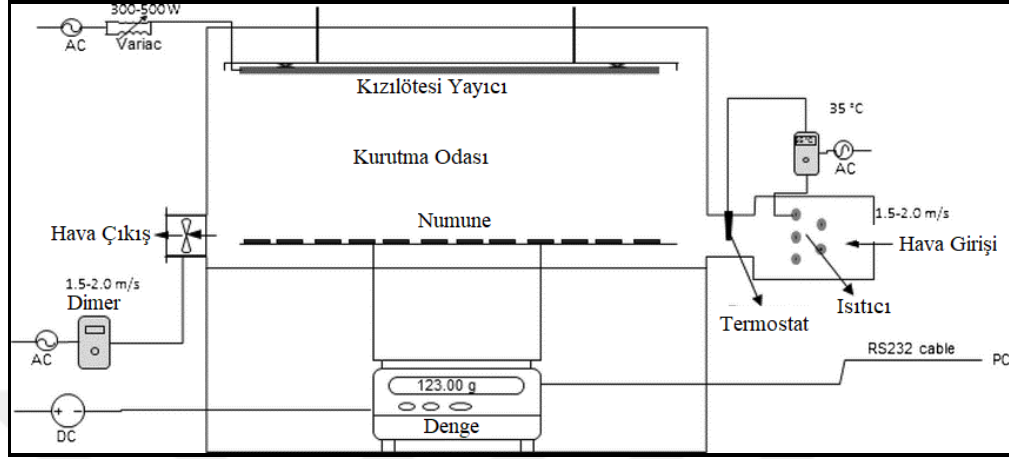
Yüksek frekans (radyo frekans) ile yapılan bir çay kurutma çalışmasında, kömür yakılarak enerji üretilen ve çay kurutulan bir tesiste, 27 MHz gücünde bir dielektrik ısıtma projesi geliştirilmiş ve çay kurutulmuştur. Önce mikrodalga enerjisiyle kurutma işlemi yapılmış ve %62 verim elde edilmiştir. Radyo frekans enerjisi ile kurutmada ise verim %73,7'ye çıkmıştır (Tunçer, 2006).

2.3.8. Kızılötesi Kurutma

Açıklama: Kızılötesi ışıma, 300 GHz ile 400 THz arası frekansları ve 1 mm ile 750 mm arasındaki dalga boylarını kapsar. İnfrared kurutucular, kızılötesi ışınlar yayarak ısıtma ve kurutma işlemi yaparlar. Elektromanyetik radyasyon kullanarak enerji transferi gerçekleştirilen bu teknolojiye yayılan radyasyon non-iyonize radyasyon olduğu için sağlığı direkt olarak olumsuz etkilemez. İnfrared ışımanın en önemli özelliği havayı ısıtmadan direkt olarak materyalleri ısıtmasıdır.

Tasarım: İnfrared kurutma, gittikçe popülerleşen, fakat henüz yaygınlaşmayan materyale ısıyı kızılötesi radyasyon ile sağlayan kurutma yöntemidir. Kaynağı radyant ısıdır. Bir prosesi tasarlamak ve modellemek için her zaman materyal hakkında bilgi sahibi olmak

gerekir. Özellikle IR kurutmada, bu durum güvenli ve verimli bir proses için püf noktasıdır. Çünkü, radyatörün ve materyalin radyasyon özellikleri, kurutmada en verimli sonuçlara ulaşmak için karşılaştırılmalıdır (Ratti ve Mujumdar, 2020).



Şekil 2.9. İnfrared kurutma prosesi (Kocabıyık vd., 2015)

Çalışma prensibi: Şekil 2.9’da görüldüğü gibi, kurutma için kullanılan IR fırınları, genellikle konvansiyonel kurutuculara entegre edilirler, tasarlanması ve konstrüksiyonu standart IR parçalarından oluşur. Geniş ölçekli bir kurutma işlemi tasarımına geçmeden önce, kurutulacak ürüne laboratuvar ortamında laboratuvar ölçekli bir IR fırında testler yapıp fikir sahibi olmak önemlidir. Güvenli bir tasarım için elektrik enerjisinden üretilen, IR enerjisinin ne kadar verimli olduğunun da bilinmesi gerekir. Bilinmesi gereken ana veriler radyasyon yoğunluğu ve kalış süresidir (Nonhebel ve Moss, 1971). Isı kaynağı seçimi, zaman sıcaklık çemberi, güç yoğunluğu fırının tasarımı için önem arz eder (Ratti ve Mujumdar, 2014). IR fırınlarda iki tip hava akış fanı olması gerekir. Bunlar, fırının duvarlarını yüksek sıcaklıktan korumak için soğutma amaçlı hava dolaşımı fanı ve içeride biriken duman, nem, solvent ve tehlikeli buharların çıkışı için egzoz fanıdır.

Avantajları:

- IR kurutucular, MD ve RF kurutucularla kıyaslandığında, ilk yatırım maliyeti ve bakım onarım maliyeti bakımından çok daha ucuzdur.
- Çok yer kaplamaz ve diğer kurutma teknolojilerine adaptasyonu kolaydır.

Dezavantajları:

- Ekipmanın testi, başarılı bir tasarım için, tesis koşullarında gerçekleştirilmelidir.
- Tasarım ve operasyon sırasında meydana gelebilecek yangın olasılıkları göz önünde bulundurulmalıdır.

Hangi materyaller kurutulur: Dehidrasyon bakımından en çok kullanıldığı alan film kaplama, nem profillerini düzeltmek bakımından ise kâğıt ve tahtadır. Boya, kaplama, yapıştırıcılar, mürekkep, kâğıt, tahta, tekstil ürünleri konusunda laboratuvar çalışmaları yapılmıştır (Navarri vd., 1992). Buna rağmen, gıda ürünlerini kurutma üzerine çalışmalar çok yaygın değildir. Gıda ürünlerinden, tahıllar, un, sebzeler, makarna, et, balık gibi ürünlere başarılı denemeler yapılmıştır (Ginzburg, 1969).

Domates kurutmada kullanılan IR kurutma ile, ısıtma verimliliği %80 ile %90 arasındadır, yayılan radyasyon dar bir dalga boyu aralığındadır ve minyatürleştirilmiştir (Sadin vd., 2014).

IR kurutmanın en önemli avantajları; homojen ısıtma sağlaması, düşük kurutma süresi, yüksek ısı transferi, enerji tüketimi bakımından verimlilik ve son ürün kalitesidir (Lin vd., 2009). Ayrıca IR kurutma ile çok çeşitli gıda uygulamalarında gıda ürünlerinin su kapasiteleri belirlenmiştir (Hagen ve Drawert, 1987).

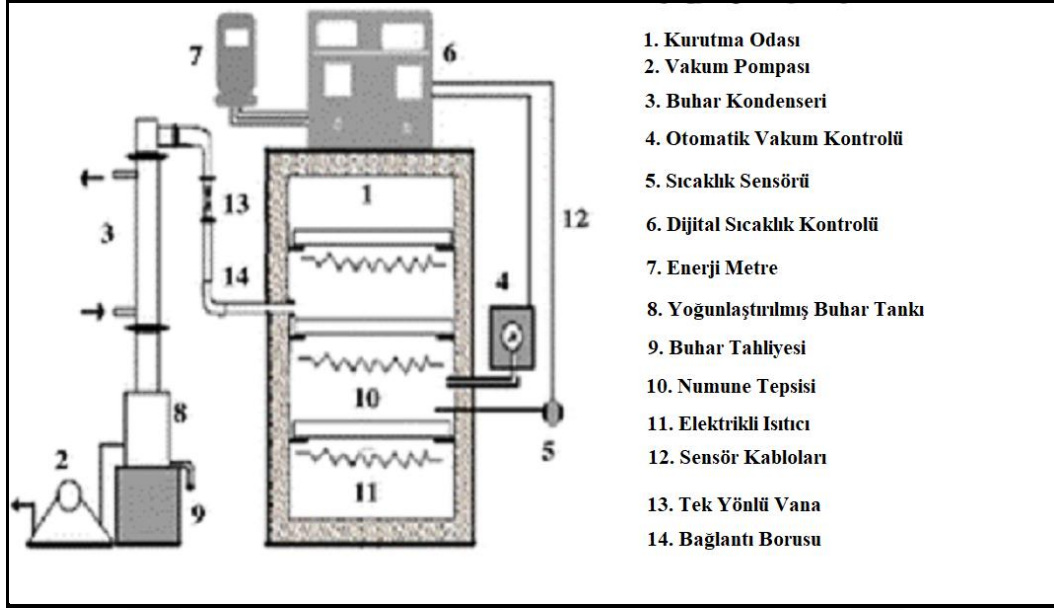
IR ile kombine edilmiş ısıtılmış hava ile kurutma, tek başına IR kurutma ve ısıtılmış hava ile kurutmaya karşılaştırıldığında, özgül enerji tüketiminin düşük ve termal verimliliğin ise yüksek olduğu görülmüştür (El-Mesery ve Mwithiga, 2015).

IR radyasyon enerjisi birçok farklı kurutma teknolojisiyle birleştirilmiş ve çok efektif sonuçlar elde edilmiştir. IR enerjisiyle kombine edilmiş sıcak hava kurutma sistemi birlikte çok sinerjik etki göstermiş ve kurutma performansında verimli sonuçlar elde edilmiştir (Nawirska vd., 2009).

2.3.9. Vakum Kurutma

Açıklama: Vakum kurutma yöntemi su içeriği fazla, kuruma süresi uzun ve yüksek sıcaklıkla kurutmaya elverişli olmayan özellikle meyve ve sebze kurutmada önemli avantajlara sahip olan fakat tek başına değil de ilave kurutma teknolojileri ile birlikte çalışan bir teknolojidir. Materyal vakum uygulanarak kurutulur, vakum hava basıncını düşürdüğünden materyal içerisindeki su daha düşük sıcaklıkta kaynar ve daha çabuk buharlaşır.

Tasarım: Şekil 2.10'da görüldüğü gibi, vakum kurutma makinelerinde önemli organlar, kapasiteye göre yağlı tip veya sulu tip olabilen vakum pompası, kurutma fırın kabini, kondenser, ısıtıcı mekanizma, kondens tankı, elektrik panosu ve otomasyon panosudur.



Şekil 2.10. Vakum kurutma prosesi (Thorat vd., 2012)

Çalışma prensibi: Vakum pompası ile iç basıncı atmosfer basıncının altına düşürülen bir kabin içine ısıtıcı yardımıyla pompalanan sıcak hava ile kurutmanın gerçekleşmesidir. PLC otomasyon yönetimi ile kabin içi basınç, sıcaklık ve hava hızı istenilen değerlere getirilebilir. Vakum kurutma tek başına kurutma işlemi gerçekleştiremez, sıcak hava üflelemeli ve mikrodalga ile bütünleştirilerek bir ısıtıcı kaynak ilave edilmelidir. Vakum işlemi, atmosfer basıncının altındaki basınçlarda kurutma işlemine başlanmasını sağlar. Atmosfer basıncı altındaki düşük basınçta kaynama noktası düştüğünden daha düşük sıcaklıklarda ve daha kısa sürede kuruma işlemi gerçekleştirilir. Bir diğer avantajı da ortamda hava olmaması ve bu sebeple üründe oksijen kaynaklı bozulmaların gerçekleşmemesidir (Erbay ve Küçüköner, 2008). Vakum kurutma ayrıca dondurarak kurutma yöntemiyle de birleştirilebilir. Genellikle tepsili sistemde materyaller arasından sıcak buhar, sıcak su veya sıcak hava geçirilerek kurutma işlemi gerçekleştirilir (Parikh, 2015).

En yaygın olarak kullanılan vakum kurutma tepsili vakum kurutmadır. Küçük ölçekli üretim ve laboratuvar denemeleri için uygundur. Tepsiler geniş bir kabinet içinde yer alır ve dışarıya doğru çekilebilir. Meydana gelen su buharı kondens edilir bu sayede vakum pompası sadece kondens edilemeyen gazları vakumlar. Tepsiler hareketli değildir fakat üründe homojeniteyi sağlamak ve kabuk oluşumunu önlemek için, ürünü öğütme, eleme, harmanlama işlemlerinin yapılması gerekir. Bu sebeple vakum kurutucular 360° dönen tambur veya çalkalama işlemi yapacak şekilde açılı hareket eden tamburdan oluşur.

Yoğuşmayı önlemek için ise, ana gövdenin tamamı ısıtılır ve tepsilerin bulunduğu kabinde meydana gelen su buharı da tahliye edilir.

Avantajları:

- Vakum kurutma yöntemi iş güvenliği bakımından diğer bazı kurutma yöntemlerine göre çok daha güvenlidir, ilave kişisel koruyucu donanım gerektirmez.
- Bunun yanı sıra elde edilen nem geri kazanılabilir, harcanan enerji düşük, ekserji yüksektir.
- İlaç, plastik, tekstil ve ağaç endüstrisinde etkili ve yaygındır (Parikh, 2015).
- Vakum kurutma düşük ve kontrol edilebilen çalışma sıcaklıklarında avantajlı olduğundan hem sıcaklığa duyarlı materyallerin kurtulmasında hem de solvent içeren materyallerde solventin tekrar geri kazandırılmasında başarılı bir yöntemdir.

Dezavantajları:

- Isı transfer katsayısı düşüktür.
- Kapasitesi limitlidir ve toplu yükleme yapılabilir. Kurutma işlemi sırasında sürekli yükleme yapılamaz.
- Kabin tipi tepsili kurutmaya nazaran ilk yatırım maliyeti yüksektir.

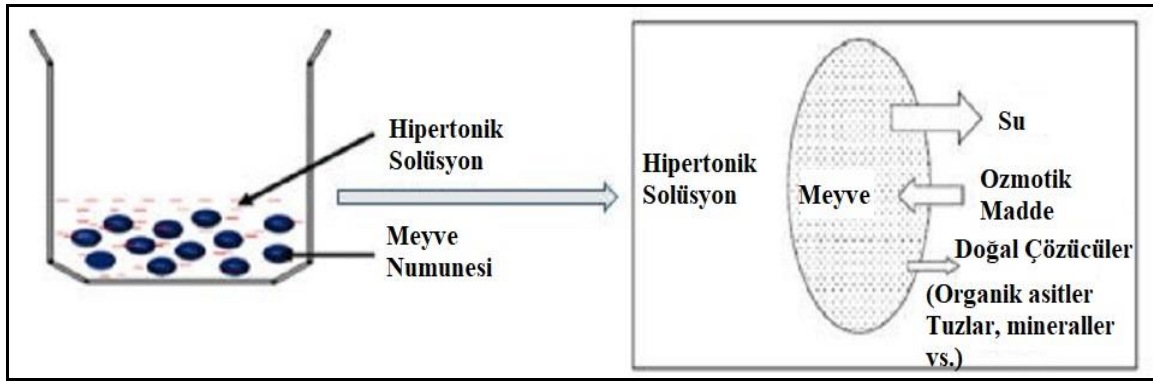
Hangi materyaller kurutulur: Literatürde vakum kurutma sıcak hava destekli ve mikrodalga destekli birçok çalışma mevcuttur. Mikrodalga destekli vakum kurutucuda kızılçık kurutulmuştur (Yongsawatdığul ve Gunasekaran, 1996). Ohmik ısıtma destekli vakum kurutma yöntemiyle tatlı patates kurutulmuştur (Zhong ve Lima, 2003). Vakum kurutma yöntemi ve mikrodalga desteği ile ağaç keresteleri kurutulmuştur (Dikmen vd., 2012). Vakum kurutma yöntemi ve sıcak hava desteği ile kereste kurutulmuştur. Vakumda bekleme süresinin kurutma süresini azalttığı vakumda beklenen sürede kereste içindeki suyun yüzeye doğru çıktığı tespit edilmiştir (Alibaş, 2011). Havuç ve çilek (Changrue vd., 2006), çilek, muz (Mousa ve Farid, 2002), bal kabağı (Nawirska vd., 2009), elma ve mantar (Funebo ve Ohlsson, 1998), portakal (Diaz vd., 2003), kivi (Maskan, 2001) vakum kurutma ile kurutulan literatürde yer alan çalışmalardandır.

İlaç endüstrisinde kullanılan geleneksel yüksek kesme granülatörleri, vakum prosesi ile donatılarak, ısıtılmış hava, ürün içerisinden ürün alt kısmından geçirilir ve vakum pompası vasıtasıyla solvent buharı tahliye edilir. Sisteme kondenser eklenerek ve doğru vakum pompası seçilerek, en yüksek oranda solvent ayırma yapılabilir.

2.3.10. Ozmotik Kurutma

Açıklama: Ozmotik kurutma, diğer kurutma yöntemleri için etkili bir ön hazırlık işlemidir ve tek başına bir kurutma yöntemi değildir (Us, 2006).

Ozmotik dehidrasyon tanım olarak üründe susuzlaştırma ve ürünü bileşenlerine doyurma işlemidir (Shi ve Marc-Le-Maguer, 2002). Ürün yani meyve veya sebze parçaları ya da dilimleri, ozmotik bir ajan içerisine daldırılıp hem ürün içerisindeki su uzaklaştırılır hem de ürün ozmotik ajan içerisinde iyice ıslatılır.



Şekil 2.11. Ozmotik dehidrasyon prosesi (Akharume vd., 2020)

Tasarım: Şekil 2.11’de görüldüğü gibi, ozmotik dehidrasyon sırasında ürün ve ozmotik ajan arasında 3 tip akış gerçekleşir. Birinci akış üründen ajana su akışı, ikinci akış az da olsa ajandan ürüne madde akışı ve üçüncü akış üründeki bileşenlerin ajana doğru akışıdır. Birinci ve ikinci akış eşzamanlı olarak gerçekleşir. Üçüncü akış sırasında üründen ajana doğru vitaminler, organik asitler, şeker, mineraller, bazı aromalar ve pigment içerikleridir. Son üründe kalite özelliklerini belirleyen faktördür (Cao vd., 2006).

Çalışma prensibi: Ozmotik dehidrasyon sırasında gerçekleşen kinetik olaylar üzerine çok fazla çalışma literatürde mevcuttur. Prosesin çalışmaya esas özellikleri sıcaklık, konsantrasyon gibi dış faktörler, ozmotik ajan seçimi, çözelti içinde kalış süresi gibi iç faktörler ve ürün dokusu, su yoğunluğu ve şekli gibi faktörler de prosesi ve son ürün kalitesini etkiler (Nsonzi ve Ramaswamy, 1998).

Hangi materyallere uygulanır: Literatüre bakıldığında, çalışmalarda farklı meyve ve sebzeler üzerine ozmotik kurutma deneyleri yapılmıştır. Yaban mersini meyvesine yapılan ozmotik kurutma işleminde, meyvedeki nem kaybı ve katı madde kazanımı sıcaklık ve ozmotik ajan (sükroz) konsantrasyonu arttıkça, artmıştır. Nem kaybı oranı katı madde kazanımı oranına göre çok daha yüksektir. Nem kaybı ve bileşenlerin difüzyon kabiliyeti

farklı koşullar altında sıcaklık ve sükroz konsantrasyonu ile ilgilidir (Nsonzi ve Ramaswamy, 1998).

Patates kurutma üzerine yapılan çalışmada, sıcaklık ve ozmotik çözeltinin konsantrasyonu denge katsayıları üzerindeki etkileri açısından zıt eğilimler göstermiştir. İlk kez, patatesin şurup içerisindeki ozmotik dehidrasyonu sırasında denge katsayısı tahmini için boyutsuz korelasyonlar geliştirildi. Bu çalışmada denge katsayısı için geliştirilen korelasyon, patatesin ozmotik dehidrasyonu prosesini tasarlamada kullanılabilecektir. Denge katsayılarından su dehidrasyonu ve özel uygulamalar için ne kadar ozmotik ajan gerektiği hesaplanabilir. Katı madde kazanımının düşük mü yoksa yüksek mi olması gerektiğine göre yeni şurup konsantrasyonu tahmin edilebilir (Rahman vd., 2001)

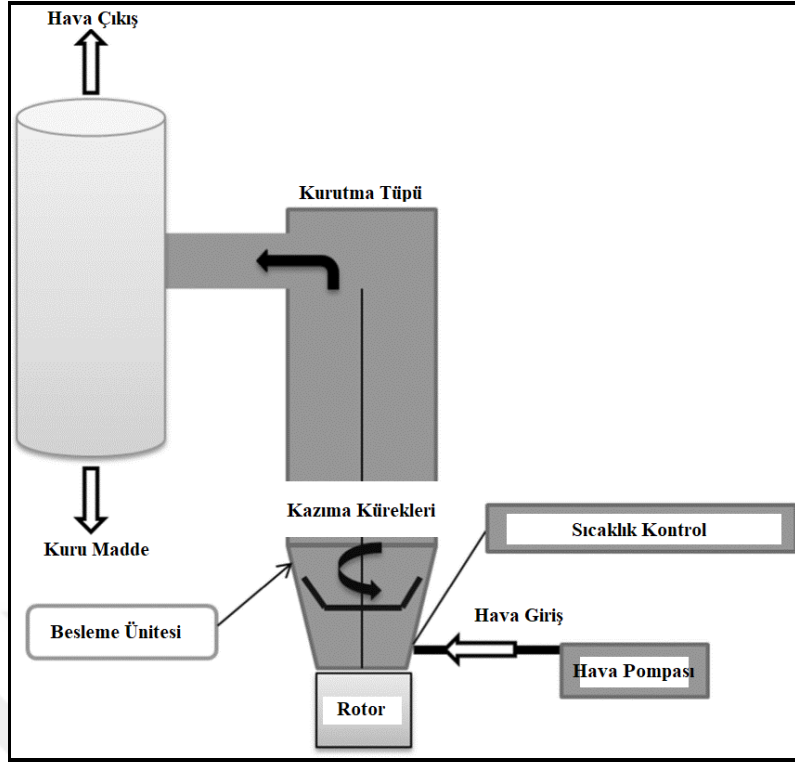
Ananas kurutma üzerine yapılan çalışmada, şeker tipi, konsantrasyonu ve sıcaklığı, su dehidrasyonu ve katı madde kazanımı için birincil derecede etkilidir. Sükroz, glikoza göre su dehidrasyonu ve katı madde kazanımında daha iyi bir kabiliyete sahiptir. Sıcaklık etkisi, su kaybı ve katı madde kazanımı ile doğru orantılıdır (Saputra, 2001)

Çok çeşitli meyve ve sebzeler, elma, zencefil, havuç ve bal kabağı üzerine yapılan bir çalışmada, su kaybı ve çözünen kazancı sükroz çözeltinin yoğunluğu %50'ye kadar arttıkça, artmıştır. Dahası, çözünen maddenin yoğunluğu arttıkça ürünlerin etrafındaki sert tabakanın formasyonu azalmıştır. Sıcaklık etkisi dikkat çekici etki sağlamamıştır. Sükroz içerisine ilave edilen tuz, ozmotik dehidrasyonu önemli ölçüde etkilemiştir. Ozmotik dehidrasyona tabi tutulmuş ürünlerin, kuruması taze ürünlere göre daha kısadır. Ozmotik ajan sıcaklığını arttırmak önemli bir katkı sağlamadığı gibi oda sıcaklığında işlem yapmak enerji tasarrufu sağlamıştır. Sükroz ve tuz karışımı kuruma süresince önemli ölçüde değişikliğe sebep olmuştur. Ozmotik dehidrasyon sırasında, meydana gelen karoten kaybı dikkat çekicidir. Karoten kaybı su dehidrasyonu ve katı madde kazancıyla orantılıdır (Pan vd., 2003).

2.3.11. Pnömatik Hızlı Kurutma

Açıklama: Pnömatik kurutma, adından da anlaşılacağı üzere pnömatik yolla yani sıkıştırılmış hava ile çalışan mekanik sistemlerle gerçekleştirilir. Flash kurutucular, direkt kurutucu sistemlerdir ve ayrıca konvektif kurutucu olarak bilinirler.

Tasarım: Şekil 2.12'de görüldüğü gibi, bu sistem, yedi parçadan oluşur. Isıtıcı, ısı eşanjörü, materyal yükleme, kurutma kanalı, ayırıcı, egzoz fanı ve kurutulmuş materyalin toplayıcısıdır.



Şekil 2.12. Pnömatik hızlı kurutma prosesi (Ljubic vd., 2019)

Çalışma prensibi: Isı ve kütle transferi gerçekleşen konvektif, sürekli proses ile sınıflandırılan gaz ve katı taşınımının gerçekleştiği sistemlerdir. Basit bir pnömatik kurutma prosesi, belli başlı ekipmanlardan meydana gelir. Sıcak hava endirekt ya da direkt ateşleme organıyla (brülör) prosesin ortasında gerçekleştirilir. Endirekt flash kurutucularda, yüksek sıcaklıktaki gaz buharı genellikle burada gaz havadır, materyalle direkt olarak temas halindedir ve materyalin transportu bu şekilde sağlanır. Gaz buharı sıcaklığı hem kurumaya yardımcı olur hem de materyalin nemi uzaklaştırılır. Bu ünitelerde yer alan, geniş kurutma yüzey alanı ve yüksek konvektif ısı ve kütle transferi katsayıları yüksek kuruma oranlarına ve yüksek kurutma kapasitelerine olanak sağlar. Basit bir pnömatik flash kurutucuda, kurutulacak materyal sıcak hava buharıyla kurutulurken aynı zamanda transport edilir. Kurutulacak materyal bazı durumlarda sisteme ilave edilen bir mikser ile karıştırılarak yüklenir. Isıtılan gaz kurutma kanalına verilir. Hava hızı, kurutulacak en büyük katı parçanın serbest düşme hızından daha yüksek olmalıdır. Kurutma kanalında dolaşan hava ve materyalin termal temas süresi kısadır bu sebeple flash kurutucular, yüzey nemi merkez nemine göre daha yüksek olan materyallerin kurutulması için daha uygundur. Kurutma işlemi sonucunda toz ayırma çok önemlidir. Bu sebeple, kirliliği önlemek adına, siklon tozu ayırıcıları, fabrik filtreler, elektrostatik çökticiler ve ıslak yıkayıcılar kullanılır (Mujumdar, 2014).

Avantajları;

- Kısa süreli kurutma, materyal ve sıcak havanın paralel akışı sayesinde ısıya duyarlı materyaller kurutulabilir.
- Kurutucu montajı için, çok büyük alana ihtiyaç duyulmaz ancak gaz filtrasyon bölümü, nemi ve toz birikimini uzaklaştırmak adına bina içinde tasarlanmalıdır.
- Kurutucunun kontrolü kolaydır. Kurutucudaki düşük materyal kapasitesi, denge konumuna çabuk ulaşılmasını sağlar.
- Hareketli parçaların az olması sebebiyle birçok kurutma sistemine göre bakım maliyetleri düşüktür.
- Diğer kurutma sistemlerin çoğuna göre ilk yatırım maliyetleri düşüktür.
- Eşzamanlı kurutma ve transport, materyallerin transport edilmesini de kolaylaştırır.
- Sıcak hava minimum enerji tüketimi ile elde edilir.

Dezavantajları;

- Yüksek verimle çalışan bir gaz temizleme sistemi gerektirir.
- Toz emisyonu nedeniyle kurutmada toksik materyaller kullanılamaz.
- Fakat bazı durumlarda bu dezavantaja, kızgın buhar kullanılarak önlem alınabilir.
- Topaklanmış, çamurlaşmış, yayılım sağlayamayan materyallerin kurutulmasında, aparatlar uygun olmamaktadır.
- Yangın ve patlama riski olabilir bu sebeple kurutucunun alev almasını engellemek gerekir. Isıtıcı olarak kullanılan brülör doğalgaz, likit petrol gazı veya fueloil ile çalışıyor olabilir bu sebeple brülör için mutlaka çalışma limitleri belirlenmelidir.
- Genelde özellikle resirkülasyon uygulandığında tüm materyaller parçacıklarının kurutucuda aynı kalma süresine sahip olmadıkları bilinmelidir (Strumillo ve Kudra, 1986).
- Isı eşanjörü ve kurutucu gövdelerinde ısı kaybı çoktur.

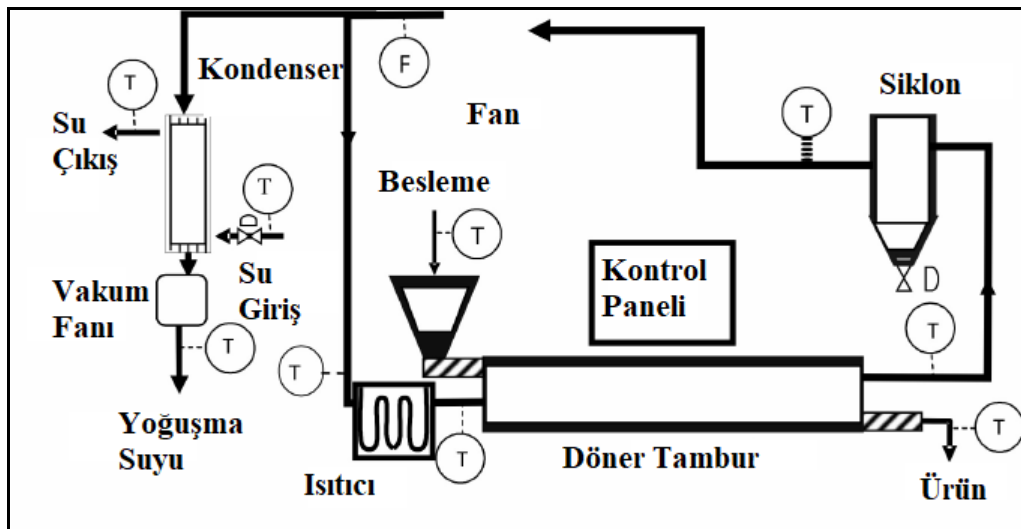
Hangi materyaller kurutulur: Pnömatik kurutmanın en çok kullanıldığı alan gıda endüstrisidir. Ancak tüm sıvı ya da yarı sıvı materyallerin toz veya granül hale getirildiği tüm sektörlerde kullanımı oldukça yaygındır. Buharlaştırmanın yüksek seviyede olduğu bu sistemlerde, düşük sıcaklıklarda kuruma gerçekleştiği için daha çok granül, kristalin ve toz ürünlerin kurutulmasına uygundur. Bunlar, meyve ve sebze tozları, süt tozu, çorba, mamalar, peynir altı suyu, kakao, çikolata tozu, meyan tozu, bitki çayları, deterjan, çimento, PVC materyaller, pamuk, yün, teflon, fiberglas, boya ve pigment, seramik ve fayans sanayi, mermer tozu gibi ürün eldeleridir (Mujumdar, 2014).

Flash pnömatik kurutucular daha kompleks kurutma teknolojileriyle birlikte de kullanılırlar. Akışkan yataklı kurutma, püskürtmeli kurutma, tamburlu kurutmadan önce ön kurutma işlemi flash pnömatik kurutma ile yapılabilir. Gıda endüstrisinde pnömatik kurutma en çok püskürtmeli kurutmadan sonra daha fazla nem almak için süt tozu, yumurta tozu, patates granülleri gibi üretimlerde kullanılır (Wang, 1997).

2.3.12. Döner Tamburlu Kurutma

Açıklama: Tamburlu kurutucular; atmosferik tek tamburlu kurutucular, atmosferik çift tamburlu kurutucular, atmosferik tandem (ikiz) tamburlu kurutucular, kapalı tamburlu kurutucular ve vakumlu çift tamburlu kurutucular olarak sınıflandırılabilir. Genellikle, viskoz, yapışkan, bulamaç, çamur kıvamlı materyallerin kurutulmasında başarılıdır. Özellikle, konsantre solüsyon ve bulamaç haldeki materyallerde, kuruma aşamasında daha yapışkan ve daha viskoz hale gelmesi sonucu içeriklerindeki bazı kalıcı termokimyasal transformasyonların ve nemin sıcak tambur yüzeyine temas etmeleri anında uzaklaşması sağlanır (Okos vd., 1992).

Tasarım: Şekil 2.13’de görülen, döner tamburlu kurutucularda, materyal dönen tamburun dışına beslemesi yapılarak kurutulabildiği gibi dönen tambur içerisine verilen sıcak hava ya da kızgın buhar ile tambur içinde de kurutma yapılabilir. Tambur içinde kurutma yapılan teknolojiye tambur içinde materyalin kurumasına, hareket halinde olmasına yardımcı bıçaklar bulunur.



Şekil 2.13. Döner Tamburlu Kurutma prosesi (Hamawand vd., 2015)

Çalışma prensibi: Bazı gıda uygulamalarında, yapışkan halde bulunan materyal döner tamburlu kurutucuda jelatin forma getirilebilir hatta pişirilebilir. Bu teknolojiye, kurutulacak materyalin, döner tambura besleme tipine göre farklı tasarımlar yapılmıştır. Çift döner tamburlu sistemlerde kurutulacak ürün, sarkaç nozullarla veya çoklu nozullarla, kısırtmalı besleme yapılmaktadır. Tek tamburda da yine, nozullarla püskürtme yapılarak materyal beslemesi yapılmaktadır. Tekil tamburda, genellikle besleme, soğutucu aplikatör silindir ile yapılır. Kurutulacak materyal tambura üstten aplikatör silindir ile tambur arasından sıkıştırarak yayılacak şekilde besleme yapılır. Proses kısırtmalı beslemeye benzer. Burada soğutucu aplikatör silindirler kurutulacak materyalin homojen bir şekilde sıcak tambur üzerine yayılması görevini üstlenir. Bir başka besleme yöntemi ise daldırma beslemedir. Burada akışkan materyal bir havuzda bulunur ve sıcak tamburlar bu havuza indirilip, akışkan sıcak tambur üzerine, ince bir tabaka halinde yapışacak şekilde dizayn edilmiştir. Sıçrama veya püskürtme besleme, bir diğer besleme şeklidir. Havuz içinde bulunan akışkan materyal sıcak tambura veya tamburlara alt kısımdan püskürtülerek besleme yapılır (Daud, 2008).

Atmosferik çift tamburlu kurutucularda genellikle, çok ince jelatine edilmesi gereken veya çok ince tabaka kırılğan tabaka halden toz haline dönüştürülecek gıda ürünleri ve kimyasal maddeler kurutulabilir. Kapasiteleri çok yüksektir. Tamburlar birbirine eklenerek ve birbirine zıt yönde dönmeleri sağlanarak kısa sürede tonlarca ürün kurutulabilir. Atmosferik tek tamburlu kurutucular da aynı mantıkta çalışır, tek fark tek tamburda kurutma yapılmasıdır. Eğer kurutulacak ürün kimyasal bir madde ise ve özellikle sağlığa zararlı solvent uçucu gazları içeriyorsa kapalı tamburlu kurutucularda kurutulmalıdır. Vakumlu tambur kurutucularda ise, daha çok yüksek ısıya duyarlı, yüksek ısıdan zarar gören ve ürün kalitesi ve görünümü yüksek ısı nedeniyle olumsuz anlamda değişen materyallerin kurutulmasında tercih edilir (Mujumdar, 2014)

Kurutulmuş ürün tambur üzerinde 3 çeyrek daire uzakta bulunan doktor bıçağı (Doctor's Blade) ile toplama potasına sıyrılarak düşürülür ve ince tabaka halindeki bu ürün toz haline getirilmek üzere değirmene gönderilir. Doktor bıçağı ile sıyrılan ürün potaya düştükten sonra döner tamburda yeniden ürün beslemesine kadar ısı yükselir (Mujumdar, 2014).

Avantajları:

- Hızlı kurutma
- Kompakt yapı
- Kısa sürede kurutma

- Kurutma tamburları tambur ceketi içine alınarak kapalı vakumlu kurutma yapılır ve daha düşük kurutma sıcaklıkları uygulanabilir, elde edilen ürün ince tabaka kuru jelatin veya pul yapıdadır.

Dezavantajları:

- Kritik işletim koşullarına sahiptir
- Tambur ilerleme ve dönme hızı, tabaka kalınlığı, tambur sıcaklığı sürekli kontrol edilmelidir ve her farklı ürün tipinde güncellenmelidir.
- Metal tambura yapışmayan ürünlerin ve çok su ve şeker içeren ürünlerin kurutulmasına uygun değildir (Mercado vd., 2001).

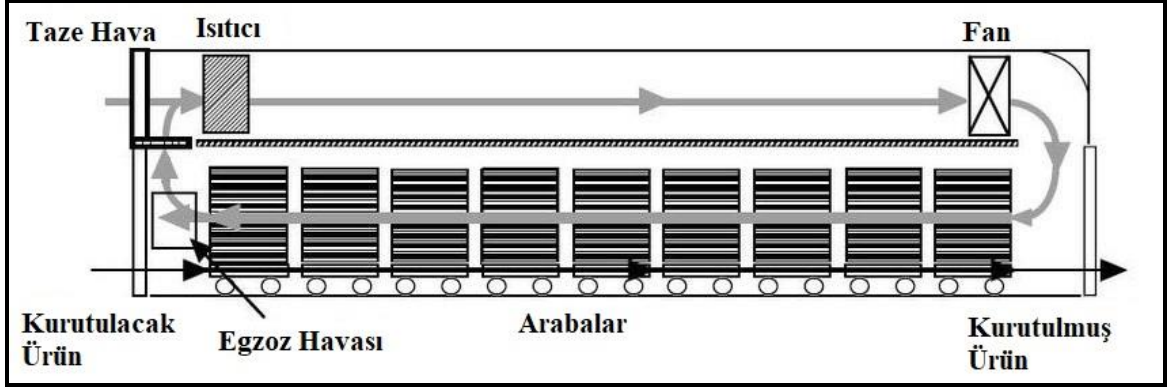
Hangi materyaller kurutulur: Tamburlu kurutma genellikle püre haline getirilmiş, nişasta içeren, bazı tarım ürünlerinin jelatine edilmesi ve hatta pişirilmesi ve daha sonra un haline getirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır, patates (Kozempel vd., 1986), pirinç (Supprung ve Noomhorm, 2003), buğday (Mercier, 1985), mısır (Anastasiades vd., 2002). Nişasta içermeyen şeker oranı düşük bazı ürünler; domates püresi, sarımsak püresi, süt kreması, kahve, et ve kemik suyu, peynir altı suyu vb. tambur kurutucularda başarıyla kurutulan ürünlerdendir.

Şeker içeren gıdalar elma püresi, elma sosu, narenciye posaları ve diğer meyve suları başarılı bir şekilde tambur kurutucularda kurutulabilir.

İlaç endüstrisinde kullanılan ısıya duyarlı ürünler ve vitamin içeren ürünler vakumlu tambur kurutucularda daha başarılı bir şekilde kurutulurlar.

2.3.13. Tünel Kurutma

Açıklama: Tünel kurutma, bir yarı sürekli kurutma yöntemidir. Kabin tipi fırın kurutucularda gördüğümüz kabinlerin tepsilerine, eleklerine veya raflarına, kurutulacak materyal yerleştirildikten sonra birden fazla kabinin uzun bir tünel içerisinde baştan sona doğru hareket etmesi sırasında tepsilerdeki ürünün kurutulması teknolojisidir (Mercer, 2007).



Şekil 2.14. Tünel Kurutma prosesi (Vasić ve Vasić, 2021)

Tasarım: Şekil 2.14’de görülen tünel kurutma teknolojisinde bulunan ana cihazlar, ısıtıcı, taze hava üfleme fanı (blower), kabinler, tünel çıkışında egzoz fanı ve izolasyonlu tüneldir. Kabin içi raflara yüklenen kurutulacak materyal, tünel içinde baştan sona doğru hareket ederken ısıtılmış hava farklı şekilde tünel içinde yönlendirilebilir (Mercer, 2007)

Çalışma prensibi: Tünel kurutucular, çok farklı tiplerde üretilebilirler. Şekil ve boyutları değiştirilebilir, tünel ve kabin kapasitesi değiştirilebilir, tünelin uzunluğu ve içinde konveyör kullanılıyorsa konveyör hızı değiştirilebilir, hava hızı, hava akış yönü değiştirilebilir. Kurutulacak materyalin su kapasitesi ve miktarına göre esnek tasarımlar yapılabilir. Tüm kurutma teknolojilerinde olduğu gibi kurutulacak materyali tanımak ve en iyi kurutma yöntemi belirlemek çok önemlidir.

Havayı ısıtmak için farklı seçenekler vardır. Bunlar, elektrikli ısıtıcılar, güneş kolektörleri, doğalgaz kaynaklı ısıtıcılar (brülörler), mikrodalga, radyo frekans yay kızılötesi radyasyon enerjisi olabilir.

Tünel içinde ısıtılmış havanın akış yönü kurutulacak materyalle aynı yönde, zıt yönde veya kombine akış yönlü olabilir. Bu durum tamamen kurutulacak materyalin özelliklerine bağlıdır. Isıya duyarlı materyaller kurutulacaksa, ısıtılmış hava materyalle aynı yönde akacak şekilde tasarım yapılır. Zıt yönlü akışta, materyal tünel içinde aniden çok sıcak havayla karşılaşır, su kapasitesi yüksek maddelerde bu yöntem daha başarılıdır. Hava akışı tünel içinde üst kısımda dizayn edilen fanlarla sağlanır (Sun, 2005)

Avantajları;

- Orta ölçekli gıda işletmeleri için bir seferde nispeten büyük hacimli ürünü kurutabilir.
- Sıcaklık fonksiyonu ve hava hızının eşit dağılımı sayesinde homojen ısı transferi nedeniyle daha başarılı bir şekilde kontrol edilebilir.
- Kurutma maliyetlerinin düşük olması ve daha yüksek ürün kalitesi.

- Çoğu ürünün kurutulmasına adapte edilebilir.
- Konstrüksiyonu kolaydır (Ajala vd., 2018).

Dezavantajları:

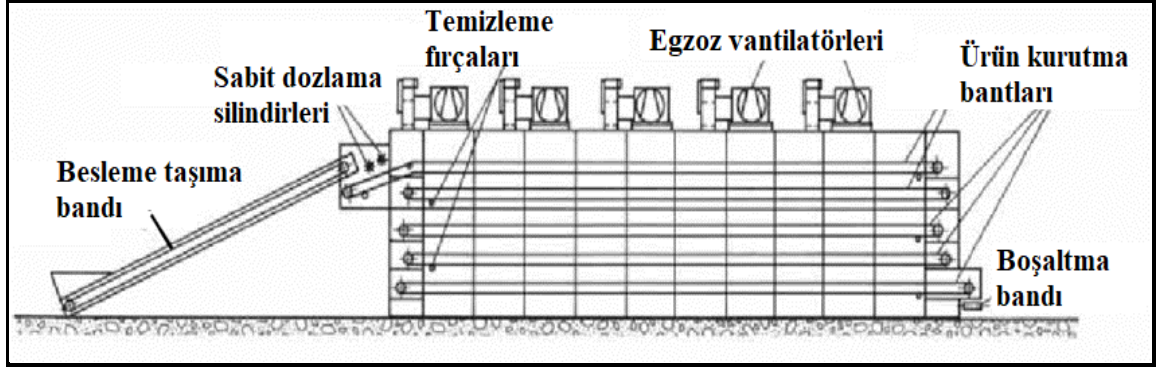
- Yükleme ve boşaltma için yüksek işçilik maliyeti.
- Kurutma süresi uzun olabilir.
- Küçük ölçekli kurutma işi için uygun değildir.
- Sıvı ve akışkan ürünler kurutulamaz.
- İş güvenliği bakımından çıkış kapısı açıldığında yüksek ısı tedbir alınmazsa zarar verebilir (Ajala vd., 2018).

Hangi materyaller kurutulur: Tünel kurutucularla kurutulan materyaller, meyve ve sebzeler, mürekkep ve kâğıt, kaplama hattında kaplamanın kurutulması, ambalaj malzemeleri, plastik kap ve kapaklar, ilaç tabletleri ve tozları, tekstil ürünleri, şekerlemelerin kurutulması ve gıda işleme, kalıplanmış seramiklerdir.

2.3.14. Bantlı Konveyör Kurutucu

Açıklama: En çok kullanılan konveyör kurutucu tipleri, tek geçişli-tek kademeli kurutucular, tek geçişli-çok kademeli kurutucular ve çok geçişli konveyör kurutuculardır (Poirier, 2006).

Tasarım: Şekil 2.15’de görüldüğü üzere, bantlı konveyör kurutucuyu oluşturan parçalar; ürünün üzerinde kuruyarak ilerlediği bant, ürünleri taşıyacak kadar güçlü olmalı, sürekli olarak takılmadan ve bakım-onarım gereksinimi fazla olmayacak şekilde akış halinde olmalı, bant üzerindeki deliklerin sıcak havayı homojen geçirecek kadar büyük ve aynı zamanda ürünün düşmesini önleyecek kadar küçük olması gerekir. Kurutucuda isteğe bağlı olarak soğutma ünitesi bulunabilir. Kurutulacak ürünün besleme cihaz girişindeki, huni ve ürünlerin tırmanma mekanizmasından oluşur. Kurutma alanı içerisinde kuru sıcak hava boruları ve konveyör bant bulunur. Ünite üzerinde sıcak havayı homojen bir şekilde dolaştıran sirkülasyon pompaları, nem alma fanı, egzoz kanalı ve en son kısımda alt hazne bulunur. Isıtma sistemi, kuru sıcak havayı üretmek için ısı kaynağı olarak kömür, doğalgaz, mazot, kızgın buhar veya elektrik kullanılabilir. Isı kaynağı olarak solar, mikrodalga, kızıl ötesi ve radyo frekans kullanan modeller de geliştirilmeye devam etmektedir.



Şekil 2.15. Bantlı Konveyör Kurutma prosesi (Müller ve Heindl, 2006)

Çalışma prensibi: Konsept olarak düşünüldüğünde basit ve esnek yapıdadırlar. Sürekli besleme yapısına sahip doğrudan sıcak hava akımıyla materyallerin bulunduğu yataklar doğrultusunda ısıtma yapılarak kurutma işleminin gerçekleştirildiği birçok ekipman barındıran sistemlerdir.

Avantajları:

- İhtiyaca göre daha küçük alanda kurulum.
- Düşük enerji tüketimi.
- Yüksek miktarda ürün kurutulması ve seri üretim.
- Yüksel termal verim.
- Enerji tasarrufu ve çevre koruma.
- Birçok endüstride kullanılan ürünlere uyum.
- Yüksek kuruma hızı, zamandan tasarruf.
- Yüksek nem alma, başarılı ve kaliteli ürün.
- Kuruyan nihai ürünün ambalajlanmaya hazır olması.
- Elektronik kontrol (PLC) sayesinde farklı ürünlere adaptasyon sağlama.
- Esnek yapıya sahip kompakt dizayn ve tam kapalı paket sistem.
- İş güvenliğine uyumlu ve düşük riskli çalışma.
- Egzozdan atılan havanın ısı geri kazanımı sayesinde enerji tasarrufu.

Dezavantajları:

- Tüm kurutma teknolojilerinde olduğu gibi bunda da ısı ve kütle transferi doğru yorumlanmaz ise, kurutma süreci başarılı olmaz
- Doğru hesaplanmayan uygulamalarda enerji israfı ve kalitesiz ürün eldesi söz konusudur.
- İlk yatırım maliyeti yüksektir.

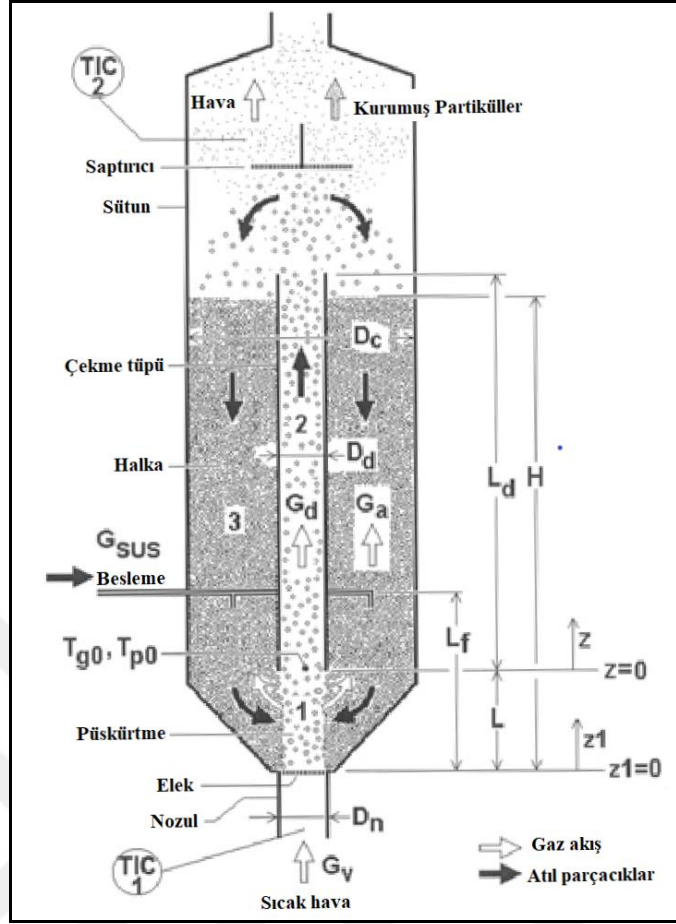
- Büyük ölçekli üretimler için büyük alanlar gerekir.

Hangi materyaller kurutulur: Boyutları 1-50 mm. olan partikül materyallerin kurutulmasında çok avantajlıdırlar. Kimya ve ilaç endüstrisinde kullanılan şerit ve granül haldeki materyaller, sebzeler, tahıllar, mineraller, kömür briketleri, kauçuk, lastik ve daha birçok materyalin, kurutulmasında büyük avantaj sağlamıştır. Yüksek miktarda su içeren ve ısıya duyarlı materyallerde ve kurutma hızı bakımından başarılı sonuçlar elde edilir. Bulamaç haldeki ve akışkan ürünler için uygun bir kurutma metodu değildir (Mujumdar, 2014).

2.3.15. Püskürtmeli Yataklı Kurutucu

Açıklama: Püskürtmeli yataklı kurutucu, akışkan materyalin, konik şeklindeki yatağa alt merkezdeki tek veya çoklu nozullardan jet püskürtmeyle giriş yaptığı bir gaz parçacığı kontaktörüdür, katı ve gaz fazları arasında yoğun etkileşimin yer aldığı bir kurutma teknolojisidir. Püskürtmeli yatakta gaz-katı akışı üç farklı bölgede kategorize edilebilir. Birincisi, yatağın merkezindeki püskürtme alanı. İkincisi, püskürtme alanı ile yatak duvarı arasındaki halka bölgesi. Üçüncüsü ise, püskürtme alanının en tepesindeki fişkırtma alanı (Souza ve Oliviera, 2005).

Tasarım: Taze hava fanı (blower), ısıtıcı eleman, püskürtmeli yataklı kurutucu konik ana gövdesi, helezon vida, helezon vida motoru, ürün besleme alanı, egzoz fanı ve siklon filtreler, kontrol paneli ve PLC otomasyon panosu (Pallai vd., 2008).



Şekil 2.16. Püskürtmeli Yataklı Kurutma Prosesi (Arsenijević vd., 2006)

Çalışma Prensibi: Şekil 2.16’den anlaşılacağı üzere, taze hava fanı (blower) gerekli olan havayı ortamdan çekerek ısıtıcıya yönlendirir. Isıtıcıdan geçen hava PLC ile kontrol edilir ve istenilen sıcaklığa getirilir. Kurutulacak materyal yatağın içine istenilen miktarda enjekte edilir. Sıcak hava da aynı şekilde yatak içine beslenir ve kuruma döngüsü başlar. Yatak içindeki helezon vida motor yardımıyla dönmeye başlar ve materyali ve sıcak havayı homojen bir şekilde karıştırır. Siklon filtreler, büyük ve abrasif maddeleri filtreler. Kurumuş materyal konik ana gövde duvarlarına çarpar ve kurutulmuş ürün haznesine düşer (Mujumdar, 2014).

Avantajları:

- Isıya duyarlı olan gıda, ilaç ve plastik endüstrisinde kullanılabilir (Pallai vd., 2008).
- Yüksek ısı ve kütle transferi sayesinde yüksek verim elde edilir. Granülasyon, yanma, kurutma, kaplama ve piroliz işlemleri yapılabilir.
- Sürekli olarak kurutma işlemi gerçekleştirilebilir. Hızlı kurutma yapılır.
- Homojen bir kurutma sağlanır.

- Ekipman basittir ve bakım onarım maliyetleri düşüktür.

Dezavantajları:

- Yüksek hava hızlarına ihtiyaç duyulması nedeniyle yüksek enerji tüketimi gerekir.
- Tasarım aşamasında yüksek hava hızları nedeniyle yatak yüksekliği ve akışkan materyal dinamikleri doğru hesaplanmazsa başarılı sonuçlar alınamaz. Bu olumsuzluğu gidermek için daha sonra püskürtmeli yataklı kurutuculara helezon vida eklenerek sirkülasyonun sadece sıcak hava ile değil ayrıca helezon vida ile de gerçekleştirilmesi sağlanmıştır (URL-3).

Hangi materyaller kurutulur: Tahıllar (buğday, mısır), kırmızı biber, domates tohumları, macunumsu ve unlu gıdalar, patates posası, bira mayası, kalsiyum karbonat, potasyum permanganat, tuzlar, pigmentler ve boyalar, kobalt karbonat, ilaçlar, plastikler vb.

2.4. PLC Kontrol ve Otomasyon

PLC (Programlanabilir mantıksal denetleyici), butonlar, sensörler, sınır anahtarları, optik algılayıcılar gibi giriş elemanlarından aldıkları bilgiyi, yazılım ile kendisine yüklenen programa göre bir bilgisayar gibi işleyen ve motorlar, solenoid valfler, kontaktörler, gösterge lambaları gibi çıkış elemanlarına aktaran mikroişlemci tabanlı cihazlardır.

PLC cihazları endüstriyel ortamda kullanılan ve daha çok insanlar (operatörler) tarafından kontrol edilen makineleri, insan varlığına gerek duymadan yapabilen, hata payı çok minimize edilmiş sistemlerdir. Tarihi oldukça eskiye dayanmaktadır. İlk PLC şimdiki adı Modicon olan Associates firması tarafından, 1968 yılında üretilmiştir. PLC öncesi kullanılan röle tabanlı kontrol sistemlerinde çok sık arızalanan ve bozulan rölelerin yerine yenilerinin alınmasının maliyetleri arttırması nedeniyle geliştirilmiştir. İlk ticari PLC Modicon 084'tür. Robert Morley tarafından geliştirilmiştir.

Aslında her PLC aynı zamanda bir bilgisayardır. Bu cihazlar, mantık ve bellek fonksiyonları, zamanlama, sıralama, sayma ve ardışık lojik işlemleri kumanda elemanlarının yerine yüklenen yazılım ile yapar.

PLC küçük bir kutu (yaklaşık 10*10 cm) içinde CPU ve bellek, giriş birimleri ve çıkış birimlerinden oluşur.

Avantajları:

- Yazılımla çalışan bir sistem olması kurulumunu çok basitleştirmiştir.
- Röleli kontrol devreleri çok yer kaplarken PLC'ler az yer kaplar.
- Yüksek güvenlidir.

- Arıza istatistikleri düşüktür.
- Arızanın yerini bulmak kolaydır.
- Bilgisayarlı otomasyona dahil edilebilmeleri sayesinde bilgisayarlı otomasyon yapılabilir.
- Haberleşme yetenekleri sayesinde tüm otomasyon sistemi bilgisayardan veya akıllı telefonlardan izlenebilir. Arızalara acil müdahaleler yapılabilir.
- Endüstriyel üretimlerin yapıldığı fabrika, ağır sanayi gibi kirli, tozlu, yağlı ortamlara uygun üretildiğinden çok dayanıklıdır.
- İş sağlığı ve güvenliği nedeniyle insan çalıştırmanın tehlikeli olduğu proseslerde ve iş gücüne dayalı tasarrufa gidilmesi gereken yerlerde prosesin takibini kolaylaştırır.

Sistemin kontrol sistematığı mikroişlemci tabanlıdır. Kendi bünyesinde bulunan software (yazılım) döngüsüne göre bütün prosesi otomatik olarak kontrol eden mikroişlemcilerdir.

PLC kontrol sistemleri içinde, sisteme ait tüm otomasyon noktaları izlenebilir ve kontrol edilebilir. Alarmlar ortak alarm menüsüne işlenebileceği gibi istenen sayfalar tamamen operatör bazında izole edilebilir. Sistem çalışırken meydana gelecek tüm olumsuzluklar ve arızalar için alarm menüleri oluşturulabilir ve alarmlar kullanıcı tarafından denetlenebilir.

PLC kontrol sistemleri esnek yapıya sahiptir hem boyutu hem de işlevselliği, motorlar, duyar elemanlar, kontrol donanımları, özel uygulama kontrol donanımları (sıcaklık, nem kontrolü, hava hızı) ve daha sonradan operatör cihazları gibi teçhizatların sisteme eklenmesi ile arttırılabilir bir yapıya sahiptir.

PLC kontrol sistemleri, kontrol işlerini gerçekleştiren saha bilgisayarına bağlanarak, kendi içinde program ve mikroişlemcisi olduğundan, merkez bilgisayardan veya haberleşme halinde olduğu ağdan ayrı olarak yapması gereken denetim işlerini, uyarı alarmları ve diğer fonksiyonel işleri gerçekleştirmeyi sürdürecektir. PLC ile kontrol edilen bir makinenin çalışırken ulaştığı tüm değerler ve alarmlar kullanıcı tarafından web ağı üzerinden telefonuna indirilen bir uygulama ile uzaktan izlenebilir müdahale edilebilir.

Sistemin mantığı, aşağıda sıralanan dört ana bölümden oluşur;

- PLC ile yönetilecek makine
- Programlama dili ve programlama

- Makine üzerinden alınacak veriler için makineye yerleştirilecek sensörler (algılayıcılar)-Saha Cihazları
- Haberleşme ve Kablolar (data ve elektrik kabloları)
- Makineden alınacak veriler ayrıca bir bilgisayar üzerinden izlenebilir.

PLC ile kontrol edilecek makine

Bu tez çalışmasında PLC ile kontrol edilecek makine, Kabin tipi tepsili kurutma makinesidir.

PLC otomasyon ile her türlü makine veya cihaz kontrol edilebilir. Örneklendirecek olursak, ev tipi bir buzdolabı, çamaşır makinesi, televizyon, hatta elektrikli süpürgeler, en son teknoloji ise robot süpürgelerdir. Fabrikalarda ve ağır sanayi bölgelerinde, her türlü makine, cihaz da aynı şekilde PLC kontrolle uzaktan kontrol edilebildiği gibi, uzaktan müdahale de edilebilir. Akıllı binalar denilen binalarda PLC otomasyon sistemleri ile, bina konforunu sağlayan tüm cihazlar (klimalar, kazan dairesi ekipmanları, yangın algılama ve müdahale sistemleri, havalandırma, hava kalitesi ölçümü, aydınlatmalar vb.) uzaktan kontrol edilebilir, alarm durumları okunabilir, uzaktan müdahale edilebilir.

Yazılım ve Programlama

Yazılım, kontrol işi kapsamında yer alan cihazların denetim, izleme ve raporlama yapacak şekilde üç boyutlu canlandırma özelliğine sahip çizgisel alt yapıya sahip olabildiği gibi kullanıcı isteğine bağlı olarak sadece aç-kapa, alt-üst limit değer mantığında daha az maliyetlerle de oluşturulabilir. Örneğin; tasarımı yapılan peynir kurutma makinesinin, hangi parametreleri otomatik olarak kontrol edilmek isteniyorsa, o parametrelerle ilgili veri toplamak üzere makineye sensörler yerleştirilir ve ana karta kablolaması yapılır. Burada maliyetlere bağlı olarak sadece aç-kapa, dur-kalk, işlem zamanını tespit et gibi basit otomasyon kurulumu yapılabileceği gibi, PLC üzerinden ölçülen değerlerin 3 boyutlu animasyonları oluşturulabileceği gibi çalışma eğrilerinin grafikleri de program tarafından oluşturulabilir ve hatta geçmişe dönük raporlama bile alınabilir.

Sıcaklık, nem, hava kalitesi, basınç, enerji tüketimi ve diğer kontrol parametrelerinde, belli bir periyot içerisinde oluşan farklılaşmaları belirten trend (eğilim) datalarının bir araya toplanması, raporlanması ve yorumlanması gerçekleştirilebilir.

Kullanıcı, programı kullanırken bir problemle karşılaştığında programın yardım menüsünden problemin ne olduğuna, anında ulaşabilir.

Bütün sistem içindeki ikaz durumlarının izlenmesi ve ikaz alarmlarının elde edilmesi, bütün uyarıların yönetilmesi, sistemdeki herhangi bir aksaklık durumunda öncelik ve öneme

göre çizgisel ortamda cihaz gösterim şablonları üzerinden aksaklığın olduğu mahalle ulaşılması ve aksaklığın giderilmesi sağlanabilir.

Bütün bunlar yazılım ile sağlanır.

Saha Cihazları (Sensörler)

Duyar elemanlar: Kullanılacakları yere ve koşullara uygun olarak seçilmelidirler. Bu tez çalışmasında kullanılmış sensörler, hava sıcaklığı, nem sensörü ve hava hızı sensörüdür. Makinenin içerisine yerleştirilmiştir. Ayrıca kurutma zamanını ölçmek için zamanlayıcı (timer) kullanılmıştır.

Sıcaklık Duyar Elemanları: İstenilen mahaldeki havanın sıcaklığını ölçer.

Oda mahalli için; 0...50 °C ölçüm limitleri.

Kanal için; -30....+80 °C ölçüm limitlerinde, 0,4 m, 2 m, 6 m. prob boyu olmalıdır.

Daldırma Tip; -30....+130 veya 0....+250 °C ölçüm limitlerinde, 100, 150, 200 mm. prob boyunda ve kovanlı.

Dış Hava ölçümü için; -30....+50 °C ölçüm limitlerinde.

Nem Duyar Elemanları: İstenilen mahaldeki havanın nemini ölçer.

Oda mahalli için; %10...95 ölçüm limitlerinde.

Kanal için; %10...90 ölçüm limitlerinde.

Basınç Duyar Elemanları: İstenilen mahaldeki havanın basıncını veya suyun basıncını ölçer.

Ölçüm limitleri; 0...40 Bar.

Fark Basınç Duyar Elemanları: İstenilen iki mahal arasındaki basınç farkını ölçer. Genelde hava filtrelerinde kullanılır. Filtreye giriş hava basıncıyla filtreden çıkış hava basıncını ölçer karşılaştırır ve filtrenin kirlenip kirlenmediğini belirler. Filtre değişimi için operatörü uyarır.

Ölçüm limitleri; 0...10 Bar. (Su için)

Ölçüm limitleri; 0...3000 Pa. (Hava için)

Çalışma aralıkları hangi amaçla kullanılacaklarına ve koşula göre değiştirilebilir.

Verilen aralıklar örnektir.

Haberleşme ve Kablolar (data ve elektrik kabloları):

PLC üniteleri istenirse dört mertebeli bir bünyeye sahip olabilir.

- En üst mertebede, tek bilgisayar veya birden fazla ana bilgisayar arasında iletişim kurulmaktadır (Peer to peer). Sınırsız sayıda PC yönetim düzeyi üzerinden birbirleri ile bağlanıp, ethernet portu üzerinden 100 Mbps ile yerel network ağı ile haberleşmektedir.

- İkinci mertebede, Saha kontrol elemanları (sensörler vs.) doğrudan ana bilgisayar giriş/çıkış portlarına bağlanmaktadır.
- Üçüncü mertebede, iletişimde olan alt saha bilgisayarına bağlı ya da yerel network oluşturma yeteneğine sahip cihazlar ana ağa bağlanmaktadır.
- En alt mertebede ise; denetim sensörleri, duyar elemanlar, dönüştürücüler ve tahrik üniteleri gibi mekanizmalarla oluşturulan haberleşme bulunmaktadır.

Bu tez çalışmasında en alt seviye haberleşme uygulanmıştır.

Verilere Ulaşım

PLC’lerde verilere ulaşım web browserlar üzerinden kullanıcı adı ve şifresi ile gerçekleştirilir. Kullanıcı bilgisayarı üzerinden otomasyonunu yönettiği tüm sistemin hiyerarşik grafik alt yapısından istediği cihaza ulaşabilir ve verilerini alabilir. Otomasyonun bütününden ağaç dalı yapısındaki alt grafiklere, oradan da cihazlara kadar tüm dengelim metoduyla tüm cihazlara kadar inilebilir. Tüm cihazların kendi grafiklerini açabilir ve istediği bilgilere ulaşabilir. Örneğin, bir klimanın üfleme sıcaklığını görülebilir, set değeri ayarlanabilir ya da belli bir süre sonunda kapanması sağlanabilir. Hatta günlük, haftalık ya da aylık programlar yapabilir.

Alarm Yönetimi

- Üst düzey alarm yönetimi, kullanıcının alarmı süratle algılayıp çözümlemesine olanak sağlar.
- Okunan alarmlar ekranda dikkat çeken bir köşede sürekli olarak bulunur ve ikaz ikonunda görünür hale gelir; yanıp sönme, ses ve renk değişimi ile kullanıcıyı uyarır.
- Alarmlar, kullanıcının “Alarmları Gördüm Onayladım” gibi alarmı gördüğünü ifade eden seçenekleri tıklamasıyla durdurulabilir ve silinebilir; seçilen alarmlar yazıcıdan çıkarılabilir. Hatta istenirse problem çözülüp arıza giderilene kadar “Alarmları Onayladım” yani alarmı gördüm seçeneğini işaretlense bile, alarmların silinmesi ve susturulması engellenebilir.
- Alarm seçeneği için; kullanıcı, hangi önemdeki alarm bilgisinin, çıktısının alınabileceğini ve ekranda görüneceğini belirlemek istiyorsa ona imkân tanıyacak düzenlemeyi yapabilir.
- Aynı yerden farklı seçenek ve seviyede alarm alınabilir.
- Kullanıcı, alarm butonuna tıklayarak alarma sebep olan noktadaki arızalı cihaza ulaşabilir.

- Mahallerle ilgili geçmiş tarihli alarm raporu alınabilir. Gerektiğinde, bu alarmların günlük, haftalık, aylık, alarm çeşidi, nereden kaynaklandığı vb. gibi durumlar için otomatik raporlaması yapılabilir. Çıktısı alınabilir. Dosya oluşturulabilir.
- Her alarma farklı bir alarm sesi atanabilir, ses alarm önem seviyesiyle belirlenebilir.
- Alarm uyarı penceresinden, bir link ile alarmın geldiği sayfaya direkt geçilebilir.
- Alarm ve raporların kullanıcı terminallerinin hangilerinin ekranlarında görünüp görünmeyeceğinin ve network' e bağlı bulunan yazıcılardan hangilerine yönlendirileceğine serbestçe karar verilebilir.

Örneğin; yangın alarmı gibi çok önemli alarm durumu sesinin, daha az önemdeki pompa termik arızası gibi bilgilerin alarm sesinden farklı olarak ilişkilendirilmesi gibi.

PLC Yönetim Sistemi Fonksiyonları

- Denetim
- Kontrol
- İşletimin optimize edilmesi
- Yönetime destek

Denetim:

Tutulan rapor çıktıları vasıtası ile yapılır.

PLC denetiminin kapsadığı bütün sistemlerin çalışma döngüleri esnasında meydana gelebilecek her türlü veri aynı anda veya belirli periyotlarda veya tercihe bağlı olarak okunabilir veya yazıcıdan çıktısı alınabilir.

Çalışma/çalışmama; sıcaklık, nem, basınç gibi değerler; kontrol valfi ve servo motorların klapelerinin ne kadar açık ne kadar kapalı konumda oldukları; cihazların enerji sarfiyatları, su ve gaz depo seviyeleri vs. raporlanabilir.

- Mahal Nokta Vaziyet Raporu: Otomasyona bağlı bütün sensörlerin son halini belirten verilerin alınması (çalışma-arıza, o andaki ölçüm verileri gibi).
- Alarm Raporu: Alarm arıza halindeki tüm cihazların verilerinin alınması.
- Bakım Raporu: Otomasyona entegre cihazların fan, motor gibi ne kadar süre ile çalıştığının toplamını belirten verilerin alınması.
- Eğilim (trend) Raporu: Sıcaklık, nem gibi değerlerde belirli bir zaman dilimi içinde meydana gelen farklı durumları gösteren eğilim verilerinin alınması.
- Cihaz Olağan Durum Raporu: Cihaz durum verileri ile; bir cihazın hali hazırda hangi şartlarda bulunduğu kolayca anlaşılabilirdir (açık mı, kapalı mı, gece modu, yangın, arıza vb). Tüm rapor ekran ya da yazıcıdan alınabilir.

Kontrol:

- Anahtarlama komutunun verilmesi (aç-kapa).
- Limit değeri ayarlaması (20°C-60°C aralığında çalışma)
- Set değerlerinin değiştirilmesi (sıcaklık 40°C olduğunda dur)
- Herhangi bir başka programın başlatılması (Fan çalışırken rezistans da çalışsın)
- Rapor verilmesi (cihaz kaç saat çalıştı)
- Operatöre çıktı halinde bilgi aktarılması (çalışma raporları)
- Tepki istenen zaman, haftada 7 gün ve döngüsel olabileceği gibi, tatil günleri gibi yılın özel günlerinde farklı istekler atanabilir (Cumartesi ve Pazar hafta sonu çalışma)
- Birbiriyle çelişen programların farklı reaksiyonlarında, önem arz eden program öncelikli olarak kabul edilecektir. Örneğin; yangın alarmı durumunda, temiz hava ile havalandırma için programlanan, herhangi bir fan durdurulacaktır.
- Zamanlama üzerine oluşturulan bir program bir bölgedeki bütün sensörlere uygulanabilmeli ve farklı enerji denetim programlarına adapte olabilmelidir. Mesela, zamanlama, ölçülen dış ortam sıcaklığı ve iç ortam sıcaklığının aynı anda ölçülen değerlerine bağlı olarak bölgeyi denetleyen cihazların başlama ve durma zamanlarının farklılıklarını kontrol eden bir programı, kontrol edilen sistemin ihtiyaca uygun oluşturulan matematiksel modelinin uygulanmasına yönelik optimum başla-dur programıyla birleştirilebilir.

İşletimin Optimize Edilmesi:

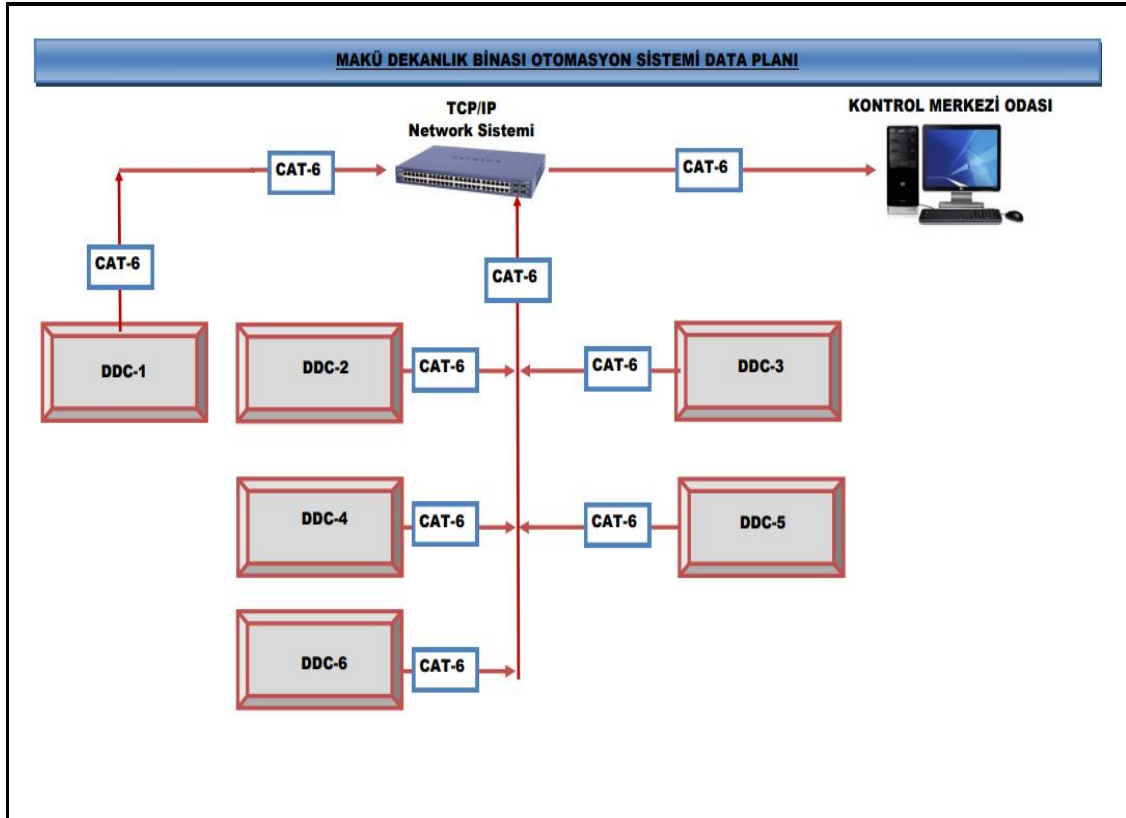
Örneğin; Kurutma hava sıcaklığı ve kurutma süresinin değişen değerlerine göre kontrol edilen gıda kurutma makinesinin çalışmaya başlama ve durma zamanlarının farklılıkları incelenmelidir. Otomasyonla takip edilen sistemin matematiksel modelinin doğru kurulduğundan emin olmak gereklidir. Ya da belirli parametrelerin ölçümü için cihaza dahil edilen duyar elemanların sayısı artırılabilir ve farklı parametreler ölçülebilir.

Yönetime Destek:

Açık / kapalı durumu gözlenen, anahtarlama yapılan ve bütün fanların, motorların ve diğer cihazların çalışma süreleri toplanabilir ve belirli periyotlarda bakımlarının yapılması için operatöre uyarılarda bulunulabilir. Cihazların aktif olduğu sürelerin toplanması ile önceden bakım programları hazırlanabilir. Cihazların ne kadar çalıştığı biliniirse, cihazların yedeklerinin devreye alınmasına da yardımcı olunacaktır. PLC otomasyon sayesinde, periyodik bakım rutinleri için gerekli işçi ve personel sayısı azalır. Periyodik bakımlar aksatılmadan yapıldığında (Örneğin; yağ değişimi, filtrelerin

temizlenmesi vb.) cihazların ömrü uzar ve diğer cihazların da verimlerinin devamlılığı sağlanabilir.

PLC ile denetim ve kontrolü yapılan tüm cihazlarda veya tesislerde daha önceden alınan tüm rapor ve arıza kayıtları ile meydana gelebilecek sonraki olası arızaların istatistiği tutularak zayıf noktalar belirlenir bu sayede sistemlerin durması engellenir. Şekil 2.17’de bir PLC otomasyon sistemi data planı verilmiştir.



Şekil 2.17. PLC Uygulama Data Planı (Makü Dekanlık Binasına ait PLC otomasyon şeması)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. MAKÜ Çiftliği (Burdur) Akçakatık Peyniri

MAKÜ Çiftliği, büyükbaş ve küçükbaş hayvan çiftliği olmak üzere iki ayrı çiftlikten meydana gelmiş ve 2015 yılında devreye alınmıştır. MAKÜ Çiftliği, 100 adet büyükbaş ve 300 adet küçükbaş hayvana ev sahipliği yapacak şekilde tasarlanmıştır. Tesiste, büyükbaş hayvan çiftliği sürü yönetimli 2*6 balık kılçığı sağım sistemi olarak, küçükbaş hayvan çiftliği ise sürü yönetimli 2*12 hızlı çıkış keçi sağım sistemi olarak tasarlanmıştır.

Büyükbaş ve küçükbaş hayvan çiftlikleri süt sağım teknolojisi günümüz teknolojisinin en gelişmiş modelidir. Büyükbaş hayvan çiftliği ISO/DIN standartlarına uygun olarak imal edilmiş olup, aynı anda 12 baş ineği, küçükbaş hayvan çiftliği ise, aynı anda 24 baş keçiyi sağabilecek kapasitededir. MAKÜ Çiftliği süt sağım tesislerinde, süt transfer üniteleri, süt sağım üniteleri ve süt hatları, yıkama üniteleri, vakum sistemi ve vakum hatları, PLC destekli sürü yönetim programı ile son teknoloji bir süt sağımhanesi bulunmaktadır.

MAKÜ Çiftliği Süt İşleme Tesisi:

MAKÜ Çiftliği içerisinde bulunan MAKÜ Süt İşleme tesisi, Süt İşleme Tesisi ve Ar-ge Laboratuvarı olmak üzere iki kısımdan meydana gelmektedir.

Süt İşleme Tesisinde günlük süt, homojenize yoğurt, süzme yoğurt, manda yoğurdu, pastörize manda sütü, manda kaymağı, inek kaymağı, ayran üretimi ve Ar-Ge çalışmaları yapılmaktadır. Geleneksel ürünler için de Ar-Ge çalışmaları yapılmaktadır. Birimin temel amaçları;

- TR61 Düzey 2 Bölgesi ve diğer illerde üretilen yöreye özgü süt temelli ürünlerin üretimi, saklanması ve piyasaya tanıtımı sırasında spesifik özelliklerinin korunmasını sağlayıcı özellikleri yenilemeye ve korumaya yönelik stratejik projeler üretmek.
- Firma mamullerinin ölçme giderlerinin düşürülmesi, yapılması zor olan ileri ölçüm işlerini yapacak teçhizatların sağlanması ve hizmetlerin verilmesi.
- Dizayn olanaklarının yaratılması ile bu çalışmaları gerçekleştirecek kalifiye insanların yetiştirilmesi.
- Bilinmeyen mamuller ortaya çıkarmak ve yeni projelerle süt üreticisine pahalı olarak sunulan yabancı menşeli ürünlerin yerini geçebilecek ve coğrafi işaret alabilecek yöreye özgü yapı, tat ve kokuya sahip pazar payı yüksek ürünler üretilmesini sağlamak.

- Üretim giderlerini düşürmek, gıda güvenliği ve raf ömrünü arttırmak için yeni politikalar geliştirerek özellikle işlem görmemiş sütte güvenliği sağlamak, süt işletmeleri ile laboratuvar koşullarını birleştirerek, sürdürülebilir ve yüksek kapasiteli boyutta üretim yapmak.
- Problemlere çözüm odaklı yaklaşmak, süt ve süt ürünlerinde sağlığı tehdit eden olguları tespit etmek ve meydana gelmeden engellemek.
- Üreticilerin ve süt işletmelerinin zarar etmelerinin önlenmesine yardımcı olmak, süttten kaynaklanabilecek hastalıklara sebep olabilecek mikroorganizmaları anında ve hızlı bir şekilde tespit edecek kitler üretilerek hem ülke ekonomisine katkıda bulunmak hem de ar-ge maliyeti düşük tanı kiti üretmek.
- Üreticilerden toplanan yöresel süt ürünlerindeki mikrobiyal çeşitliliği kültürel ve kültürel olmayan yöntemler ile belirlemek, coğrafi işaret tescili alabilecek yeni projeler geliştirmek, geleneksel süt ürünlerinin markalaşması ve pazarda yer edinmesi için çalışmalarda bulunmak.
- Akıllı saklama materyalleri üretmek.

Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı (BAKA) ve Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi arasında gerçekleştirilen GÜDÜMLÜ Proje Desteği kapsamında “Süt Teknolojileri Araştırma ve Geliştirme Merkezi” projesi ile tesisin kurulumu gerçekleştirilmiş ve 2020 yılı Eylül ayından itibaren faaliyet göstermeye başlamıştır.

Tesis hali hazırda saatte 3 ton kapasite ile çalışabilmektedir. Şu anda MAKÜ Çiftliğinde sağımı yapılan, 1.000 kg inek sütü ve 100 kg manda sütü ile çeşitli ürünler üretilmektedir. İşletmenin üretim üniteleri dikkate alındığında, günde; 2.000 kg pastörize süt, 3.000 kg beyaz peynir, 3.000 kg kaşar peyniri, 2.000 kg yoğurt, 1.000 kg süzme yoğurt, 1.500 kg ayran, 300 kg tereyağı, 500 kg manda yoğurdu, 50 kg manda kaymağı, 200 kg inek sütü kaymağı, 100 kg hoşmerim üretimi için sütün işlenebileceği makine donanımına sahiptir.

Bu tez ile birlikte tasarımı yapılan, peynir kurutma makinesi ile MAKÜ Çiftliği’nde üretilen peynirin hijyen koşullarında ve endüstriyel anlamda, geleneksel kurutmanın dışında, kurutulması gerçekleştirilmiş ve ürün gamına yeni bir değer kazandırılmaya çalışılmıştır.

MAKÜ süt işleme tesisi ana mahalleri ve bulunan ekipmanlar; süt kabul laboratuvarı, süt alım ve tartım teknesi, pastörize pişirme ünitesi, borulu pastörizatör, homojenizatör, yağın standardize edildiği separatör, balans (süt bekleme) tankları ve CIP (clean in place) tankları, peynir teknesi (altta cendere bezi üstte tek kullanımlık branda), ayran proses tankı,

evaporatör, yoğurt mayalama tankları, ayran ve süt dolum makineleri, kaşar peyniri bölümü ve kalıpları, kaşar proses tankı, salamura tankı, salamura tuz depolama alanlarından oluşmaktadır.

MAKÜ Çiftliği peynir üretimi ve salamura yapımı:

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi, beyaz peynir üretiminden önce tüm hatlar CIP (clean in place) sistemi ile temizlenmekte ve dezenfekte edilmektedir. Şekil 3.1’de görülen üretim alanı peynir teknesi, tekne kenarları, dış kısmı ve cendere bezi, 85°C suyla ve uygun kimyasallarla yıkanıp, dezenfekte edilmektedir.



Şekil 3.1. Peynir teknesi ile altta cendere bezi üstte tek kullanımlık branda

Görevli süt teknikeri, üretim alanında, tekneden, tek kullanımlık brandadan, cendere bezinden ve tekne kenarlarından, ıslak swap alımı ile anlık numuneler alır. Üstte tek kullanımlık branda, altta cendere bezi serilmiş tekneye pastörize edilmiş inek veya keçi sütü alınmaya başlanır.



Şekil 3.2. CIP (clean in place) tankları



Şekil 3.3. Süt dolum ve tartım teknesi

Sütün pH, SH ve yağ değerlerine bakmak amacıyla steril numune kabına numune alınır ve laboratuvara gönderilir. Gelen sütün pH 6,4-6,8 arasında olması istenir. Sütün asitliği; mayalama asitliğini, maya miktarını ve CaCl_2 miktarını etkiler. Laboratuvar sonuçları alındıktan sonra süt Şekil 3.4'teki pastörize hattından, Şekil 3.3'teki tekneye alınır.



Şekil 3.4. Süt pastörize pişirme ünitesi ve borulu pastörizatör



Şekil 3.5. Homojenizatör ve separatör

Şekil 3.5'te sütün Homojenizasyon işlemi ile; son üründe oluşabilecek yapı ve tat farklılıklarını ortadan kaldırmak, tamamen standart kalitede homojen bir ürün elde etmek amacı güdülmektedir. Tekneye yaklaşık 1.100 lt süt alınır. Daha sonra, pıhtının cendere bezine yapışmaması için ve PAS'ın kolay ayrılması için CaCl_2 ilave edilir.



Şekil 3.6. Sütün peynir teknesine gelişi, peynir enzimi ve kalsiyum ilavesi ile dalgalandırılması

Şekil 3.6’da görüldüğü gibi, süt tekneye bir miktar dolduktan sonra donmuş olarak muhafaza edilen starter kültürler aktifleştirilir, bu esnada süt tekneye dolmaya devam eder.

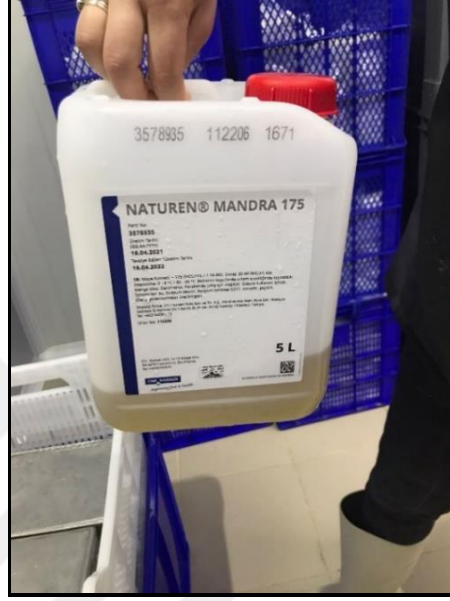
Ardından ön aktifleşmesi yapılan starter kültürler peynir sütüne ilave edilir. Maya kuvvet tayini yapılır. İlave edilen starter kültüre göre, maya miktarı, sütün asitliği, sütün miktarı, maya kuvveti değişir. Sütün asitliği ne kadar yüksekse maya miktarı düşer.



Şekil 3.7. Peynir kırımı ve kesimi

Şekil 3.7’de görüldüğü gibi, kırım zamanı gelen teleme, kırım teli ile kırılır. Telemenin oturması için 15-20 dakika beklenir. Cendere bezinin altında bulunan tek kullanımlık branda bezi çekildikten sonra, ilk bağlama yapılır ve peynir altı suyu tekneden uzaklaştırılır. Teleme karıştırma işlemi yapılır. İkinci bağlama yapılır.

Kırım teli ile kırılmadan önce süte Şekil 3.8’de görülen maya ile ilave yapılır ve ardından süte herhangi bir işlem yapılmaz. 60-80 dakika beklenir.



Şekil 3.8. Peynir mayası

Yan kalıplar bezin ön ve arka kısmına yerleştirilir ve baskıya alınır. Baskıda ortalama 2 saat bekletilir. Ardından açılan baskı altındaki peynirin pH kontrolü yapılır ve özel bıçaklar ve master yardımıyla peynir kesilir.

Peynir sıcaklığında ve peynire yakın pH değerinde Şekil 3.9’da görülen salamura verilir. Cendere bezi altından çekilir ve yaklaşık 3 saat boyunca peynir salamurada kalır. 3 saatin sonunda dinlendirilmek üzere kaselere alınır ve peynirden kimyasal, mikrobiyolojik analizler için numune alınır.



Şekil 3.9. Peynir salamura tuzu ve parti ve seri numarası basılan soğuk hava deposunda bekleyen peynirler

Bir gece oda sıcaklığında dinlendirilir, ertesi gün dolum salamurası ayarlanarak, kaseler gramajlanır ve kapatılır. Tarih ve parti numarası basılan peynirler soğuk hava deposunda dinlenmeye bırakılır. Tüketilmeye hazır hale geldiğinde parti numarasına göre sevkiyata gönderilir.

Salamura Yapımı:

Salamura üretimi için CIP'e bağlı tank yıkanır. Ardından sıfır sertliğindeki, su tanka alınır, tuz ilavesi yapılır, karıştırılır, bome (sıfır yoğunluk) kontrolü yapıldıktan sonra ısıtma ünitesi açılır ve pastörize edilir. Pastörizasyonun ardından oda sıcaklığına soğutulur. Peynir hattına verilmeden önce pH ve bome kontrolleri tekrarlanır.

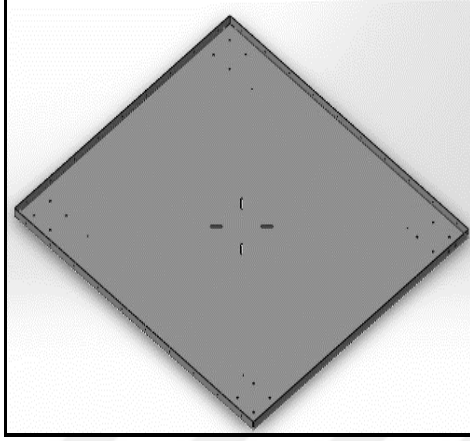
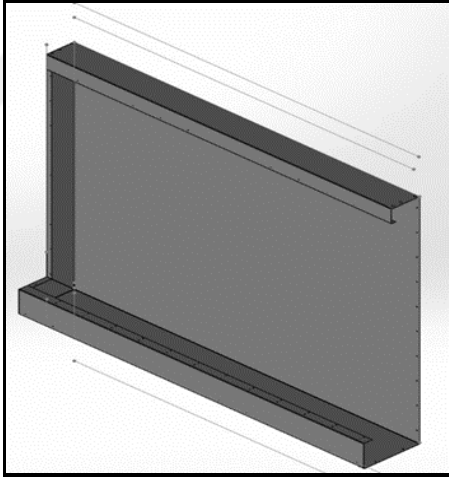
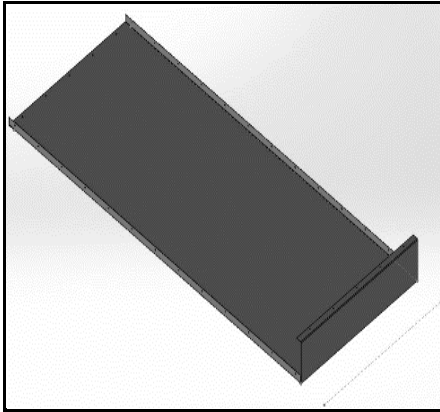
3.2. Peynir Kurutma Makinesi Tasarımı

MAKÜ Çiftliği Akçakatık peynirinin kurutulması için peynir ve gıda kurutma yöntemlerinin araştırılması sonucunda en uygun kurutma yöntemi olarak kabin tipi tepsili kurutma yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir.

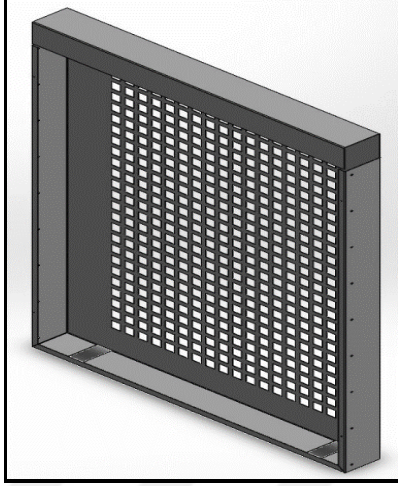
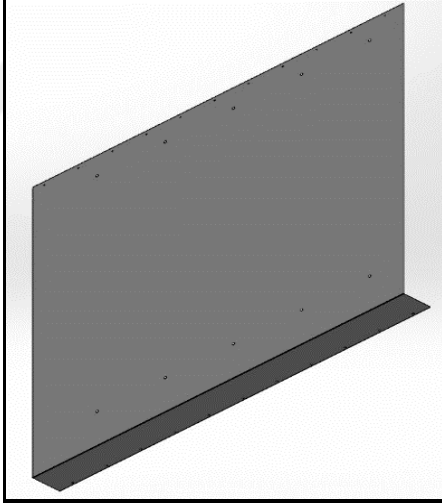
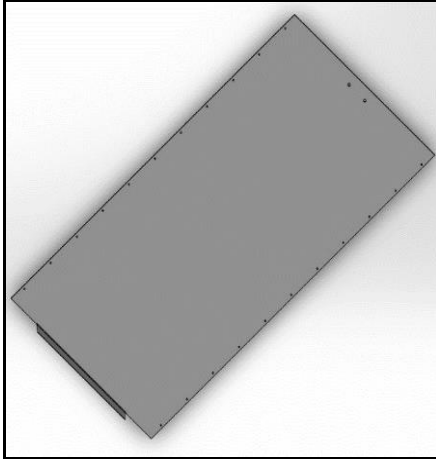
Peynir kurutma makinesi imalatını gerçekleştirmek adına ilk olarak tasarım aşamasında parça listeleri çıkarılmış ve Tablo 3.1'de görüldüğü gibi, solidworks programı kullanılarak makinenin tüm parçalarının çizimleri yapılmıştır.

Ekler kısmında peynir kurutma makinesi gövde elemanlarının detay teknik resimleri verilmiştir.

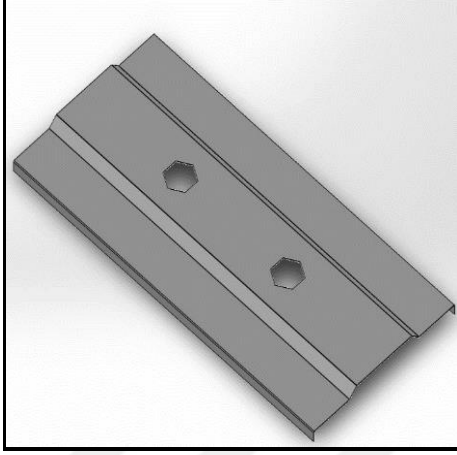
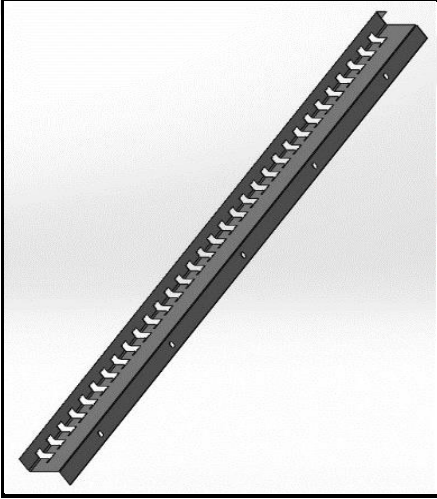
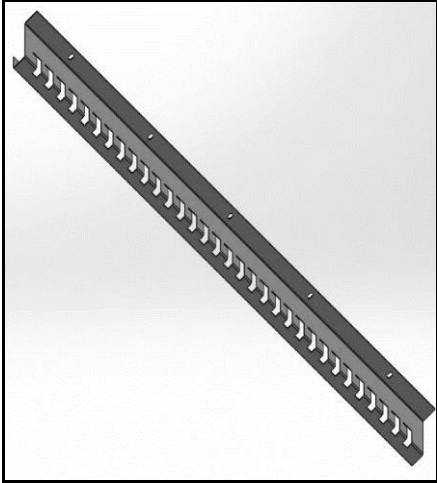
Tablo 3.1. Peynir kurutma makinesi gövde elemanları

Sıra	Malzeme Adı
1	Taban sacı 
2	Dolap dış sağ 
3	Arka sac 

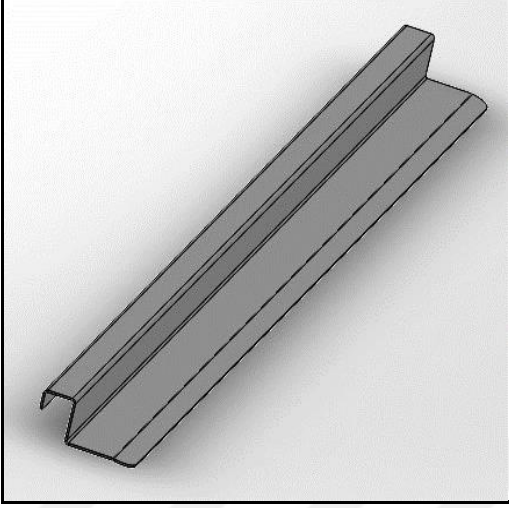
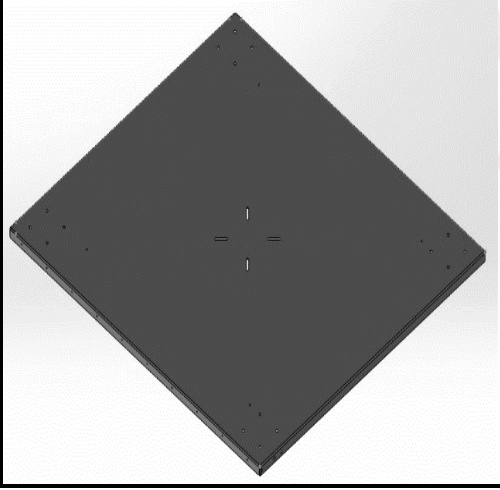
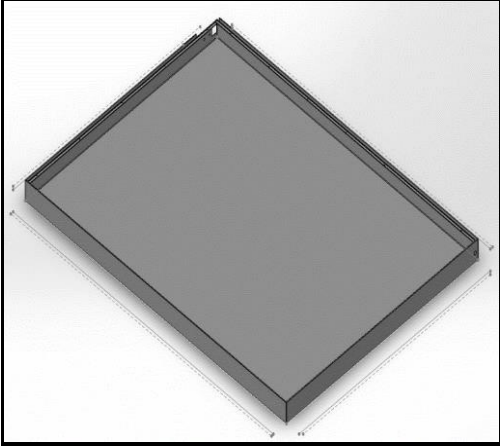
Tablo 3.1. Peynir kurutma makinesi gövde elemanları (devam)

Sıra	Malzeme Adı
4	Taban iç sacı 
5	Dolap iç sacı 
6	Arka iç sac 

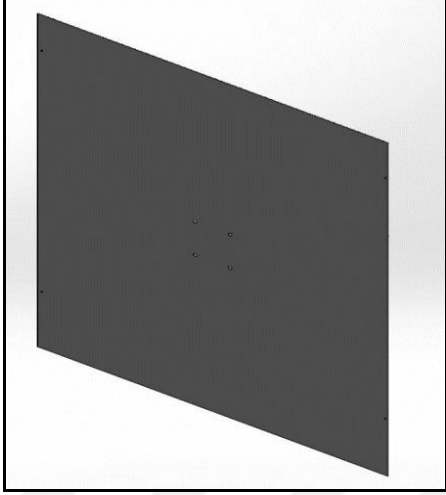
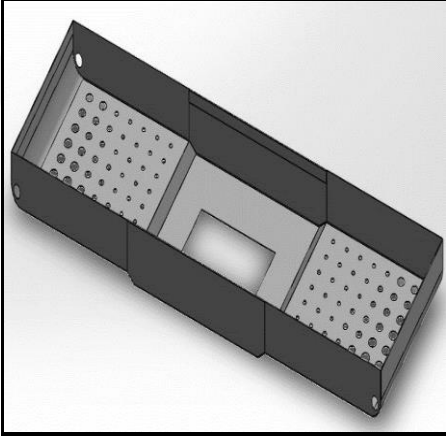
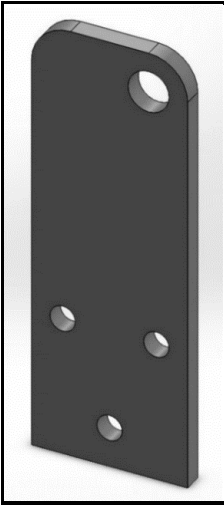
Tablo 3.1. Peynir kurutma makinesi gövde elemanları (devam)

Sıra	Malzeme Adı
7	Kabin arka sac 1 
8	Raf bağlantı sacı 1 
9	Raf bağlantı sacı 2 

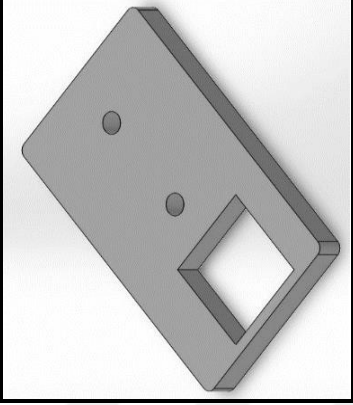
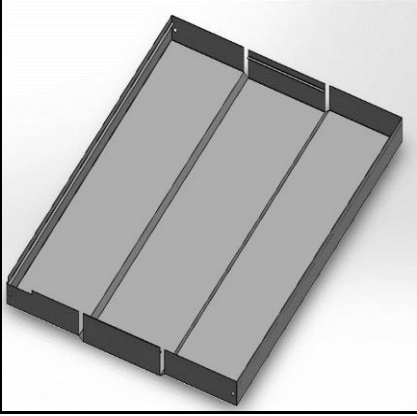
Tablo 3.1. Peynir kurutma makinesi gövde elemanları (devam)

Sıra	Malzeme Adı
10	Tava rafı 
11	Tavan sacı 
12	Ön kapak 

Tablo 3.1. Peynir kurutma makinesi gövde elemanları (devam)

Sıra	Malzeme Adı
13	Kapı iç sacı 
14	Üst ön kapak 
15	Kapı alt menteşe 

Tablo 3.1. Peynir kurutma makinesi gövde elemanları (devam)

Sıra	Malzeme Adı
16	Kapı ara menteşe 
17	Taban kenar flanş 
18	Sağ yön kapı menteşe takımı
19	Mobilya ayağı tekerlekli
20	Kulp
21	Köşeli fırın ince rezistans tutturma parçası
22	3*0,75*1,20m kare fırın fişli kablo
23	Kablo grubu
24	Kablo kelepçesi
25	Köşeli fırın fan anahtarı
26	Lamba duy seti
27	M 4,2*9,5 YSB sac vida
28	M 3,9*13 YSB vida
29	M 4*6 RYSB vida
30	M 4,2*16 RYSB sac vida
31	M 3,9*13 YSB matkap uçlu vida
32	M 4,5*17 RYSB plastik vida
33	İzocam (3+3) 6 cm çatı şiltesi
34	Gri tex boya

Peynir kurutma makinesini oluşturan tüm sac parçalar 1.5 mm kalınlığında galvanizli sac kullanılarak imal edilmiş olup, içerisine yerleştirilen 6 adet tepsi imalatı 1 mm. paslanmaz çelik sac (AISI 304 kalite krom sac)’dan yapılmıştır.

Tablo 3.2. Peynir kurutma makinesi ısıtıcı ve PLC ekipmanları

Sıra	Malzeme Adı	Birimi
1	2000 watt M tipi serpantinli rezistans	Adet
2	Alüminyum gövdeli salyangoz fan	Adet
3	Alüminyum gövdeli salyangoz fan flanşı ve izolasyonu	Adet
4	Zaman saati (Timer)	Adet
5	Fırın Termostatu	Adet
6	PLC Ar2-A-230Vac-12D2A Akıllı röle	Adet
7	Gm-Ht-01 sıcaklık, nem sensörü ve ara yüz ekipmanları	Adet

Tablo 3.2’de görüldüğü gibi, ısıtıcı eleman olarak 2000 watt gücünde M tipi serpantinli rezistans kullanılmıştır. Kabin tipi tepsili peynir kurutma makinesinde dışarıdan taze hava beslemesini yapacak ve kabin içinde oluşan buharı uzaklaştıracak toplamda 2 adet olmak üzere alüminyum gövdeli salyangoz fan kullanılmıştır. Kurutma makinesi parametrelerini limitleyecek ve limit değerlerini değiştirecek PLC ekipmanları kullanılmıştır. Makineyi açma-kapama, hava sıcaklığı ve hava hızı okuma, set değeri atama işlemleri PLC ile gerçekleştirilecektir. Makinede timer (zaman saati) bulunacak ve işlem süreleri ölçülebilecektir.

Rezistans seçimi:

WT: Isıtılacak ya da kurutulacak materyalin ağırlığı (kg)

Cp: Isıtılacak ya da kurutulacak materyalin özgül ısısı (BTU/kg°K) (Peynir için, Tablo 3.3’den alınmıştır)

ΔT : Sıcaklık artışı (°K)

3412: Dönüşüm Faktörü (BTU/kWh)

h: Isıtma ya da kurutma zamanı (h)

$$kW = (WT * Cp * \Delta T) / 3412 * h \quad (3.1)$$

$$WT = 500 \text{ gr peynir} * 20 \text{ adet} * 6 \text{ tepsi} = 60000 \text{ gr} = 60 \text{ kg} \quad (3.2)$$

$$Cp = 3,27 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K} = 3,09 \text{ BTU/kg}^\circ\text{K} \quad (3.3)$$

$$\Delta T = 50 - 20 \text{ }^{\circ}\text{C} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C} = 303,15 \text{ }^{\circ}\text{K} \quad (3.4)$$

$$h = 9 \text{ saat (kurutma süresi)} \quad (3.5)$$

$$\begin{aligned} kW &= (60 * 3,09 * 303,15) / (3412 * 9) \\ &= 1,830 \text{ kW} \end{aligned} \quad (3.6)$$

Rezistans 2 kW kapasitede seçilmiştir. M tipi serpantinli rezistans kullanılmıştır. Şekil 3.10'da seçilen M tipi rezistans görülmektedir.

Tablo 3.3. Süt ürünleri için ortalama özgül ısı kapasiteleri (Josijevic vd., 2020)

<u>Süt Ürünleri</u>	<u>Özgül ısı kapasitesi [kJ/kgK]</u>
Tam yağlı süt	3.914
Yağsız süt	3.970
Yoğurt	3.5
Peynir	3.27
Krema	3.51-3.56
Kesilmiş (ekşitilmiş) süt	3.5
Lor peyniri	3.5



Şekil 3.10. Kabin tipi tepsili peynir kurutma makinesi serpantinli rezistansı

Fan Seçimi:

Peynir kurutma makinesinde 2 (iki) adet alüminyum gövdeli salyangoz tip radyal fan kullanılmıştır. Fanlardan biri kurutma makinesine ısıtılacak havayı beslemek için diğeri ise buhara doymuş nemli havayı kurutma makinesinden uzaklaştırmak için kullanılmıştır.

$V_{min} = 0.5 \text{ m/s}$ - $V_{max} = 2 \text{ m/s}$ hızlarını verebilecek şekilde fan motorları seçilmiştir. Fanlar BVN Marka fan kataloğundan BDRAS model olarak seçilmiştir.

Şekil 3.11’de seçilen fan modeli görülmektedir. BDRAS 120-60, 85W, 290m³/h hava debisinde, tek faz 220 volt, alüminyum gövdeli, öne eğik kanat yapısında, salyangoz radyal fan seçilmiştir. Döküm alüminyum materyalden imal edilmiş olan fan gövdesi, paslanmalara ve korozyona karşı dirençli yapıdadır. Fan çarkı ise öne eğimli şekilde tasarlanmış olup, galvanizli sacdan üretilmiştir. Aerodinamik yapısı sayesinde düzenli akış sağlar ve optimum ses seviyelerinde çalışır. Hem aspirasyon hem de vantilasyon yapabilme özelliği sayesinde kabin tipi tepsili kurutma makinesinde, ısıtılmış havayı kabin içerisinde homojen olarak dağıtabilmekte ve içeride biriken nemli havanın kurutma işlemi süresini uzatmaması bakımından dışarı atmaktadır. Tablo 3.4’de seçilen fan ile ilgili teknik veriler görülmektedir.

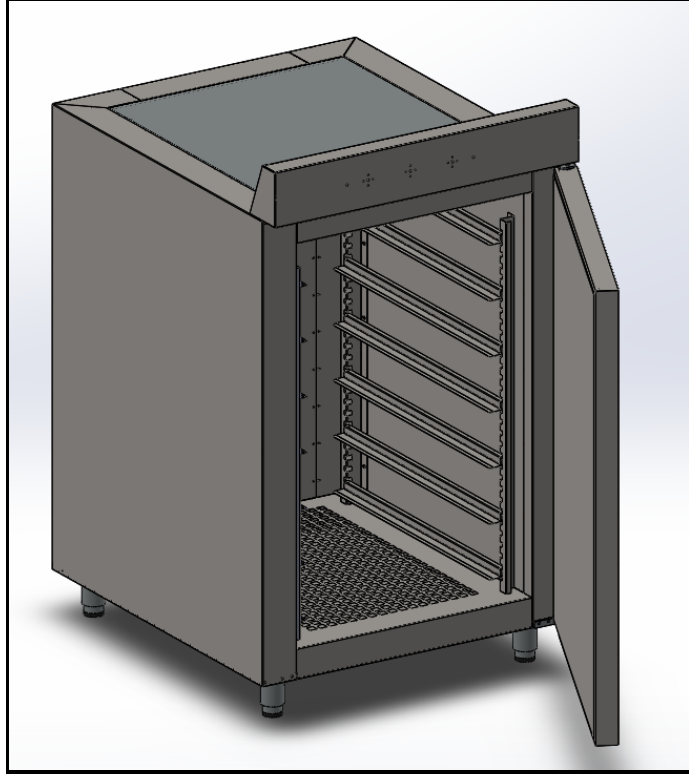


Şekil 3.11. Kabin tipi tepsili kurutma makinesi vantilatör fanı (kabin üst fanı) ve aspiratör fanı (kabin alt fanı)

Tablo 3.4. BVN Marka BDRAS Model fan teknik özellikleri (URL-2)

TİP	VOLTAJ V	FREKANS Hz	GÜÇ W	AKIM (A)	KONDANSATÖR (µf)	DEVİR r.p.m	DEBİ m³/h	SES SEVİYESİ dB(A)	YALITIM SINIFI Ins.cl.	KORUMA SINIFI IP
BDRAS 85-40	230	50	30	0.13	1	2500	90	40	B	44
BDRAS 108-50	230	50	40	0.19	1,5	1900	155	42	B	44
BDRAS 120-60	230	50	85	0.38	2,5	2400	290	45	B	44
BDRAS 140-60	230	50	138	0.61	4	2300	485	47	B	44
BDRAS 160-60	230	50	200	0.88	6	2250	600	50	B	44

Şekil 3.12’de tasarımı ve imalatı tamamlanmış olan kabin tipi tepsili kurutma makinesinin bitmiş hali görülmektedir.



Şekil 3.12. Kabin tipi tepsili kurutma makinesi tasarımının montajlı hali

3.3. Peynir Kurutma Makinesi İmalatı

Kabin tipi tepsili kurutma makinesi gövdesini oluşturan tüm parçalar 1.5 mm galvaniz sac plakalardan, Şekil 3.13’de görülen CNC plazma kesim makinesinde kesilerek istenilen boyutlara getirilmiştir.



Şekil 3.13. CNC Plazma sac kesim makinesi

Kabin gövdesini oluşturan ve kesilmiş olan parçalar, Şekil 3.14’de görülen abkant pres tezgahında, teknik resim detaylarına göre bükülmüştür.



Şekil 3.14. Abkant sac pres makinesi

Kabin gövdesini oluşturan tüm parçalar havalı vidalama yardımıyla birleştirilmiştir. Havalı vidalama matkabıyla birleştirme yapılmasının temel nedeni herhangi bir arıza meydana gelmesi durumunda kabin parçalarının kolayca sökülüp takılabilesini sağlamaktır.

Kabin tipi tepsili peynir kurutma makinesinin ayakları kolayca yerini değiştirebilmek için tekerlekli olarak imal edilmiş ve tekerleklerin gövdeye kaynakla montajı yapılmıştır.

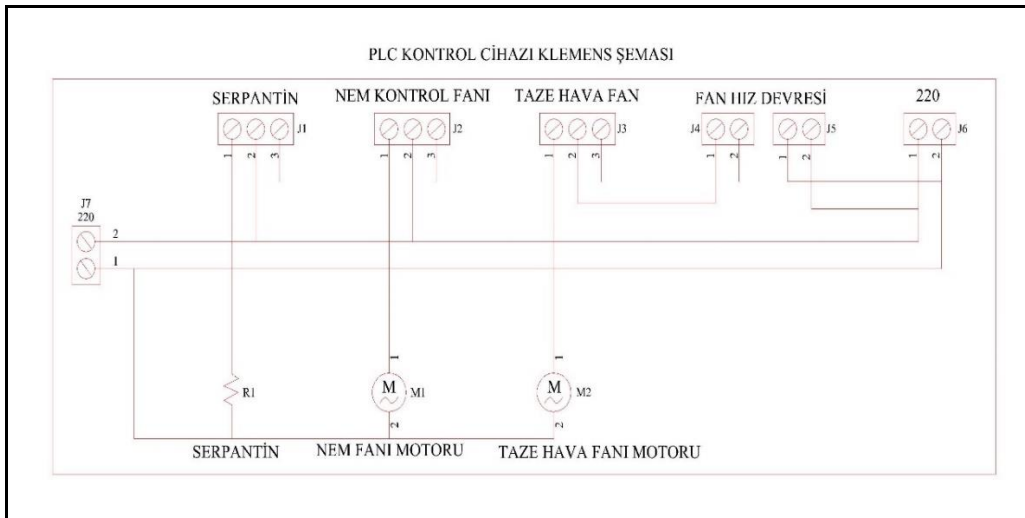
Tüm imalatlar Burdur Organize Sanayi Bölgesi’nde faaliyet gösteren Güven Hidrolik Firması’nda yapılmıştır.

3.4. Peynir Kurutma Makinesi Otomasyonu

Peynir kurutma makinesine, kurutma parametrelerini önceden belirlemek suretiyle ve en iyi kurutma performansını farklı kombinasyonlar deneyerek bulabilmek için, otomasyon sistemi tasarlanmış ve entegre edilmiştir. Otomasyon sisteminde kullanılan parametre sensörleri sıcaklık, nem ve hava hızı ölçme sensörleridir. Otomasyon kurgusu makinede peynir kurutma temeli üzerine senaryo edilmiştir. Peynir kurutma için yapılan çalışmalarda genel olarak yüksek sıcaklıklara maruz kalan ürünlerde istenmeyen renk değişimi, tat ve kokudaki olumsuzluklar nedeni ile daha düşük sıcaklıklarda hava sirkülasyonlu kurutmanın en uygun çözüm olacağı tespit edilmiştir. Buna göre peynir için

en ideal parametreler, kurutma sıcaklık aralığı 20-50°C, nem aralığı %60-%20, hava hızı da 1—1,5 m/s değerlerinde çalışacak şekilde dizayn edilmiştir.

Otomasyon çalışma senaryosu; sıcaklık ve nem sensöründen okunan ortam değerleri cihaz çalıştırıldığında panelden okunur. Ortam değerleri ile kasıt kabin içi değerlerdir. Kabin içi tepsiler kurutulacak peynirler ile doldurulduğunda sıcaklık ve nem değerleri bir süre beklendikten sonra tekrar okunur. Kabin içine mamul yüklemesi yapıldıktan sonra, kabin içinde okunan değerler değişmektedir. Sıcaklık değeri düşmekte, nem değeri yükselmektedir. Ortam sıcaklığı 20°C ve nem değeri %45 olduğunda, otomasyon paneli üzerinden istenilen set değerleri belirlenir. Set değerlerimiz MAKÜ Akçakatık peyniri için 25°C, %20 nem ve 1,5 m/s hava hızı değerleridir. Set değerleri ortam değerlerinden farklı olduğu için peynir kurutma makinesi devreye girer. Set değerleri sağlanana kadar makine çalışır. Peynir kurutma makinesi istenilen sıcaklık set değerine gelene kadar taze hava fanı, nem atma fanı ve ısıtıcı elemanlarını çalıştırır. Sıcaklık set değeri yakalandığı zaman rezistans devre dışı kalır ve kurutma işlemi durur. Bu sırada taze hava fanı ve nem atma fanı kabin içindeki havayı sirküle etmeye devam eder. Sıcaklık set değerinin altına indiğinde ise rezistans tekrar devreye girerek, kurutma işlemine devam eder. Nem set değerinin yakalanması demek peynirlerin kurumuş olduğu anlamına geleceği için tüm sistem durur ve devre dışı kalır. Nem sensörü kabin içi nemi ölçtüğünden peynirlerin merkez nemi değeri kabin içi nemden daha yüksektir bu sebeple peynirler kabin dışına alınarak yoğurulur ve tekrar kabine yüklenerek kurutma işlemine devam edilir. Şekil 3.15’de klemens dizaynı görülmektedir.



Şekil 3.15. Peynir kurutma makinesi PLC kontrol cihazı klemens dizaynı

Şekil 3.16’da tasarımı ve imalatı yapılan kabin tipi tepsili kurutma makinesinin PLC kontrol paneli görülmektedir. PLC kontrol paneli üzerinde, sıcaklık kontrol ile nem kontrol düğmeleri yer almaktadır. Ayrıca sistemi istenilen zamanda sıfırlamak ve yeniden başlatmak için de reset düğmesi yerleştirilmiştir. PLC kontrol panelinden, ilk çalıştırmada ortam (kabin içi) sıcaklık ve nem değerleri okunur, kurutulmasını istediğimiz Akçakatık peyniri ideal sıcaklık ve nem değerleri panelden girilerek kurutma işlemi başlatılır.



Şekil 3.16. Peynir kurutma makinesi PLC kontrol paneli

Kabin içi nem ve sıcaklık değerlerini ölçebilmek için kabin içine yerleştirilen sıcaklık ve nem sensörü Şekil 3.17’de görülmektedir. Bu sayede öncelikle kabin içi değerler ölçülür. Kabin içi değerler panelden okunur ve kurutulmak istenen ürünler kabin içine tepsiler vasıtasıyla yerleştirilir. Panelden ilk okunan ortam değerleri, %55 nem ve 25°C iken, kabin içine konulan nem bakımından zengin kurutma ürünleri kabin içindeki sıcaklığı bir miktar düşürmekte ve nem değerini de bir miktar arttırmaktadır. Panel üzerinden kuruyacak üründe istenilen nem değeri girilir ve kurutmanın başlaması yani ısıtıcı ve fanların çalışması için, sıcaklık değeri yükseltilir. İstenilen değerlere ulaşana kadar makine çalışmaktadır.



Şekil 3.17. Peynir kurutma makinesi kabin içi sıcaklık ve nem sensörü

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. MAKÜ Çiftliği Peyniri Kurutma Deneyi

Akçakatık Peyniri Üretimi

Taze çiğ süt bir tanka alınarak, 90°C’de 20 dakika pastörize edilmiş ve mayalama sıcaklığı olan 45°C’ye soğutulularak yoğurt kültürlerinin ilavesi gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 3 saat süren inkübasyon sonrasında, pH 4.7 düzeyine ulaştığında yoğurt haline gelen örnekler soğuk hava deposuna alınarak 1 gece dinlendirilmiştir. Ertesi gün, temiz süzme bezine aktarılacak önce kendi halinde 2 saat, daha sonra da üzerine ağırlık vasıtasıyla baskı yapılarak 2 gün yoğurdun süzülmesi sağlanmış ve kuru maddesi artırılmıştır. Süzme bezinden alınan kuru maddesi artırılmış ürüne %1 oranında tuz, her birimden 3 g/10 kg arasında olacak şekilde karanfil ve çörekotu ilave edilerek, elle 400 g olacak şekilde yuvarlak şekil verilerek kurutmaya hazır hale getirilmiştir.

Peynir Analizleri

İstatistiksel Analizler: Araştırma sonuçları tekrarlı ölçümler ve tek yönlü varyans analizi Minitab 22.0 istatistik programı kullanılarak incelenmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda istatistiksel olarak önemli bulunan özelliklerin ikili karşılaştırmaları TUKEY çoklu karşılaştırma testi ile yapılmıştır. Önemlilik düzeyi $P < 0,05$ olarak kabul edilmiştir.

Titrasyon Asitliği Tayini

Peynir numunesinden hassas terazide 10 g tartılıp, 150 ml hacimli behere konulmuştur. İşleme müteakip, üzerine, daha önceden 10 dk. kaynatılıp soğutulmuş 40°C’deki, saf sudan ilave edilmiş ve cam bagetle numunenin ezilmiştir. Numune, kaba filtre kağıdından süzölmüş, 25 ml hacminde, serum örneği alınmış ve örnek üzerine birkaç damla fenol fitalein indikatörü damlatılarak, 0.1 N NaOH çözeltisi ile titre edilmiştir. Titrasyon sonucunda büretten harcanan miktara göre % laktik asit değeri tespit edilmiştir (Anonymous, 2000a).

Kuru Madde Tayini

Önceden etüvde kurutularak hazırlanmış ve tartısı alınan kurutma kabı içerisine, 5 g peynir numunesi alınmış ve etüvde, 105°C’de ağırlığı sabitlenene kadar bekletilmiştir. Yapılan bu işlemin sonucunda % kuru madde miktarı tespit edilmiştir (Anonim, 1983).

Yağ Tayini

Gerber peynir bütirometresinin kadehçik kısmına tartılan, 3g peynir numunesi alınmış ve üzerine 10 ml $d=1.55$ H₂SO₄ damlatılarak 70°C’lik su banyosunda numuneler erimesi sağlanmıştır. Sonrasında numune üzerine önce 1 ml amil alkol, sonra bütirometrenin

35 ayırıcısına kadar $d=1,55$ H_2SO_4 ilave edilmiş ve bütirometrenin ağzı lastik tıpayla kapatılıp 10 dk. santrifüj edilmiştir. Santrifüjleme işleminden sonra, bütirometre skalasından % g olarak yağ miktarı okunmuştur. Kuru maddede % yağ oranı, örneklerin yağ ve kuru madde yüzdelerinin oranlanmasıyla bulunmuştur.

Tuz Tayini

Ortalama 5g peynir numunesi saf su ile havanda dövülerek, sadece sulu kısmı, 500 ml'lik balona alınıp saf su eklenerek uygun ölçüye tamamlanmıştır. Kaba filtre kağıdından süzülerek, süzüntüden 25 ml alınmış ve üzerine 0.5 ml K_2CrO_4 (potasyum kromat) indikatörü ilave edilmiş 0.1 N $AgNO_3$ (gümüş nitrat) ile kalıcı kiremit kırmızısı renk elde edilinceye kadar titre edilmiştir. Harcanan gümüş nitrat miktarına göre % tuz tespit edilmiştir (Anonymous, 2000b). Kuru maddede % tuz oranı, örneklerin tuz ve kuru madde yüzdelerinin oranlanmasıyla bulunmuştur.

4.2. MAKÜ Çiftliği Peyniri Kurutma Deneyi Sonuçları

Akçakatık peyniri, süzme yoğurdun karanfil, tuz ve çörekotu ilavesinden sonra kuzu/oğlak derisi olarak bilinen Karın içerisinde, serin ve gölge bir yerde kendi halinde kurutulması ile oluşan bir peynir çeşididir (Şimsek ve Gün, 2009). Yoğurt pıhtısından suyun uzaklaşması zaman aldığından, ürün hafif ekşi bir tada sahiptir. Sütün yağının alınması veya yağı alınmadan ürüne işlenmesi durumuna göre de besin değeri değişmektedir. Bu çalışmada, yörede geleneksel kurutma teknikleri ile karın içerisinde kurutularak üretilen Akçakatık peynirinin, geliştirmiş olduğumuz fırında, endüstriyel kurutma tekniği ile kurutulmasının ürün üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, kurutma sıcaklığı, yaz aylarında yaylalarda ölçülen $25^{\circ}C$ tercih edilmiştir. Akçakatık peynirinin nem kaybı sonucu ürün özelliklerinde oluşan değişim Tablo 4.1.'de verilmiştir.

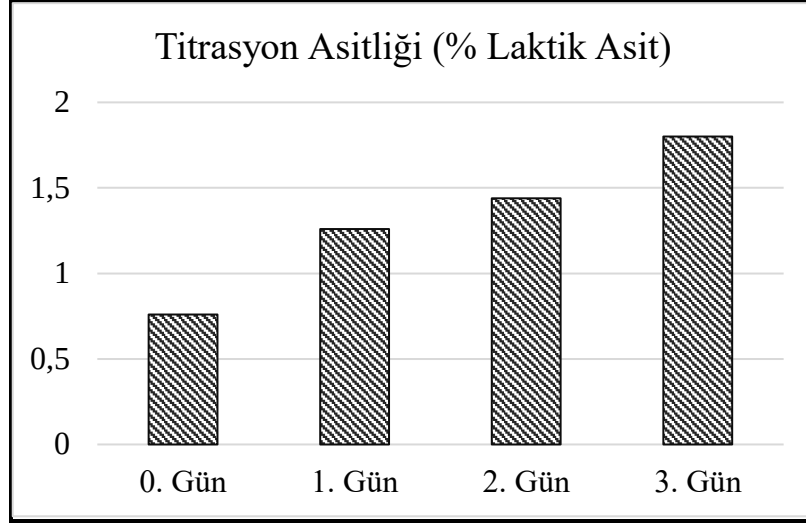
Tablo 4.1. Akçakatık Peynirinde kuruma esnasında meydana gelen değişim

Örnek	Titrasyon Asitliği (%laktik asit)	Toplam Kuru madde (%)	Yağ (%)	KM'de de %Yağ	Tuz (%)	KM'de de %Tuz
0. Gün	0.76±0.03 ^d	34.44±0.6 ^d	18.00±0.01 ^b	52.26±0.8 ^a	1.30±0.11 ^c	3.77±0.15 ^a
1. Gün	1.26±0.04 ^c	45.68±0.8 ^c	18.00±0.02 ^b	39.40±0.5 ^b	1.40±0.08 ^b	3.06±0.03 ^b
2. Gün	1.44±0.03 ^b	57.51±0.5 ^b	18.50±0.03 ^b	32.16±0.4 ^c	1.45±0.07 ^a	2.52±0.06 ^c
3. Gün	1.80±0.06 ^a	62.55±1.1 ^a	19.50±0.02 ^a	31.17±0.2 ^d	1.45±0.05 ^a	2.32±0.04 ^d

^{a b c d} üst indisleri farklı günlerde örnekler arasındaki farkı ifade eden istatistiksel analizlerdir (P<0.05)

0. gün peynir üretiminin ilk yapıldığı gündür. Kurutma işlemi 1. Gün yapılmıştır.

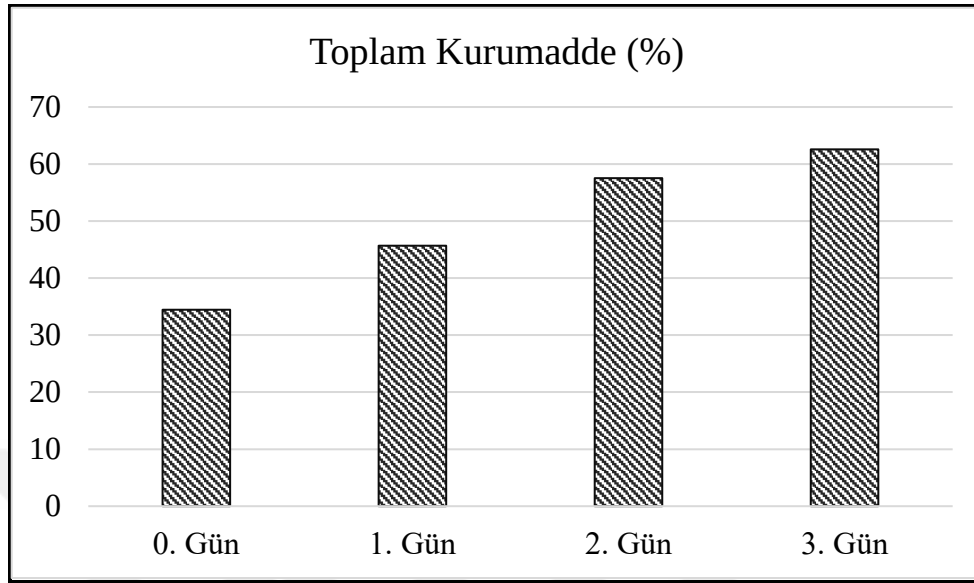
Örneklerin titrasyon asitliğine bakıldığında, ürünün oda sıcaklığına yakın bir değerde kurutulması asitlik gelişiminin de devam etmesine neden olmuştur. Bu durum, ürün özelliği açısından beklenmektedir. Çünkü ürün yapımında kullanılan yoğurt bakterileri (*Lactobacillus bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*) faaliyetlerini sürdürmeye devam ederek, süt şekeri olan laktozdan laktik asit yani süt asiti üretmeye devam etmektedir. Bu nedenle de Akçakatık peyniri hafif ekşimsi bir aromaya sahiptir. Şekil 4.1’de de görüleceği gibi, ürün laktik asit değeri 3 gün süresince düzenli bir artış göstermiş ve günler arası asitlik gelişimi istatistiksel olarak önem arz etmektedir (P<0.05). Yapılan bir çalışmada üretilen Akçakatık peynirlerinin titrasyon asitliği değerleri %1,5-2,96 laktik asit düzeyinde belirlenmiştir (Şimşek ve Tuncer, 2018). Farklı starter kültür kullanımının Akçakatık peyniri üzerine etkisi için, karın içinde olgunlaştırılan peynirin titrasyon asitliğini 1. günde %1,04 düzeyinden 90 gün sonra %1,11 değerine yükseldiğini belirlemiştir (Albayrak, 2018). Ancak bu çalışmada, peynirler +4°C’de depolandığından, asitlik gelişiminin yavaş olduğu gözlenmiştir. Burdur köylerinden toplanan 3 ay olgunlaştırılmış Akçakatık peynirinin titrasyon asitliği %1,36-2,95 laktik asit arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Kırdar vd., 2017).



Şekil 4.1. Akçakatık Peynirinin Titrasyon Asitliği Değerleri

Geleneksel yöntemle peynir kurutulması Akçakatık peynirinde serin ve gölge bir yerde karın içerisinde gerçekleştirilirken, yine yoğurdun kurutulmasıyla elde edilen kurut peyniri bez torba içerisinde, küçük yuvarlak beze hamuru şeklinde hava akımının olduğu serin bir yerde bekletilmektedir. Bu çalışmada elde edilen peynirler hava hızı 1,5 m/s ve sıcaklığı 25°C olan fırında 3 saat süreyle kurutulup, işlem 3 gün sürdüğünden kuru madde değerinde önemli bir artış gözlenmiştir. Başka bir ifade ile Şekil 4.2’de de görüleceği üzere, uygulanan işlem aşamalarında peynir bünyesinden hızlı bir şekilde suyunu kaybederek, %34,44’den %62,55 kuru maddeye ulaştığı gözlenmiştir. Peynirin üretildiği ilk günden itibaren örneklerdeki kuru madde artışı, geliştirilen cihazın önemli bir şekilde kurutmayı hızlandığını göstermektedir. Örneklerde kuruma sırasında gözlenen kuru madde artışının istatistiksel olarak önem arz ettiği görülmektedir ($P<0.05$). Akçakatık peyniri üzerine yapılan bir çalışmada, peynir kuru madde içeriğinin taze Akçakatık peynirlerinde %62,66-77,55, olgunlaştırılmış Akçakatık peynirlerinde ise %61,68- 82,63 arasında değiştiği saptanmıştır (Şimşek ve Tuncer, 2018). Burdur piyasadan temin edilen ve belirli bir olgunlaşma aşaması geçirmiş Akçakatık peyniri üzerine yapılan bir başka çalışmada kuru madde içeriği %79,71 olarak saptanmıştır (Kırdar vd., 2017; Albayrak., 2018) tarafından yapılan bir başka çalışmada, Akçakatık peynirlerinin 90 gün süren olgunlaşma sürecinde kuru madde içerikleri %43,52-84,67 arasında değişim göstermiştir. Literatür bilgilerinden de anlaşılacağı üzere, çalışmada elde edilen örneklerin kuru madde değerleri en az 2-3 ay olgunlaşma geçiren peynirlerinkine oldukça yakın bir düzeydedir. Bu nedenle üründen hızlı

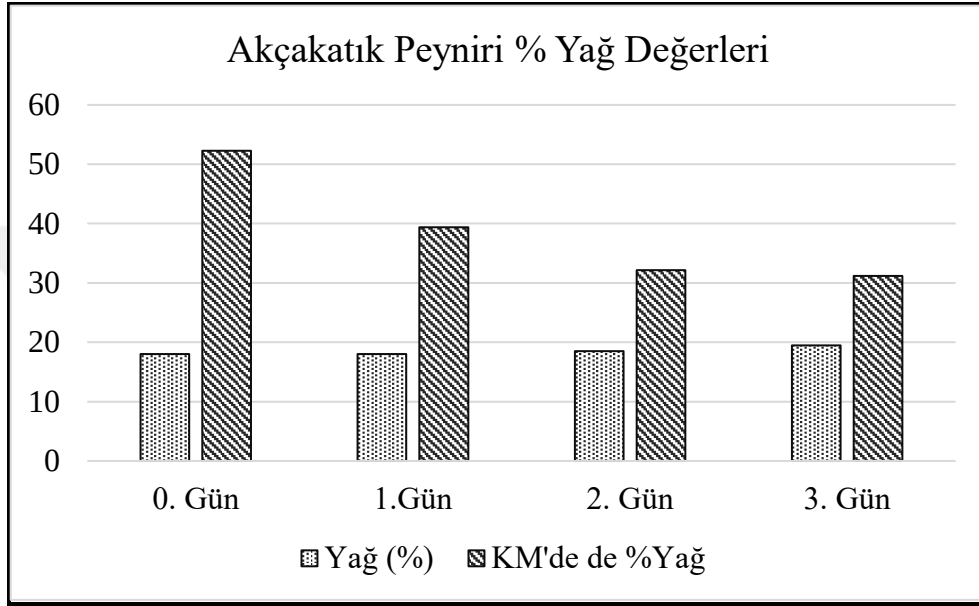
nem kaybının olduğu ve kuru madde değerlerinin arzu edilen düzeye kısa sürede ulaştığı söylenebilir.



şekil 4.2. Akçakatık Peynirinin Kuru madde Değerleri

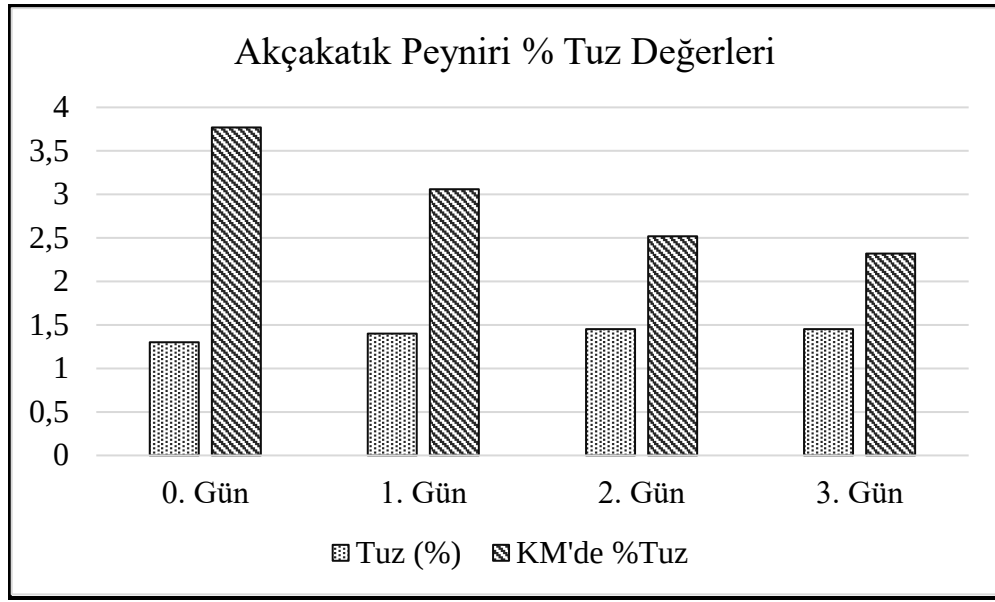
Peynir teknolojisinde, ürünün içerdiği yağ miktarı önemli bir parametredir. Süt yağı, sadece lezzet açısından değil, tekstürel yapı açısından da ürün kalitesini etkiler. Ayrıca  r n yağ içeriği ambalaj materyaline de bağlıdır. Deri ve karın gibi gözenekli yapıdaki geleneksel ambalaj materyallerinden yağ sızması görülebilmekte, ancak bu durum polietilen ve plastik ambalajda olgunlaştırılan peynirlerde görülmemektedir (Albayrak, 2018). Deneme  rneklerinin yağ oranı %18-19,5 arasında değişim göstermiştir. Bu değişimin en önemli nedeni peynirin buharlaşma nedeniyle nemini kaybetmesi ve bileşen oranlarının nem kaybına bağlı olarak değişim göstermesidir. Nitekim bu değişimi daha iyi gözlemleyebilmek adına peynirin kuru maddedeki yağ yüzdesi hesaplanmış ve şekil 4.3’de verilmiştir.  r n kurutulmaya başlamadan önceki kuru maddedeki yağ oranı %52,26 olarak belirlenirken, kuru maddesi artan peynir örneklerinde %31,17’ye düştüğü gözlenmiştir. (şimşek ve Gün, 2009), Akçakatık peynirinin yağ oranını %25,52 olarak belirlerken, piyasadan toplanan 15 adet örnekte yağ oranı %21-34 arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. (Albayrak, 2018) ise 90 gün olgunlaşma aşamasında Akçakatık peynirlerinin yağ içeriğini %23.33-24.33 düzeyinden %22-39 seviyesine değiştiğini, özellikle karın ambalajda nem içeriğinin azalması sonucu yağ oranının da etkilendiğini belirtmektedir. Kuru madde üzerinden hesaplanan yağ içeriğine göre örneklerin kuru maddedeki yağ oranları %52,26’dan %31,17’

ye düştüğü görülmektedir. (Kırdar vd., 2017) yaptığı çalışmada Akçakatık peynirinde kuru madde de yağ oranı %32,18 olarak tespit edilmiştir. Karına basılarak olgunlaştırılan Akçakatık peynirinin kuru maddedeki %yağ oranı %53,87'den %46,6'ya düşmüştür (Albayrak, 2018). Çalışmada, karın içerisine basılan peynirlerde nem kaybının yüksek olması ve kuru maddedeki bileşenlerin değişmesi, yağ içeriğinin de azalmasına neden olduğu vurgulanmaktadır.



Şekil 4.3. Akçakatık Peynirinin Yağ ve Kuru madde de % Yağ Değerleri

Tuzlama, peynir lezzetinin algılanmasında önemli olduğu gibi, peynirde mikrobiyal gelişmenin durdurulmasını da sağlayan önemli bir aşamadır. Bu nedenle peynir teknolojisinde, yasal sınırlar içerisinde bulunması gerekir. Akçakatık peyniri düşük tuz içeriğine sahip bir peynirdir. Peynir örneklerinde gerçekleştirilen analiz sonucu elde edilen % tuz ve kuru maddede % tuz oranları Şekil 4.4'de verilmiştir. Akçakatık peynirinde % tuz oranı kurutma işlemi sırasında artış göstermekle birlikte, kuru maddedeki tuz içeriği olarak hesaplandığında azalma olduğu görülmektedir. Bununla birlikte elde edilen verilere bakıldığında, peynirin düşük tuz içeriğine sahip olduğu görülmektedir. (Şimşek ve Tuncer, 2018) tarafından yapılan çalışmada, taze ve olgunlaştırılmış Akçakatık peynirlerin tuz içeriklerinin %4,32-16,54 arasında değiştiği gözlenmiştir. (Kırdar vd., 2017) ise 3 ay olgunlaştırılmış Akçakatık peynirlerinde tuz oranların %3,96 ile %9,28 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Örneklerin fazla tuz içermesi, üreticilerin damak zevkine, el alışkanlıklarına ve ürünü daha uzun süre dayandırmak istemelerine göre değiştiği söylenebilir.



Şekil 4.4. Akçakatık Peynirinin Tuz ve Kuru maddede %Tuz Değerleri

5. SONUÇ

Makü Çiftliği Akçakatık peynirine tasarımını ve imalatını yapmış olduğumuz peynir kurutma makinesi ile kurutma işlemi yapılmıştır. Geleneksel yöntemlerle, peynir kurutulması Akçakatık peynirinde serin ve gölge bir yerde karın içerisinde gerçekleştirilirken, yine yoğurdun kurutulmasıyla elde edilen kurut peyniri bez torba içerisinde, küçük yuvarlak beze hamuru şeklinde hava akımının olduğu serin bir yerde bekletilmektedir. Yayla gibi yüksek rakımlı ve ılıman iklime sahip yerlerde yapılan kurutma işlemi kurutma parametrelerinin seçilmesi bakımından yol gösterici olmuştur. Peynir kurutulması bakımından diğer gıda ürünlerinden farklıdır. Nem içeriği yüksektir, içeriğindeki yağ ve kuru madde benzeri değerleri korumak çok önemlidir. Besin değeri kuruma işlemi sırasında mümkün olduğu kadar korunmalıdır.

Yapılan deneyler parametreleri bakımından tanımlandığında, kullanılan sıcaklık yaylada kurumaya benzer şekilde 25°C olarak seçilmiştir. Nem içeriği %20 seviyesine inecek şekilde otomasyonda sabitlenmiştir. Hava hızı olarak yaklaşık 1,5 m/s değer belirlenmiştir. Deney 3 gün boyunca günde 3 saat boyunca kurutma işlemi yapılarak gerçekleştirilmiştir. 3 saatlik kurutma işlemi sonunda peynir tekrar yoğurulmuş ve ertesi gün aynı saatte kurutma işlemine başlanana kadar buzdolabında bekletilmiştir.

Elde edilen sonuçlar:

- Makü Akçakatık peyniri için ideal kurutma sıcaklığı yaklaşık 25°C civarlarındadır. Daha yüksek sıcaklıklarda peynirde renk ve koku bozulmaları oluşmaya başlamıştır. Renk kahverengi sarımsı bir hal almaya başlamıştır.
- 3 saatlik kurutma periyotları sonunda nem kaybı hızlı bir şekilde gerçekleşmiştir. İlk günkü nem kaybı diğer iki güne göre daha fazla olmuştur.
- Her kurutma işleminden sonra peyniri yeniden yoğurmak kurutma işlemine olumlu etki sağlamıştır. Peynirde kuruma işlemi yüzeyden başlamış, peynir iç kısmının daha nemli kaldığı gözlenmiş, peynirin yüzey kısmında kurutma sonuna doğru sertleşme (kabuk) oluşmuştur. Yoğurma işlemi yüzeyde oluşan kabuğun giderilmesine ve merkezdeki suyun yüzeye taşınmasına yardımcı olmuştur.
- Kurutma işleminde hava hızının yüksek seçilmesinin herhangi bir avantajı olmadığı gibi bazı dezavantajları olduğu literatür çalışmalarından da anlaşılmaktadır.
- Peynirin oda sıcaklığı ortamında 25°C’de kurutulması, titrasyon asitliği bakımından üründe asitlik gelişiminin devam ettiğini göstermiştir. Peynir içindeki bakterilerin varlığı ile

değişen ve yaşayan bir besin maddesidir. Kurutma işlemi boyunca peynirde laktik asit gelişimi düzenli bir artış göstermiştir.

- Kurutma işlemi sonrası depolama işlemi +4°C’de gerçekleştirildiğinden asidik gelişim geleneksel yöntemle göre daha yavaş bir şekilde meydana gelmiştir.
- Kurutma işlemi esnasında kuru madde düzeyinde önemli bir artış olmuştur. Başka bir ifade ile uygulanan işlem aşamalarında peynir bünyesinden hızlı bir şekilde suyunu kaybederek, %34,44’den %62,55 kuru maddeye ulaştığı gözlenmiştir.
- Çalışmadan elde edilen örneklerin kuru madde değerleri en az 2-3 ay olgunlaşma geçiren peynirlerinkine oldukça yakın bir düzeydedir. Bu nedenle üründen hızlı nem kaybının olduğu ve kuru madde değerlerinin arzu edilen düzeye kısa sürede ulaştığı söylenebilir.
- Peynir içerisindeki suda ve kuru maddede bulunan yağ oranına bakıldığında peynirin kuruma esnasında hızlı bir şekilde nem kaybetmesi peynir suyu içindeki yağın önemli ölçüde kaybolmasına sebep olmuştur. Geleneksel yöntemle kurutulan peynirde de karın içine basılması nedeniyle gözenekli yapıda yağ kaybolması olmaktadır. Kuru madde içindeki yağ oranı literatür çalışmalarına bakıldığında benzerlik göstermektedir.
- Peynir kurutma makinesine teknoloji yönünden bakıldığında enerji bakımından geliştirmeler yapılabilir. Makineden nem atma fanı ile atılan ısıtılmış ve nem bakımından zengin hava fan çıkışına entegre edilecek bir ısı geri kazanım ünitesi ile geri kazanılabilir. Ayrıca nem alma ünitesi ilave edilerek ısıtılmış hava nemi alınmış olarak yeniden kabin içine yönlendirilebilir.
- Peynir kurutma makinesine güneş panelleri entegre edilerek rezistans tarafından elektrik enerjisiyle ısıtılan hava güneş enerjisi ile ısıtılabilir.
- Peynir kurutma makinesine vakum pompası entegre edilerek kabin içi havası vakumlanır ve ortamdan nem ve oksijen uzaklaştırılarak kurutulan üründe hızlı kuruma ve bozulmanın önüne geçilebilir.
- Gıda kurutma endüstrilerinde, yaz aylarında üretim hattında soğutma yapılması gereken alanlarda, soğutma grupları ile soğutma işlemi yapılırken, soğutma grubunda kompresörlerin üretmiş olduğu ısı eşanjörler vasıtasıyla geri kazanılarak kurutma proseslerinde kullanılabilir. Kış aylarında ise ısıtma yapılması gereken alanlarda kalorifer kazanlarında ısıtılmış su yine eşanjörler vasıtasıyla geri kazanılarak kurutma proseslerinde kullanılabilir.

Sonuç olarak, peynir kurutma makinesi ile Makü iftliği Akçakatık peyniri kurutma işleminde, peynirin kuruma sıcaklığının 25°C ve nem oranının %20 mertebesinde olması ve hava hızının da yaklaşık 1,5 m/s olması hem makinenin tükettiği enerji bakımından hem de peynirdeki renk ve tat gelişimin olumlu olması bakımından önerilmektedir. Peynir bünyesindeki nem ve kuruma sırasındaki sıcaklık ölçümü kabin içi bir nem ve sıcaklık sensörü ile değil de direkt peynirlerin içine daldırma tip sensörlerle ölçülmesi önerilebilir. Peynir kurutma makinesi bünyesinde elektrik enerjisiyle çalışan rezistans ve fanların enerji tüketimleri yukarıda bahsedilen sistemlerin makineye entegrasyonu ile önemli ölçüde düşürülebileceği düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Adams, G.DJ., Cook, I., Ward, K.R., 2015. The principles of freeze-drying. *Cryopreservation and freeze-drying protocols*, 121-143.
- Aghbashlo, M., Kianmehr, M.H., Hassan-Beygi S.R., 2010. Drying and rehydration characteristics of sour cherry (*Prunus Cerasus L.*). *Journal of food processing and preservation*, 34(3), 351-365.
- Aghbashlo, M., Mobli, H., Rafiee, S., Madadlou, A., 2012. Energy and exergy analyses of the spray drying process of fish oil microencapsulation. *Biosystems Engineering*, 111(2), 229-241.
- Aghbashlo M., Sotudeh-Gharebagh R., Zarghami R., Mujumdar A.S., Mostoufi N., 2014. Measurement techniques to monitor and control fluidization quality in fluidized bed dryers. *Drying Technology*, 32(9), 1005-1051.
- Ahmed, J., Ramaswamy, H.S., Alli, I., Raghavan, V.GS., 2007. Protein denaturation, rheology, and gelation characteristics of radio-frequency heated egg white dispersions. *International Journal of Food Properties*, 10(1), 145-161.
- Ahrné, L., Prothon, F., Funebo, T., 2003. Comparison of drying kinetics and texture effects of two calcium pretreatments before microwave-assisted dehydration of apple and potato. *International journal of food science and technology*, 38(4), 411-420.
- Ajala, A.S., Ngoddy, P.O., Olajide J.O., 2018. Design and Construction of a Tunnel Dryer for Food Crops Drying. *International Multidisciplinary Research Journal*, 8, 1-7.
- Akbulut, A., Arat H., Arslan, O., 2019. Döner Tepsili Kabin Tipi Kurutucuda Kavunun Kuruma Karakteristiğinin İncelenmesi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 594-604.
- Akharume F., Smith, A., Sivanandan, L., Singh, K., 2020. Recent Progress on osmo-convective dehydration of fruits. *Journal of Food Science & Technology*, 4, 956-959.
- Albayrak A., 2018. Asit ve Maya Pıhtısıyla Üretilen Akçakatık Peynirinde Farklı Starter Kültür ve Ambalaj Kullanımının Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Burdur, Türkiye.
- Alibaş İ., Işık, E., 2001. Kayısı ve kirazın mikrodalga ışınlarla kurutulmasındaki kurutma parametrelerinin belirlenmesi. *I. Sert Çekirdekli Meyveler Sempozyumu Bildirisi*, Yalova, 1, 317-328.
- Alibaş, İ., 2011. Kırmızı Şili biberinin vakumla kurutma karakteristikleri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 7(4), 429-435.
- Anastasiades A., Thanou S., Loulis D., Stapatoris A., Karapantsios TD., 2002. Rheological and physical characterization of pregelatinized maize starches. *Journal of Food Engineering*. 52(1). 57-66.

- Anonim, 1983. Gıda maddeleri muayene ve analiz metotları, T.C. Tarım, Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymous, 2000a. AOAC Official Method 926.124. Acidity of cheese. Titrimetric method. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 2(17), Gaithersburg, USA.
- Anonymous, 2000b. AOAC Official method 975.20. Salt in cheese. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 2(17), Gaithersburg, USA
- Arsenijević Z., Grbavčić Z., Garić Grulović R., 2006. Prediction of the particle circulation rate in a draft tube spouted bed suspension dryer. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 71(4). 401-412.
- Arslan, D., Özcan, M.M., 2010. Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices. *LWT-Food Science and Technology*, 43(7), 1121-1127.
- Atuonwu J.C., Stapley A.G., 2017. Reducing energy consumption in spray drying by monodisperse droplet generation: modelling and simulation. *Energy Procedia*, 123, 235–242.
- Ayar A., 2015. Süt tozu teknolojisi. <http://slideplayer.biz.tr/slide/9219736>
- Barbosa-Cánovas G.V., Vega-Mercado H., 1996. *Dehydration of Foods*, Birinci Baskı. Springer, Washington, USA, 157-320.
- Berk, Z., 2018. *Food process engineering and technology*, Üçüncü Baskı. Academic Press, London, United Kingdom, 567-581.
- Bezyna L.A., Kutovoy V.A., 2005. Vacuum drying and hybrid technologies. *Stewart Post-harvest An international journal for reviews in postharvest biology and technology*, 4, 6-13.
- Bhattacharya M., Srivastav P.P., Mishra H.N., 2015. Thin-layer modeling of convective and microwave-convective drying of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of food science and technology*, 52(4), 2013-2022.
- Bouraoui, M., Richard, P., Durance, T., 1994. Microwave and convective drying of potato slices. *Journal of Food Process Engineering*, 17(3), 353-363.
- Bullock, D.K., Hamilton, M.O., Irvine, D.M., 1963. Manufacture of spray-dried Cheddar cheese. *Food in Canada*, 23(3), 26-30.
- Cao, H., Zhang, M., Mujumdar, A.S., Du, W., Sun, J., 2006. Optimization of osmotic dehydration of kiwifruit. *Drying Technology*, 24(1), 89-94.
- Chan, D., Kuo, M., 2018. Wheat germ drying with different time-temperature combinations in a fluidized bed dryer. *Processes*, 6(12), 245.
- Changrue V., Raghavan V.G., Orsat V., Vijaya Raghavan G., 2006. Microwave drying of fruits and vegetables. *Stewart Postharvest Review*, 2(6), 1-7.

- Changrue V, Raghavan VG, Gariépy Y., Orsat V., 2006. Microwave vacuum dryer setup and preliminary drying studies on strawberries carrots. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 41(2). 36-44.
- Chouicha, S., Boubekri, A., Mennouche, D., Bouguetaia, H., Berrbeuh, M.H., Bouhafs, S., Rezzoug, W., 2014. Valorization study of treated deglet-nour dates by solar drying using three different solar driers. *Energy Procedia*, 50, 907-916.
- Çınar, İ., 2014. Konveksiyonel ve akışkan yataklı sistemlerde bazı sebzelerin kuruma karakteristiklerinin belirlenmesi. *Gıda*, 39(3), 171-177.
- Darvishi, H., Asl, A.R., Asghari, A., Azadbakht, M., Najafi, G., Khodaei, J., 2014. Study of the drying kinetics of pepper. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 13(2), 130-138.
- Da Silva, M.A., Arévalo Pinedo, R., Kieckbusch, T.G., 2005. Ascorbic acid thermal degradation during hot air drying of camu-camu (*Myrciaria dubia* [HBK] McVaugh) slices at different air temperatures. *Drying Technology*, 23(9-11), 2277-2287.
- Das, I., Arora, A., 2018. Alternate microwave and convective hot air application for rapid mushroom drying. *Journal of Food Engineering*, 223, 208-219.
- Daud, W.R.W., 2008. Fluidized bed dryers—Recent advances. *Advanced Powder Technology*, 19(5), 403-418.
- Diaz, G.R., Martinez-Monzo, J., Fito, P., Chiralt, A., 2003. Modelling of dehydration-rehydration of orange slices in combined microwave/air drying. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 4(2), 203-209.
- Dikmen, E., Şahin, A.Ş., Yakut, A.K., 2012. Deneysel Bir Kurutma Sistemi Tasarımı ve Çalışma Parametrelerinin İncelenmesi. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 32(2), 81-88.
- Dinçel E., 2015. Kakao yağı enkapsülasyonunun çikolatada yağ kusmasına etkisinin incelenmesi. Doctora Tezi. İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Di Renzo A., Scala F., Heinrich S., 2021. Recent Advances in Fluidized Bed Hydrodynamics and Transport Phenomena Progress and Understanding. *Processes*, 9(4), 639.
- Doymaz, İ., 2005. Drying behaviour of green beans. *Journal of food Engineering*, 69(2), 161-165.
- Doymaz, İ., İsmail, O., 2011. Drying characteristics of sweet cherry. *Food and bioproducts processing*, 89(1), 31-38.
- Doymaz, İ., 2012. Evaluation of some thin-layer drying models of persimmon slices (*Diospyros kaki* L.). *Energy conversion and management*, 56, 199-205.

- Durance T.D., Wang J.H., 2002. Energy consumption, density, and rehydration rate of vacuum microwave-and hot-air convection-dehydrated tomatoes. *Journal of Food Science*, 67(6), 2212-2216.
- El-Mesery, H.S., Mwithiga, G., 2015. Performance of a convective, infrared and combined infrared-convective heated conveyor-belt dryer. *Journal of food science and technology*, 52(5), 2721-2730.
- El-Sebaei, A.A., Shalaby, S.M., 2013. Experimental investigation of an indirect-mode forced convection solar dryer for drying thymus and mint. *Energy Conversion and Management*, 74, 109-116.
- Erbay B., Küçüköner E., 2008. Gıda endüstrisinde kullanılan farklı kurutma sistemleri. *Türkiye*, 10, 21-23.
- Ertekin, C., Yıldız, O., 2001. Patlıcan Kurutmada Kurumanın Çeşitli Modellerle Açıklanması. *Tarımsal Mekanizasyon*, 20, 399-403.
- Esper A., Mühlbauer W., 1998. Solar drying-an effective means of food preservation, *Renewable Energy*, 15(1-4), 95-100.
- Falade, K.O., Abbo, E.S., 2007. Air-drying and rehydration characteristics of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits. *Journal of Food Engineering*, 79(2), 724-730.
- Feng H., Yin Y., Tang, J., 2012. Microwave drying of food and agricultural materials: basics and heat and mass transfer modeling. *Food Engineering Reviews*, 4(2), 89-106.
- Figiel A., 2010. Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and vacuum-microwave methods, *Journal of Food Engineering*, 98(4), 461-470.
- Funebo, T., Ohlsson, T., 1998. Microwave-assisted air dehydration of apple and mushroom. *Journal of Food Engineering*, 38(3), 353-367.
- Garau, M.C., Simal, S., Femenia, A., Rosselló, C., 2006. Drying of orange skin: drying kinetics modelling and functional properties. *Journal of Food Engineering*, 75(2), 288-295.
- Garcia-Amezquita, L.E., J. Welte-Chanes, F.T., Vergara-Balderas, D., Bermúdez-Aguirre, 2016. Freeze drying-The Basic Process. *Encyclopedia of food and health*, Academic Press, 104-109.
- Ginzburg, A.S., 1969. *Application of Infrared Radiation in Food Processing*. CRC press, Leonard Hill, USA.
- Gölcü, M., Şen F., 2014. Mikrodalga ile Islak Viyolün Kurutulabilirliğinin Deneysel Olarak Belirlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(4), 111-115.

- Gürel, A.E., Ceylan, İ., Uz, D., 2017. Gıda Kurutulmasında Akışkan Yataklı Kurutma Sistemlerinin Kullanımı: Bir İnceleme. *1st International Conference on Energy Systems Engineering*, 83-90.
- Hagen, W., Drawert, F., 1987. Determination of water content by infrared drying. *Monatsschrift fuer Brauwissenschaft (Germany, FR)*. 40(6). 240-246.
- Hamawand I., Da Silva W.P., Eberhard F., Antille D.L., 2015. Issues related to waste sewage sludge drying under superheated steam. *Polish Journal of Chemical Technology*, 17(4), 5-14.
- Hashim N., Daniel O., Rahaman E., 2014. Kinetic Model of Drying Process of Pumpkins (Cucurbita Moschata) in a Convective Hot Air Dryer. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 345-352.
- Hay, N., Van Kien, P., 2019. Study on Designing and Manufacturing a Radio-Frequency Generator Used in Drying Technology and Efficiency of a Radio Frequency-Assisted Heat Pump Dryer in Drying of Ganoderma lucidum. *Innovation in Global Green Technologies 2020*.
- Hayashi H., 1989. Drying Technologies of Foods -Their History and Future. *Drying Technology*, 7(2), 315-369.
- Heldman D.R., 1975. *Food Process Engineering*. The AVI Publishing Co., Westport, CT. 279.s
- Hua, T.C., Liu, B.L., Zhang, H., 2010. *Freeze-drying of pharmaceutical and food products*, Elsevier.
- Issac, J.M., Nidhin A.R., Nair, G.G., Mohan, S.V., Fidus, F., 2017. Experimental Study of a Heat Pump Assisted General Purpose Tray Dryer with Backup Heater. *GRD Journals-Global Research and Development Journal for Engineering*, 2(6), 30-35.
- İçier F., Yıldız H., Eroğlu S., Sabancı S., Eroğlu E., 2013. Ayva Dilimlerinin Ozmotik Kurutulmasında Elektriksel ve Ultrasonik Ön İşlemlerin Etkileri. *Akademik Gıda*, 11(2), 60-69.
- İlter I., Akyıl S., Devseren E., Okut D., Koç M., Kaymak Ertekin F., 2018. Microwave and hot air drying of garlic puree: drying kinetics and quality characteristics, *Heat and Mass Transfer*, 54(7), 2101-2112.
- İzli, G., Yıldız, G., Berk, S. E., 2022. Quality retention in pumpkin powder dried by combined microwave-convective drying. *Journal of Food Science and Technology*, 59(4), 1558-1569.
- Jamroen, C., Fongkerd, C., Krongpha, W., Komkum, P., Pirayawaraporn, A., Chindakham, N., 2021. A novel UV sensor-based dual-axis solar tracking system: Implementation and performance analysis. *Applied Energy*, 299, 117295.
- Jones, P.L., Rowley, A.T., 1996. Dielectric drying. *Drying Technology*, 14(5). 1063-1098.

- Josijevic M.M., Sustersic V., Gordic D., 2020. Ranking energy performance opportunities obtained with energy audit in dairies. *Thermal Science*, 24(5 Part A), 2865-2878.
- Kamışlı, F., 2003. Sert Buğdaydan Yapılmış Bulgurun Tepsili Kurutucuda Kurutulması. *Gıda*, 28(6).
- Kara, T., Demir, F., 2012. Muzun farklı kurutma şartlarındaki kuruma karakteristiklerinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 8(2), 179-184.
- Kara, Y., 2017. Püskürtmeli kurutma yöntemi ile kemik suyu tozu üretimi. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Denizli, Türkiye.
- Karaaslan, S.N., Tuncer, I.K., 2008. Development of a drying model for combined microwave–fan-assisted convection drying of spinach. *Biosystems Engineering*, 100(1), 44-52.
- Karaaslan, S., 2012. Meyve ve sebzelerin mikrodalga destekli kurutma sistemleri ile kurutulması. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(2), 123-129.
- Karabacak, A.Ö., Sinir, G.Ö., Suna S., 2015. Mikrodalga ve mikrodalga destekli kurutmanın çeşitli meyve ve sebzelerin kalite parametreleri üzerine etkisi. *Uludağ Üniversitesi ziraat fakültesi dergisi*, 29(2). 125-135.
- Kaya, A., Aydın, O., Dincer, I., 2008. Experimental and numerical investigation of heat and mass transfer during drying of Hayward kiwi fruits (*Actinidia Deliciosa* Planch). *Journal of Food Engineering*, 88(3), 323-330.
- Kaya, A., Aydın, O., Demirtaş, C., 2009. Experimental and theoretical analysis of drying carrots. *Desalination*, 237(1-3), 285-295.
- Khraisheh, M.A.M., Cooper, T.J.R., Magee, T.R.A., 1997. Shrinkage characteristics of potatoes dehydrated under combined microwave and convective air conditions. *Drying Technology*, 15(3-4), 1003-1022.
- Kırdar, S.S., 2004. Akçakatık Peyniri üzerine bir araştırma. *Geleneksel Gıdalar Sempozyumu*, 23(24), 357-361.
- Kırdar S.S., Köse Ş., Yurdakul Ö., Ocak E., 2017. A survey on the microbiological and chemical characteristics of Akçakatık cheese in the West Mediterranean Region. *European International Journal of Science and Technology*, 6, 25-35.
- Kingsly, R.P., Goyal, R.K., Manikantan, M.R., Ilyas, S.M., 2007. Effects of pretreatments and drying air temperature on drying behaviour of peach slice. *International journal of food science & technology*, 42(1), 65-69.
- Kocabıyık, H., Yılmaz, N., Tuncel, N.B., Sumer, S.K., Buyukcan, M.B., 2015. Drying, energy, and some physical and nutritional quality properties of tomatoes dried with short-infrared radiation. *Food and Bioprocess Technology*, 8(3), 516-525.

- Konak, Ü. İ., Certel, M., Helhel, S., 2009. Gıda sanayisinde mikrodalga uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(3), 20-31.
- Kozempel M.F., Sullivan J.F., Craig J.C., Heiland W.K., 1986. Drum Drying of Potato Flakes. A predictive model. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*. 19(3). 193-197.
- Köprüalan, Ö., Elmas, F., Bodruk, A., Arıkaya, Ş., Koç, M., Koca, N., Ertekin, F., 2020. Drying Kinetics Of Reduced Fat White Cheese Dried By Different Methods. *Gıda*, 45(6), 1201-1214.
- Lai, F.S., Chen, Y., Fan, L.T., 1986. Modelling and simulation of a continuous fluidized-bed dryer. *Chemical Engineering Science*, 41(9), 2419-2430.
- Liapis, A. I., Bruttini, R., 2014. Freeze Drying. *Handbook of Industrial Drying*, New York, Marcel Dekker Inc, 259.s
- Lin, Y.L., Li, S.J., Zhu, Y., Bingol, G., Pan, Z., McHugh, T.H., 2009. Heat and mass transfer modeling of apple slices under simultaneous infrared dry blanching and dehydration process. *Drying technology*, 27(10), 1051-1059.
- Liu H., Yousaf K., Chen K., Fan R., Liu J., Soomro S.A., 2018. Design and Thermal Analysis of an Air Source Heat Pump Dryer for Food Drying. *Sustainability*, 10(9), 3216.
- Liu, Y., Zhang, Z., Hu, L., 2022. High efficient freeze-drying technology in food industry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(12), 3370-3388.
- Ljubic, A., Safafar, H., Jacobsen, C., 2019. Recovery of microalgal biomass and metabolites from homogenized, swirl flash-dried microalgae. *Journal of Applied Phycology*, 31(4), 2355-2363.
- Macana, R.J., Baik, O.D., 2018. Disinfestation of insect pests in stored agricultural materials using microwave and radio frequency heating. A review. *Food reviews international*, 34(5), 483-510.
- Madamba, P.S., Driscoll, R.H., Buckle, K.A., 1996. The thin-layer drying characteristics of garlic slices. *Journal of food engineering*, 29(1), 75-97.
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., Desobry, S., 2006. Flavour encapsulation and controlled release—a review. *International journal of food science & technology*, 41(1), 1-21.
- Maskan, M., 2001. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of food engineering*, 48(2), 177-182.
- Mercado, V.H., Góngora-Nieto, M.M., Barbosa-Cánovas, G.V., 2001. Advances in dehydration of foods. *Journal of food engineering*, 49(4), 271-289.
- Mercier, C., 1985. Comparative modifications of starch and starchy products by extrusion-cooking and drum drying. *In Symposium international*, 29(8), 507.

- McAdams D., Chen D., Kristensen D. 2012. Spray drying and vaccine stabilization. *Expert review of vaccines*, 11(10), 1211-1219.
- Millman, M.J., Liapis, A.I., Marchello, J.M., 1985. An analysis of the lyophilization process using a sorption-sublimation model and various operational policies. *AIChE Journal*, 31(10), 1594-1604.
- Mousa N, Farid M., 2002. Microwave vacuum drying of banana slices. *Drying Technology*, 20(10), 2055-2066.
- Mujumdar A.S., 2006. *Handbook of Industrial Drying*, Üçüncü Baskı. CRC Press. London, Kanada, Chapter: 6-7-8-9-10-11-12-13-14-16-7-18.189-436.
- Mujumdar A.S., 2014. *Handbook of Industrial Drying*. Dördüncü Baskı. CRC Press. Boca Raton, FL. 521– 544.
- Murathathunyaluk S., Srisakwattana N., Saksawad T., Bumrunghaichaichan E., 2015. Development of Rotating Tray Dryer and Study of the Hot Air Flow Pattern with Computational Fluid Dynamics. *Chemical Engineering Transactions*, 43, 1669–1674.
- Muştu, Ç., Eren, I., 2019. Drying Kinetics, Heating Uniformity and Quality Changes During The Microwave Vacuum Drying Of Artichokes (*Cynara Ssolymsus L.*). *Italian Journal of Food Science*, 31(3), 403-418.
- Müller J., Heindl A., 2006. Drying Of Medicinal Plants. *Frontis*, 17, 237-252.
- Nail S.L., Jiang S., Chongprasert S., Knopp S.A., 2002. Fundamentals of Freeze-Drying. *Development and manufacture of protein pharmaceuticals*, 14, 281-360.
- Navarri, P., Gevaudan, A., Andrieu, J., 1992. Preliminary study of drying of coated film heated by infrared radiation. *Drying*, 92, 722-728.
- Nawirska, A., Figiel, A., Kucharska, A. Z., Sokół-Lętowska, A., Biesiada, A., 2009. Drying kinetics and quality parameters of pumpkin slices dehydrated using different methods. *Journal of Food Engineering*, 94(1), 14-20.
- Nonhebel, G., Moss, A. A. H., 1971. Drying of solids in the chemical industry. 289 s.
- Nsonzi, F., Ramaswamy, H. S., 1998. Osmotic dehydration kinetics of blueberries. *Drying Technology*, 16(3-5), 725-741.
- Ojutiku, R. O., Kolo, R. J., Mohammed, M. L., 2009. Comparative study of sun drying and solar tent drying of *Hyperopisus bebeoccidentalis*. *Pakistan journal of Nutrition*, 8(7), 955-957.
- Okos, M.R., Narsimhan, G., Singh R.K., Weitnauer, A.C., 1992. *Food Dehydration in Handbook of Food Engineering*. New York. 437 s.

- Ononogbo C., Nwifo O. C., Nwakuba N. R., Okoronkwo C. A., Igbokwe J. O., Anyanwu E. E. 2021. Energy consumption of yam slice drying in an exhaust gas waste heat recovery hot air tray dryer. *Scientific Research Journal (SCIRJ)*, 9(8), 1-7.
- Orfeuil, M. 1987. *Electric process heating*. United States, Battelle Press.
- Osuekea C.O., Akinuili B.O., Adediran A.A., Ikubanni P.P., Agboola O., 2015. An Algorithm of a Convectional Factory Electric Tray Dryer. *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*, 4(6), 17-25.
- Özdemir, M., Devres, Y. O., 1999. The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. *Journal of Food Engineering*, 42(4), 225-233.
- Özdemir E.E., Görgüç A., Gençdağ E., Yılmaz F.M., 2021. Püskürtmeli Kurutma ve Dondurarak Kurutma Yöntemlerinin Temelleri ve Bu Yöntemler ile Gıda Atıklarından Toz Ürünlerin Üretimi. *Gıda*, 46(3), 583.
- Özen, E., Kar, F., 2018. Farklı teknikler kullanılarak domatesin kurutulması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 30(1), 47-57.
- Özgen, F., 2014. Elma kurutulmasında kullanılan konvektif tip bir kurutma sisteminin tasarımı. *Mühendis ve Makina*, 55(656), 42-49.
- Özyetgin, A.M., 2004. *İslam Öncesi Uygularda Toprak Hukuku*. Ötüken Neşriyat, İstanbul, Türkiye. 233 s.
- Pallai–Varsányi E., Gyenis J., Tóth J., 2008. Drying of heat sensitive materials of high moisture content in mechanically spouted bed of inert particles. In: *Reliable Flow of Particulate Solids-IV. International Symposium*, Tromsø, Norvegia. 6 s.
- Pan, Y. K., Zhao, L. J., Zhang, Y., Chen, G., Mujumdar, A. S., 2003. Osmotic dehydration pretreatment in drying of fruits and vegetables. *Drying Technology*, 21(6), 1101-1114.
- Parikh D.M., 2015. Vacuum Drying Basics and Application. *Chemical Engineering*, 122(4), 48-54.
- Phisut, N., 2012. Spray drying technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product. *International Food Research Journal*, 19 (4), 1297-1306.
- Piyasena, P., Dussault, C., Koutchma, T., Ramaswamy, H. S., Awuah, G. B., 2003. Radio frequency heating of foods: principles, applications and related properties—a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 43(6), 587-606.
- Poirier D., 2006. *Handbook of Industrial Drying*, Montreal, Canada, 3. Baskı. Bölüm 17. 411-422.
- Rahman, M.S., 1999. *Handbook of food preservation*, New Zealand, 1. Bölüm. 1-9.
- Rahman, M.S., Sablani, S.S., Al-Ibrahim, M.A., 2001. Osmotic dehydration of potato: equilibrium kinetics. *Drying Technology*, 19(6), 1163-1176.

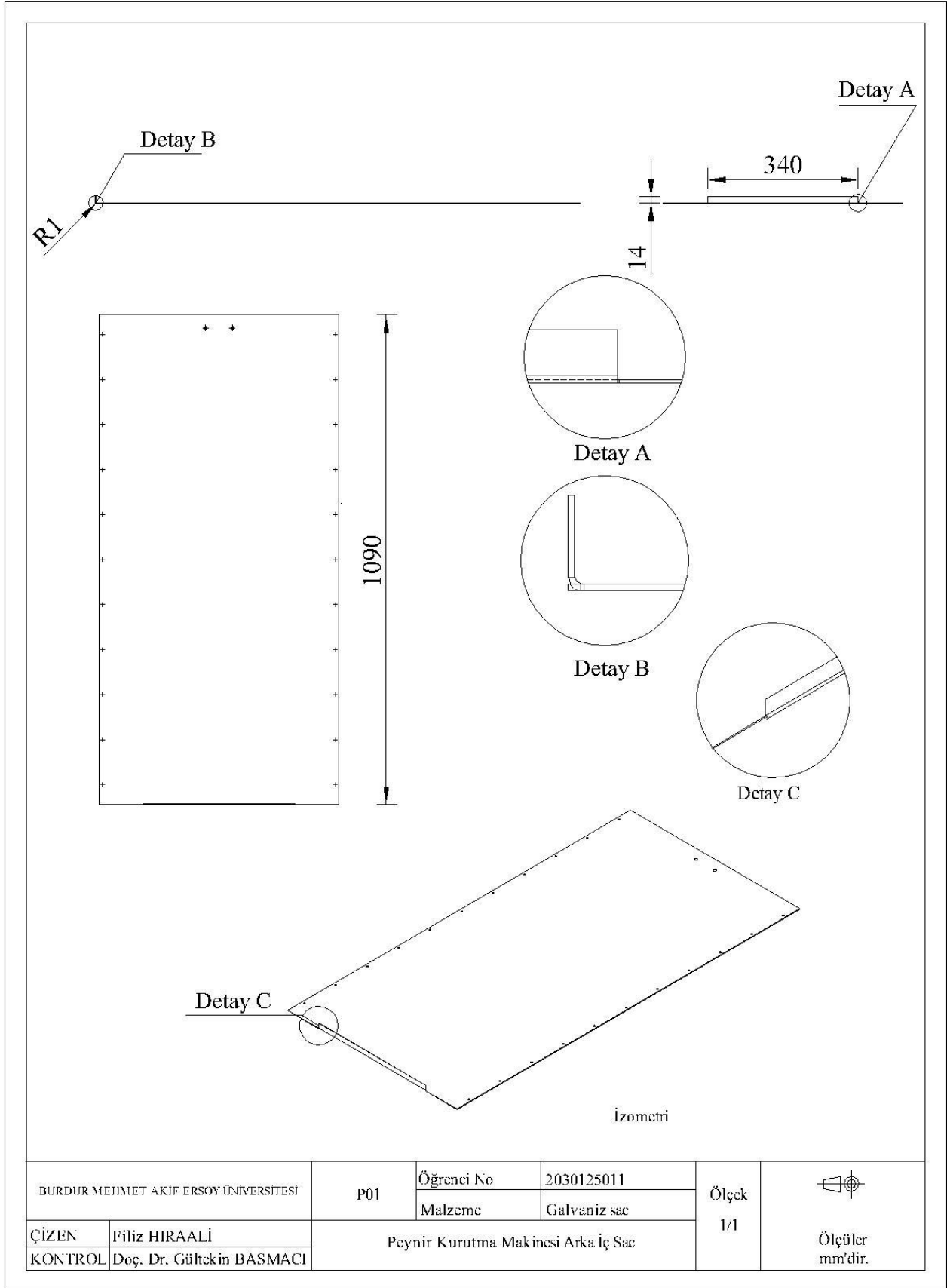
- Ramesh, M.N., Wolf, W., Tevini, D., Bognar, A., 2002. Microwave blanching of vegetables. *Journal of food science*, 67(1), 390-398.
- Ratti, C., Mujumdar, A. S., 2020. Infrared drying. *In Handbook of industrial drying*, CRC Press, 567-588.
- Sadıkoğlu, H., Özdemir, M., 2003. Dondurarak kurutma teknolojisi ve evreleri. *Gıda*, 28(6). 643-649.
- Sadin, R., Chegini, G.R., Sadin, H., 2014. The effect of temperature and slice thickness on drying kinetics tomato in the infrared dryer. *Heat and Mass Transfer*, 50(4), 501-507.
- Santos D., Maurício A.C., Sencadas V., Santos J.D., Fernandes M.H., Gomes P.S., 2018. Spray drying: an overview. *Biomaterials-Physics and Chemistry*, New Edition, 9-35.
- Saputra, D., 2001. Osmotic dehydration of pineapple. *Drying technology*, 19(2), 415-425.
- Seyirci, K., Çağ, H.Ç., 2018. Antikçağda Gıdaların Korunması. *Cedrus*, 6, 701-711.
- Shi, J., Le-Maguer, M., 2002. Osmotic dehydration of foods: Mass transfer and modeling aspects. *Food Reviews International*, 18 (4). 305–335.
- Shinde, A., Das, S., Datta, A. K., 2013. Quality improvement of orthodox and CTC tea and performance enhancement by hybrid hot air–radio frequency (RF) dryer. *Journal of Food Engineering*, 116(2), 444-449.
- Singh S., Tewari B.D., 1987. Recent developments in cheese Drying. *Indian Dairyman*. 38(1), 13-19.
- Sokhansanj S., Jayas D.S., 2014. Drying of foodstuffs. *In Handbook of Industrial Drying*, Dördüncü baskı. (Mujumdar A.S., baskısı). CRC Press, Boca Raton, FL. 521– 544.
- Sosnik, A., Seremeta, K.P., 2015. Advantages and challenges of the spray-drying technology for the production of pure drug particles and drug-loaded polymeric carriers. *Advances in colloid and interface science*, 223, 40-54.
- Souza C.R.F., Oliviera W.P.D., 2005. Spouted bed drying of Bauhinia forficata link extract: the effects of feed atomizer position and operating conditions on equipment performance and product properties. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 22, 239-247.
- Soysal, Y., Ayhan, Z., Eştürk, O., Arıkan, M.F., 2009. Intermittent microwave–convective drying of red pepper: Drying kinetics, physical (colour and texture) and sensory quality. *Biosystems engineering*, 103(4), 455-463.
- Strumillo, C., Kudra T., 1986. *Drying: principles, applications, and design*. Üçüncü Baskı. Montroe, Switzerland, CRC Press, 194-209.

- Suherman, S., Djaeni M., Wardhani D. H., Mukhtar D.R., Bagas F. M., 2018. Performance Analysis of Solar Tray Dryer for Cassava Starch. *MATEC Web of Conferences*, 156, 05008.
- Sun D.W., 2005. *Emerging Technologies for Food Processing*, Birinci Baskı. Elsevier, Dublin, Ireland, 221-249, 419-444, 445-468, 469-505, 507-533.
- Sun Q., Zhang M., Mujumdar A.S., 2019. Recent developments of artificial intelligence in drying of fresh food: A review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(14), 2258-2275.
- Supprung P., Noomhorm A., 2003. Optimization of drum Drying parameters for low amylose rice starch and flour. *Drying Technology*, 21(9), 1781-1795.
- Szulmayer, W., 1971. From sun-drying to solar dehydration. I. Methods and equipment. *Food Technol Australia*. 440-443.
- Şimşek B., Gün İ., 2009. Free fatty acid composition of Akcakatik cheese, a traditional Turkish dairy product. *Asian Journal of Chemistry*, 21(8), 5923-5928.
- Şimşek B., Tuncer Y., 2018. Some properties of fresh and ripened traditional akcakatik cheese. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38(1), 110.
- Taghavivand M., Choi K., Zhang, L., 2017. Investigation on drying kinetics and tribocharging behaviour of pharmaceutical granules in a fluidized bed dryer. *Powder Technology*, 316, 171-180.
- Thorat, I. D., Mohapatra, D., Sutar, R. F., Kapdi, S. S., Jagtap, D. D., 2012. Mathematical modeling and experimental study on thin-layer vacuum drying of ginger (*Zingiber officinale* R.) slices. *Food and Bioprocess Technology*, 5(4), 1379-1383.
- Tunçer, İ. K., 2006. Yüksek frekans (RF) teknolojisiyle çay kurutma. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 2(3), 197-201.
- URL-1,2022. *İstock.com*. <https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraf/mo%C4%9Fol-aaruul-veya-gurt-g%C3%BCne%C5%9F-kurutma-peynir-ile-arka-planda-ger-gm1047544936-280204042>, (Erişim Tarihi: 18.08.2022)
- URL-2, 2022. *Bvnair.com*. <https://www.bvnair.com/urunler/detay/5823/bdras>, (Erişim Tarihi: 18.08.2022)
- URL-3, 2022. *Youtube.com*. <https://www.youtube.com/watch?v=-BLtcHYqrGM>, (Erişim Tarihi: 25.10.2022)
- Us, F., 2006. Ozmotik kurutma. *Türkiye*, 9, 24-26.
- Uslu, M.K., Certel, M., 2006. Dielektrik ısıtma ve gıda işlemede kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3, 61-69.

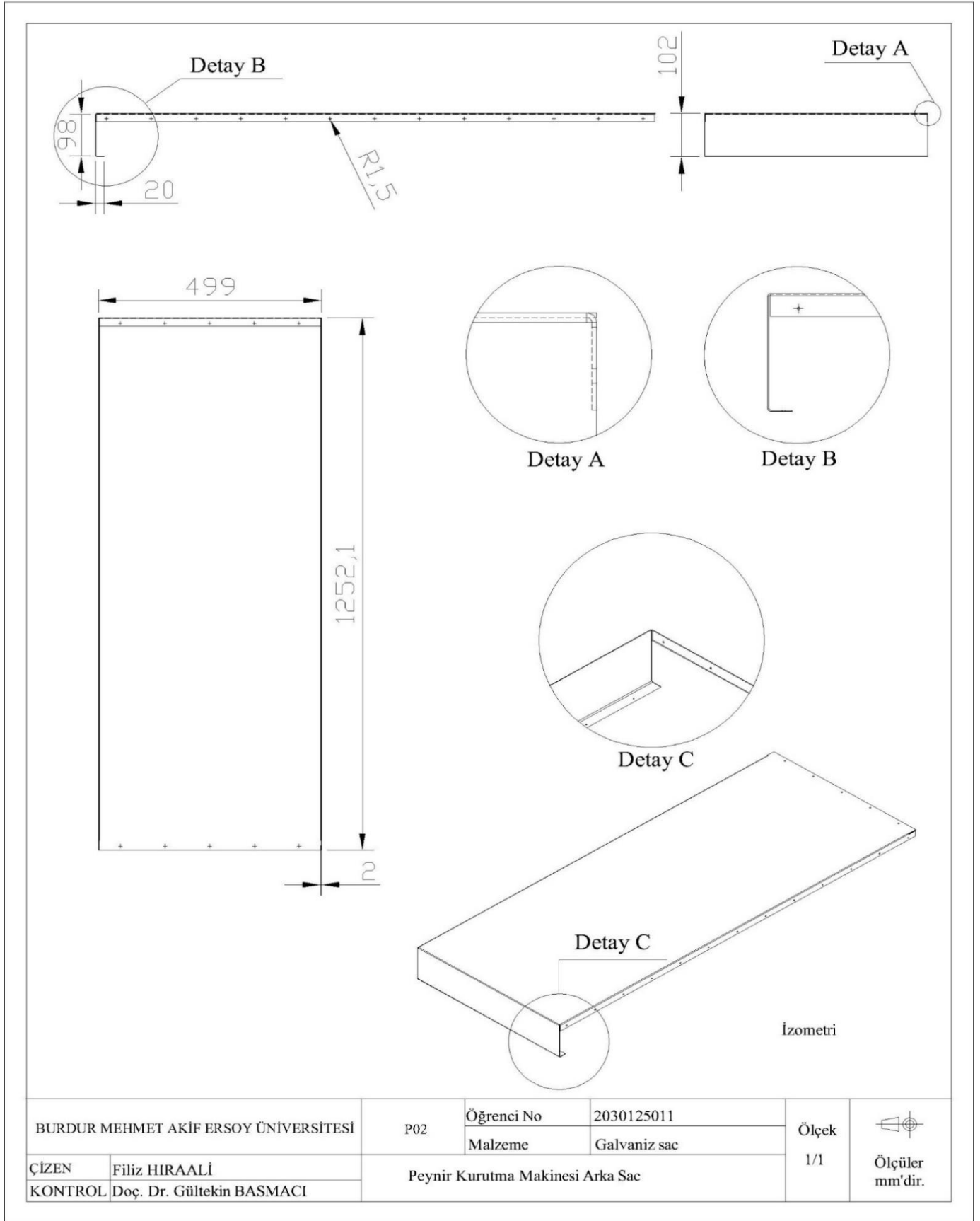
- Van Arsdel W.B., Copley M.J., 1963. *Food dehydration. Volume I. Principles*, Westport, Connecticut: AVI Publ. Co. Inc. 721 s.
- Vasić M.R., Vasić M.V., 2021. Optimize, Upgrade or Invest in a Novel Dryer? – A Brick Factory Case Study. *International Journal of Manufacturing Economics and Management*, 1(2), 62-70.
- Vega-Gálvez, A., Puente-Díaz, L., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., Torres, M. J., 2014. Mathematical Modeling of Thin-Layer Drying Kinetics of Cape Gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(2), 728-736.
- Verma, L. R., Bucklin, R. A., Endan, J. B., Wratten, F. T., 1985. Effects of drying air parameters on rice drying models. *Transactions of the ASAE*, 28(1), 296-301.
- Wang, F., 1997. *Pressure gradient and particle adhesion in the pneumatic transport of fine particles*. Faculty of Graduate Studies, University of Western Ontario.
- Wang, Y., Wig, T. D., Tang, J., Hallberg, L. M., 2003. Dielectric properties of foods relevant to RF and microwave pasteurization and sterilization. *Journal of Food Engineering*, 57(3), 257-268.
- Wang, Y., Li, Y., Wang, S., Zhang, L., Gao, M., Tang, J., 2011. Review of dielectric drying of foods and agricultural products. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 4(1), 1-19.
- Wisniewski R., 2015. Spray drying technology review. *Proceedings of the 45th International Conference on Environmental Systems ICES-2015-094*, Bellevue, Washington, 1–46.
- Wong, T. W., John, P., 2016. Advances in spray drying technology for nanoparticle formation. *Hand book of Nanoparticles. Springer International Publishing*. Cham, Switzerland, 1-16.
- Wray, D., Ramaswamy, H. S., 2015. Novel concepts in microwave drying of foods. *Drying Technology*, 33(7), 769-783.
- Yaghoubi, M., Askari, B., Mokhtarian, M., Tavakolipour, H., Rad, A. E., Jafarpour, A., Heidarian, S., 2013. Possibility of using neural networks for moisture ratio prediction in dried potatoes by means of different drying methods and evaluating physicochemical properties. *Agricultural Engineering International CIGR Journal*, 15(4), 258-269.
- Yazar, G., İçier, F., 2013. Radyo Frekans Isıtma Yöntemi ve Gıda İşlemede Kullanımı. *Akademik Gıda*, 11(2), 80-93.
- Yetişen M., Baltacıoğlu C., Boz D., 2021. Püskürtmeli Kurutma Tekniği ve Gıda Endüstrisinde Kullanımı: Gıda İşleme Teknolojisi. *Journal of Agriculture, Food, Environment and Animal Sciences*, 2(2), 163-189.

- Yıldırım K. D., Özyetgin A. M., 2019. Memlük-Kıpçak Sahasındaki Türk Mutfak Kültürü ile İlgili Sözcükler Üzerine: Kurutma ve Saklama Yöntemiyle Oluşan Yiyecekler. *Asos Journal, The Journal of Academic Social Science*, 95, 372-385.
- Yongsawatdigul, J., Gunasekaran, S., 1996. Microwave-vacuum drying of cranberries: Part I. Energy use and efficiency. *Journal of food processing and preservation*, 20(2), 121-143.
- Zahed A. H., Zhu J. X., Grace J. R., 1995. Modelling and simulation of batch and continuous fluidized bed dryers. *Drying Technology*, 13(1-2), 1-28.
- Zhong, T., Lima, M., 2003. The effect of ohmic heating on vacuum drying rate of sweet potato tissue. *Bioresource Technology*, 87(3), 215-220.
- Zielinska, M., Zapotoczny, P., Alves-Filho, O., Eikevik, T. M., Blaszcak, W., 2013. A multi-stage combined heat pump and microwave vacuum drying of green peas. *Journal of Food Engineering*, 115(3), 347-356.

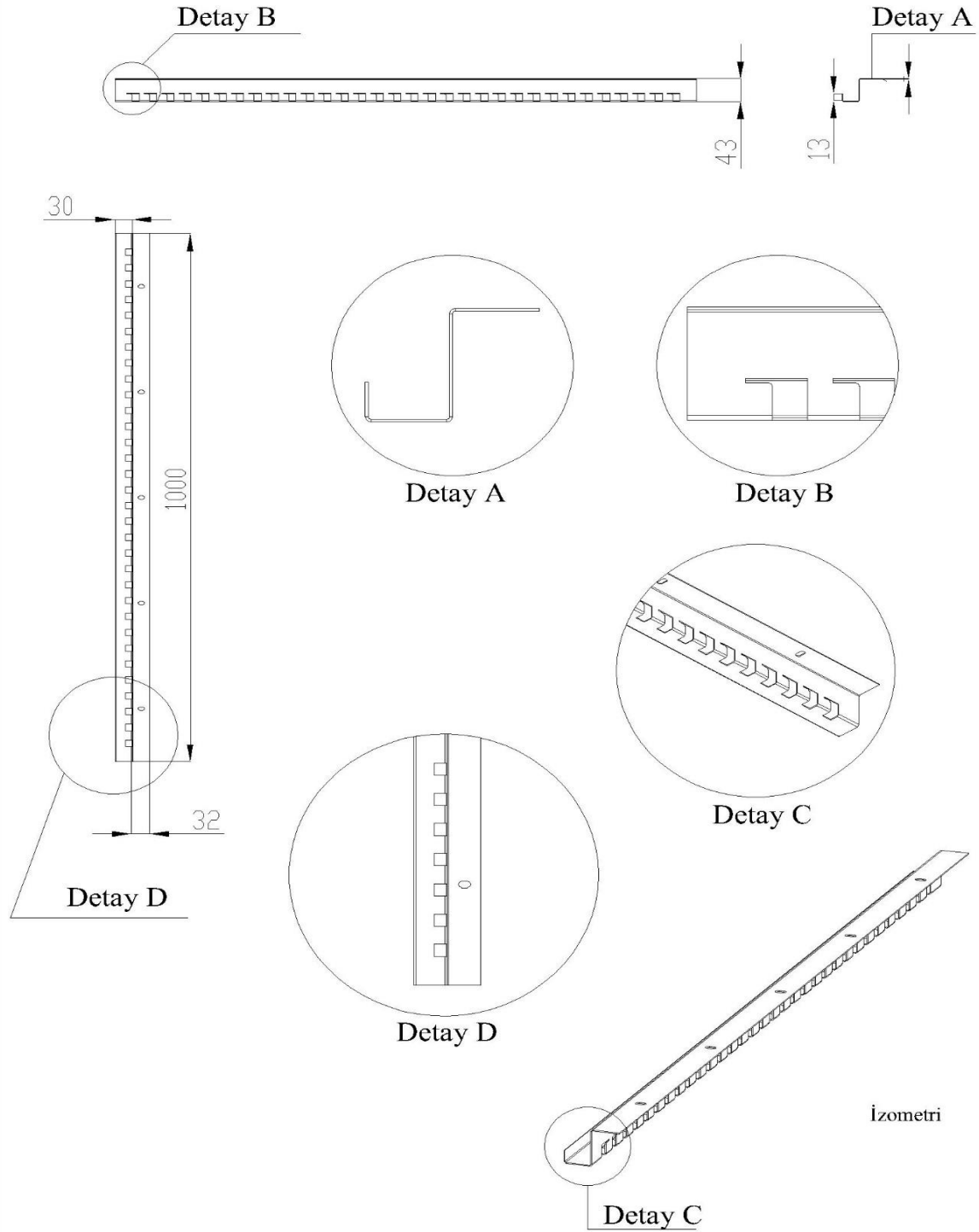
EKLER



EK 1 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi arka iç sac teknik resmi

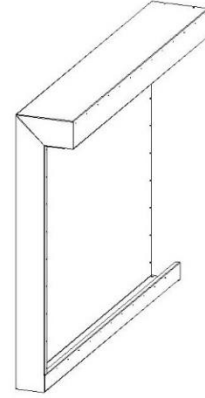
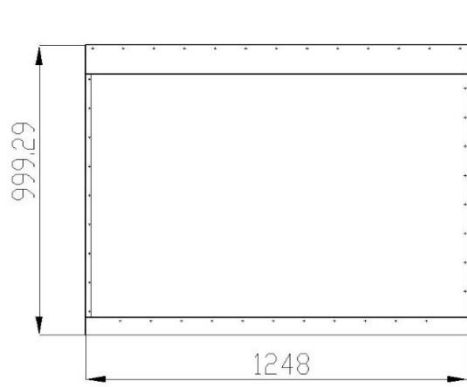


EK 2 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi arka sac teknik resmi



BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		P05	Öğrenci No	2030125011	Ölçek 1/1	 Ölçüler mm'dir.
			Malzeme	Galvaniz sac		
ÇİZEN	Filiz HIRAALİ	Peynir Kurutma Makinesi Aynalama Raf Bağlantı Sacı				
KONTROL	Doç. Dr. Gültekin BASMACI					

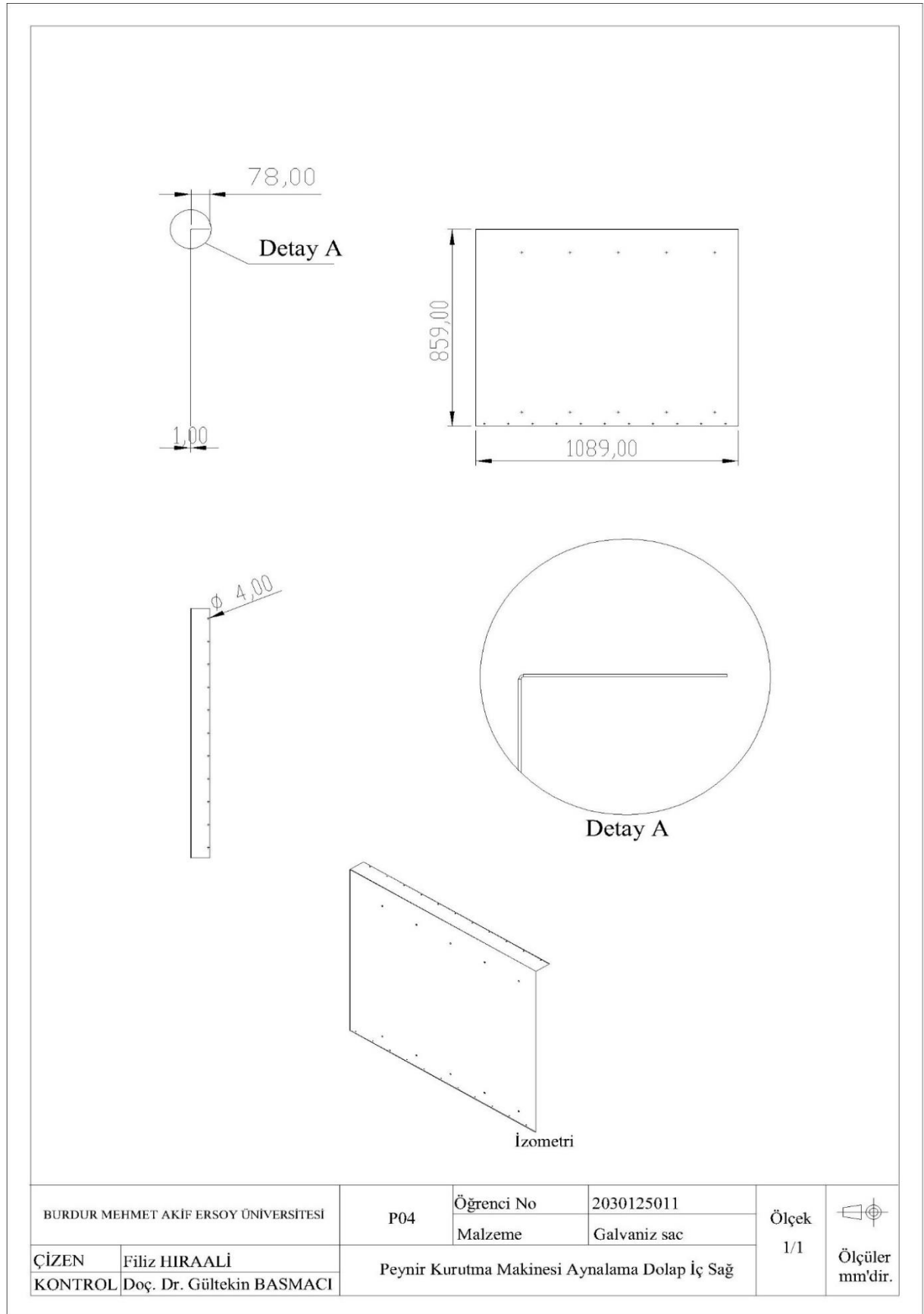
EK 3 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi raf bağlantı sacı teknik resmi



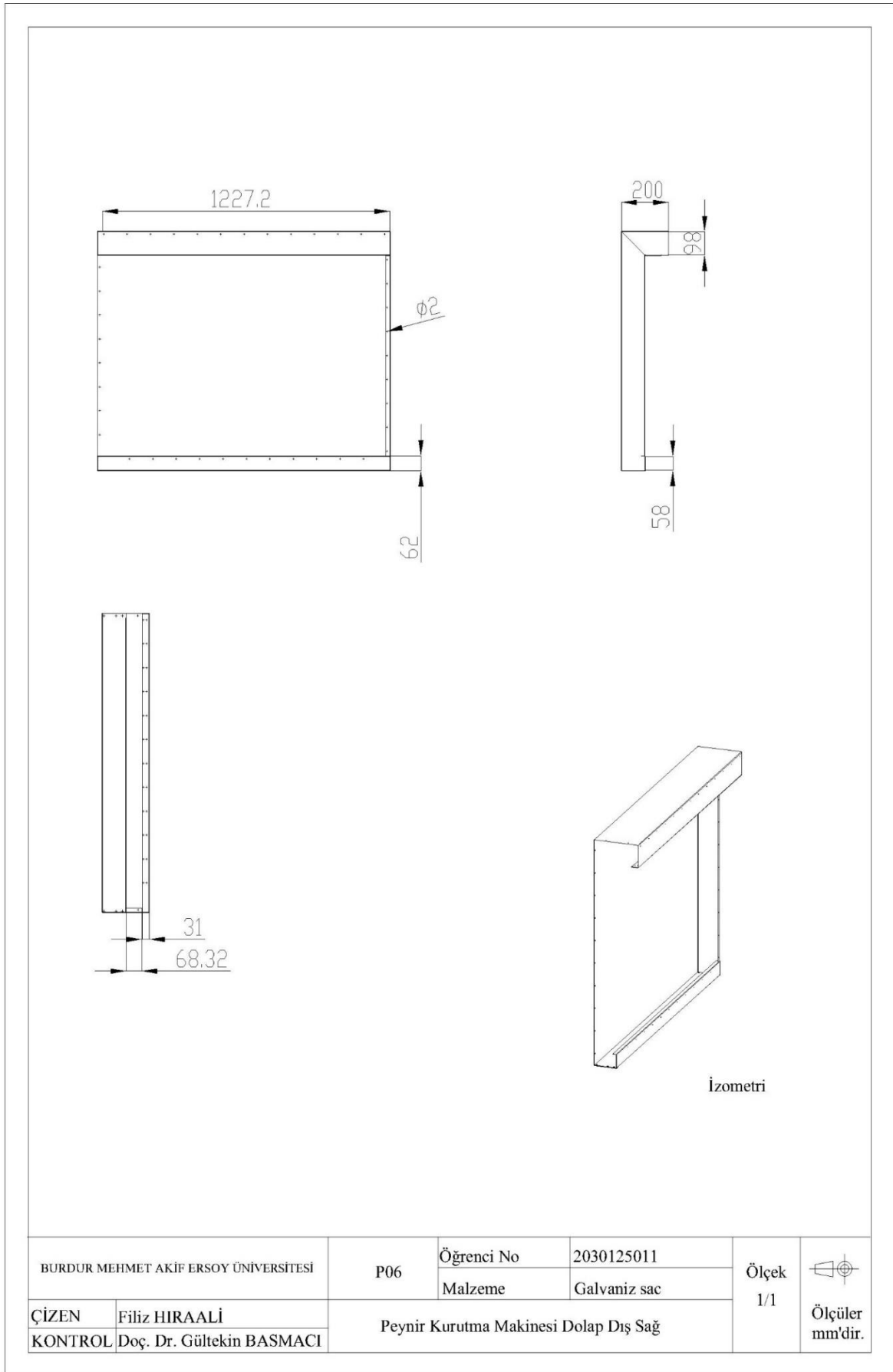
İzometri

BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		P03	Öğrenci No	2030125011	Ölçek 1/1	 Ölçüler mm'dir.
ÇİZEN	Filiz HIRAALİ		Malzeme	Galvaniz sac		
KONTROL Doç. Dr. Gültekin BASMACI		Peynir Kurutma Makinesi Aynalama Dış Dolap Sağ				

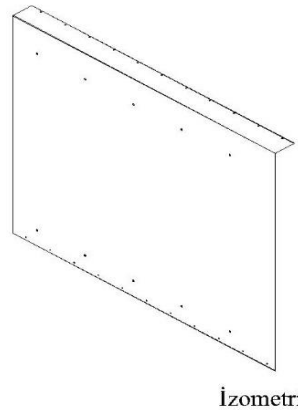
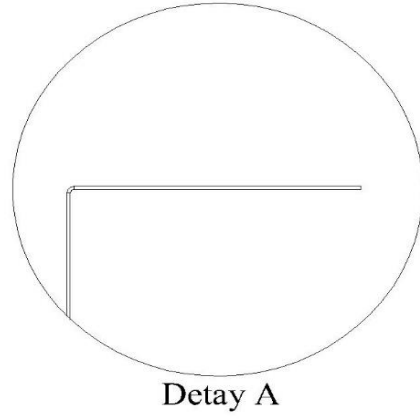
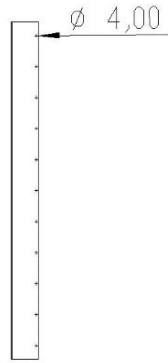
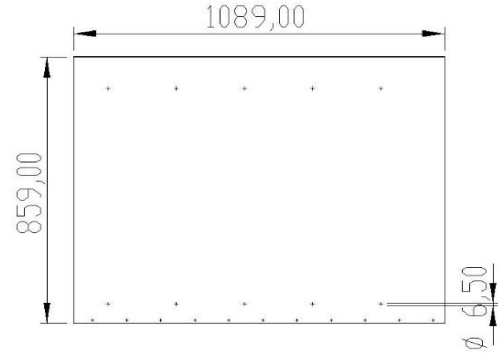
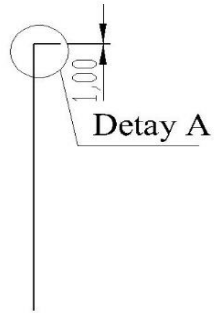
EK 4 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi aynalama dolap dış sağ sac teknik resmi



EK 5 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi aynalama dolap iç sağ sac teknik resmi

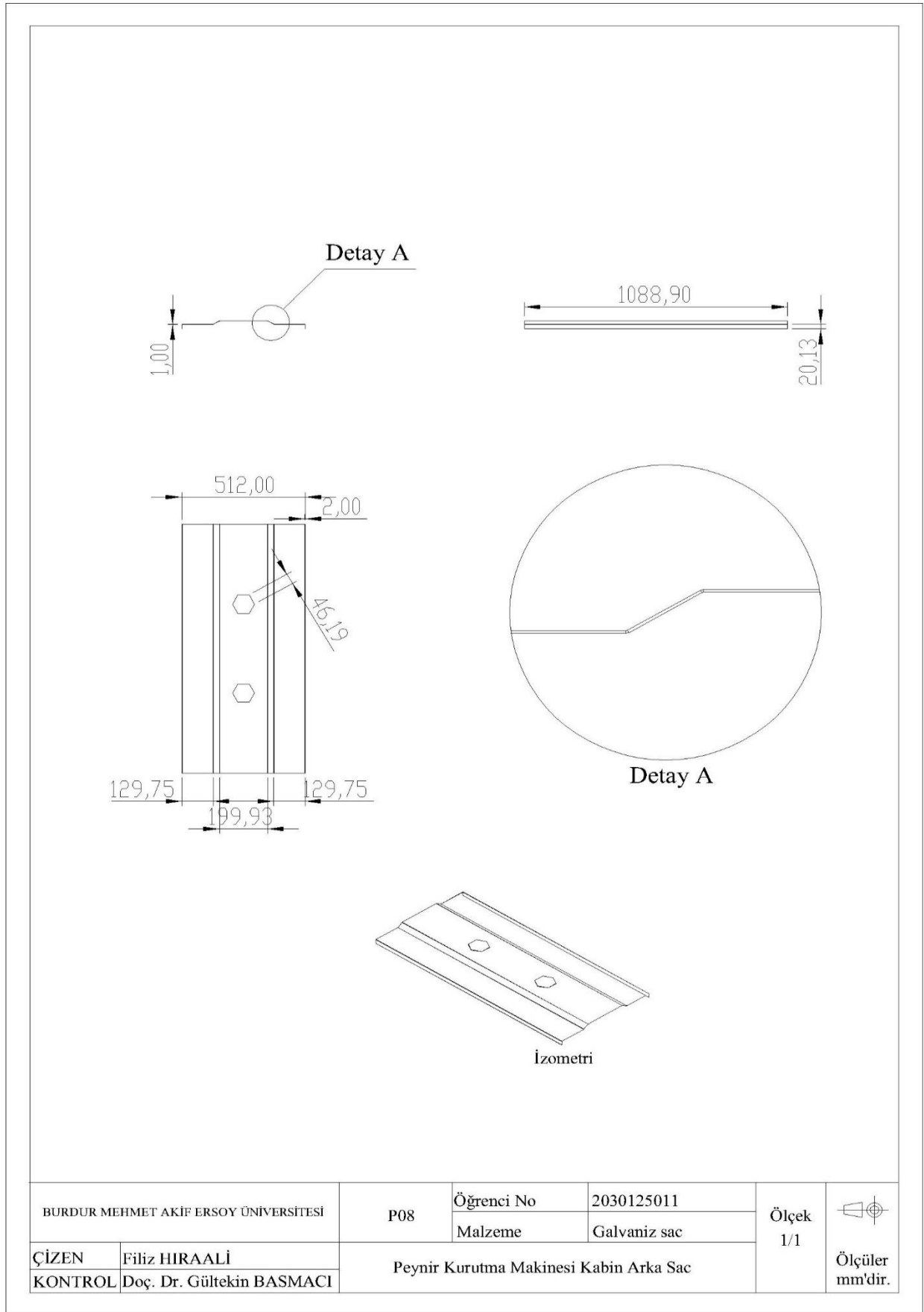


EK 6 - Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi dolap dış sağ sac teknik resmi

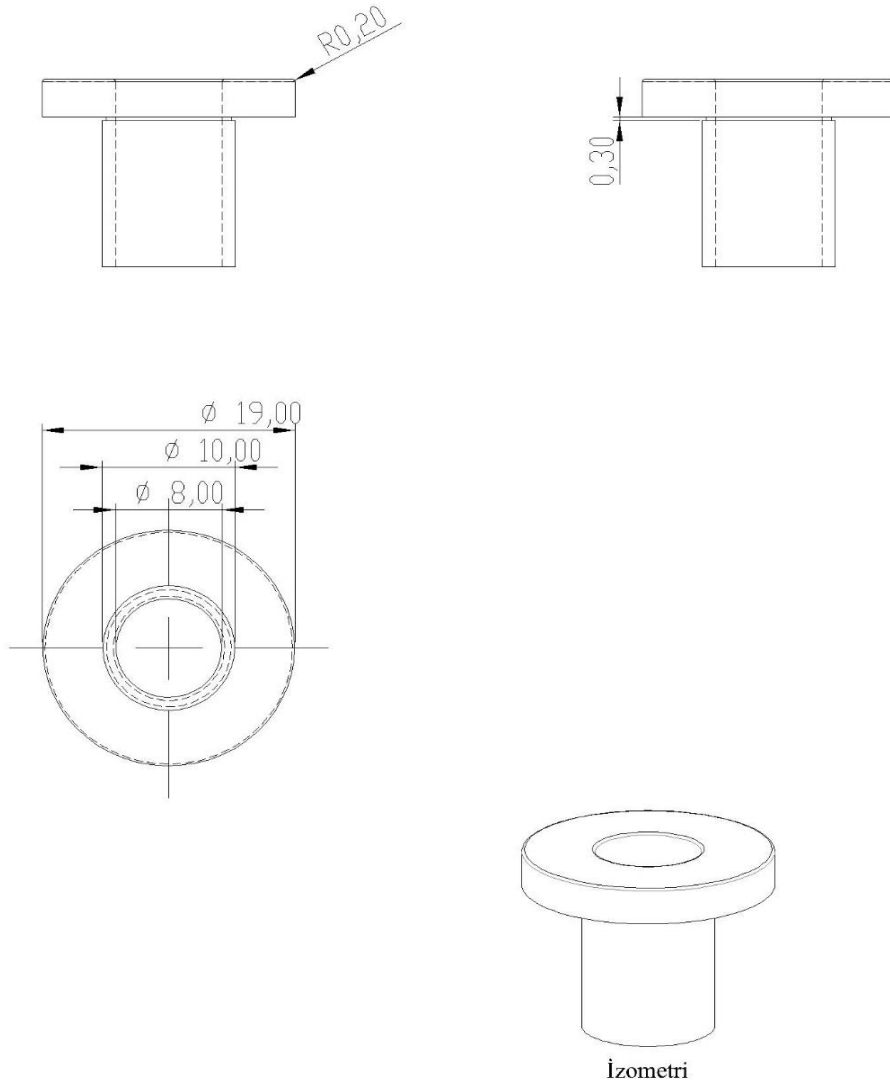


BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		P07	Öğrenci No	2030125011	Ölçek 1/1	 Ölçüler mm'dir.
ÇİZEN	Filiz HIRAALİ		Malzeme	Galvaniz sac		
KONTROL	Doç. Dr. Gültekin BASMACI	Peynir Kurutma Makinesi Dolap İç Sağ				

EK 7 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi dolap iç sağ sac teknik resmi



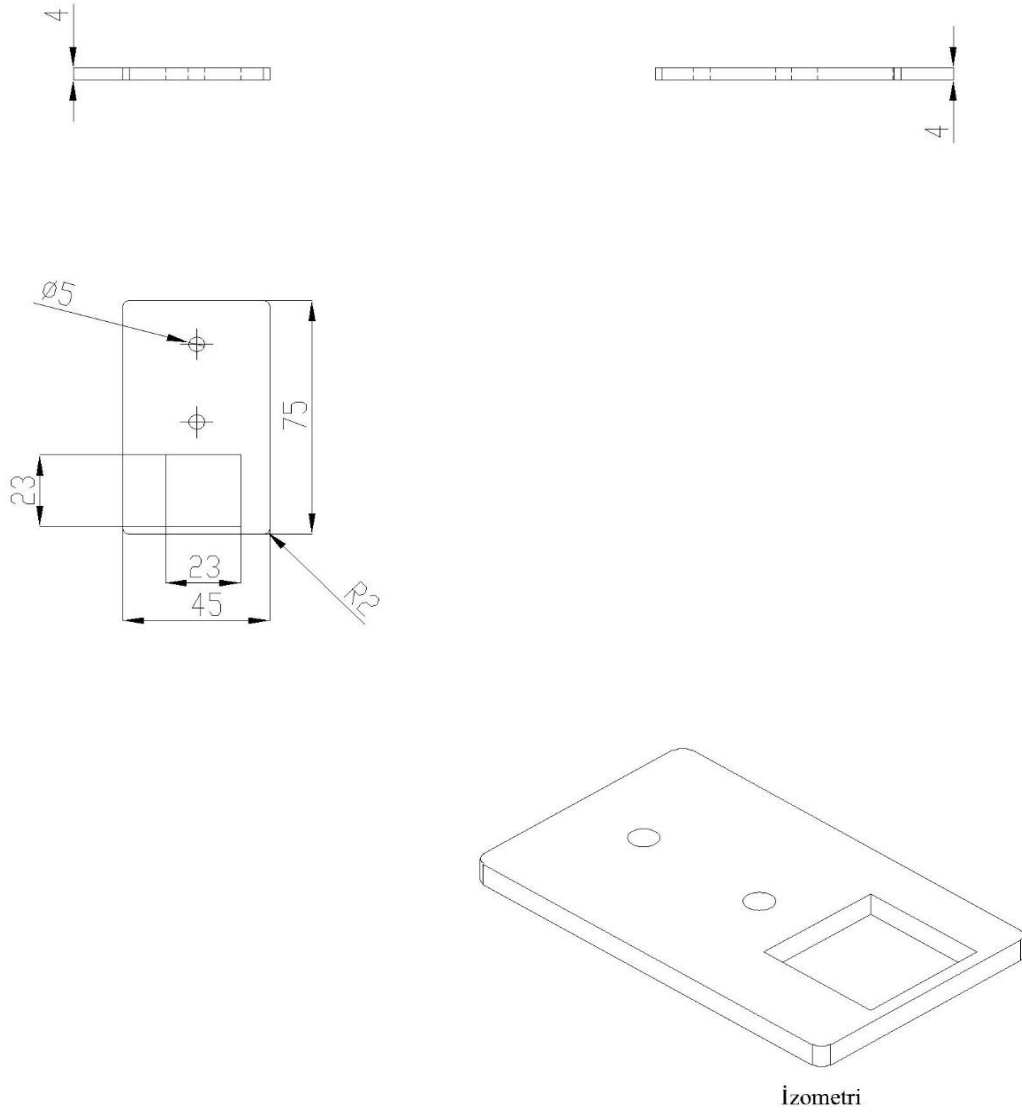
EK 8 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi kabin arka sac teknik resmi



İzometri

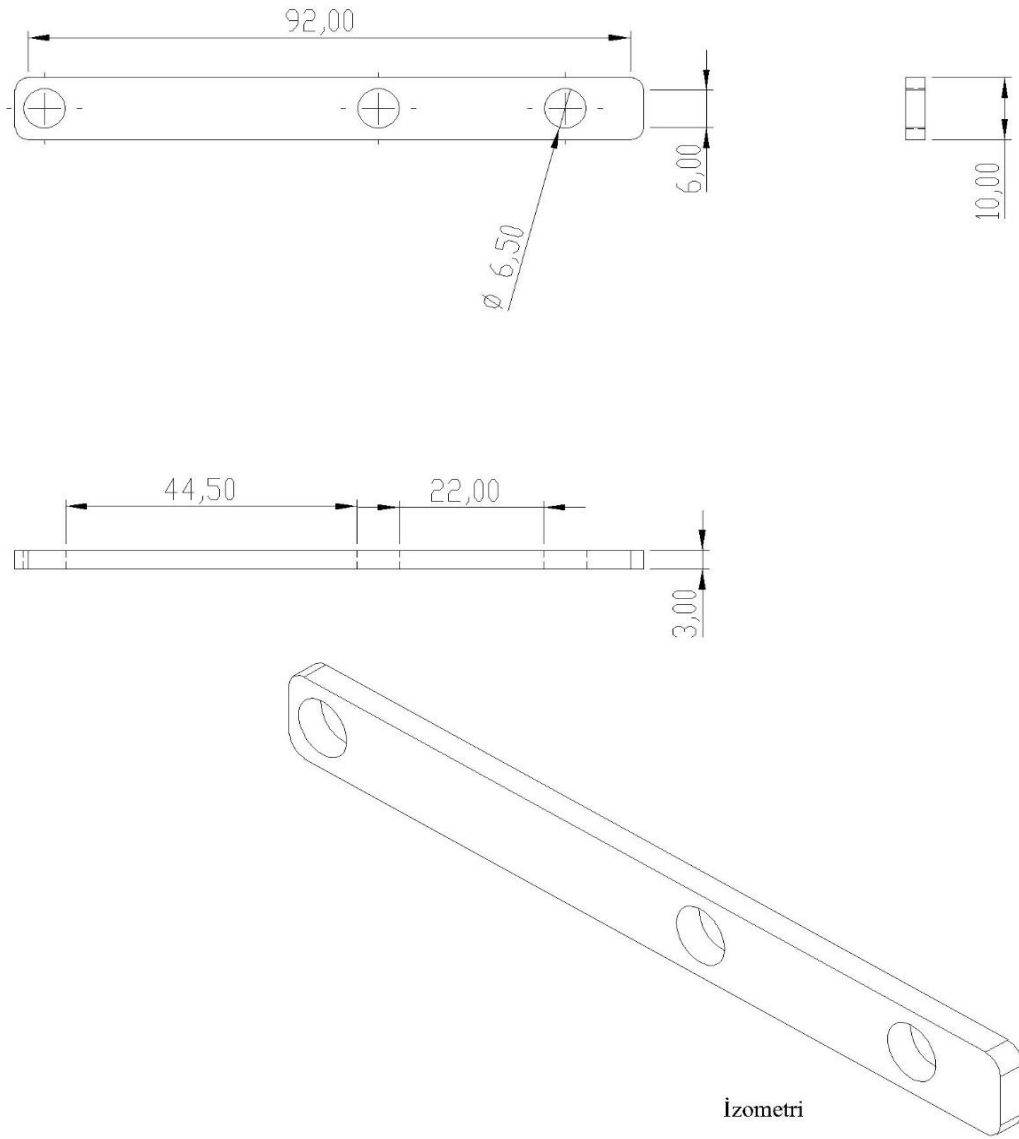
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		P09	Öğrenci No	2030125011	Ölçek 1/1	
ÇİZEN	Filiz HIRAALİ		Malzeme	Galvaniz sac		
KONTROL	Doç. Dr. Gültekin BASMACI	Peynir Kurutma Makinesi Kapak Burç			Ölçüler mm'dir.	

EK 9 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi kapak burç teknik resmi



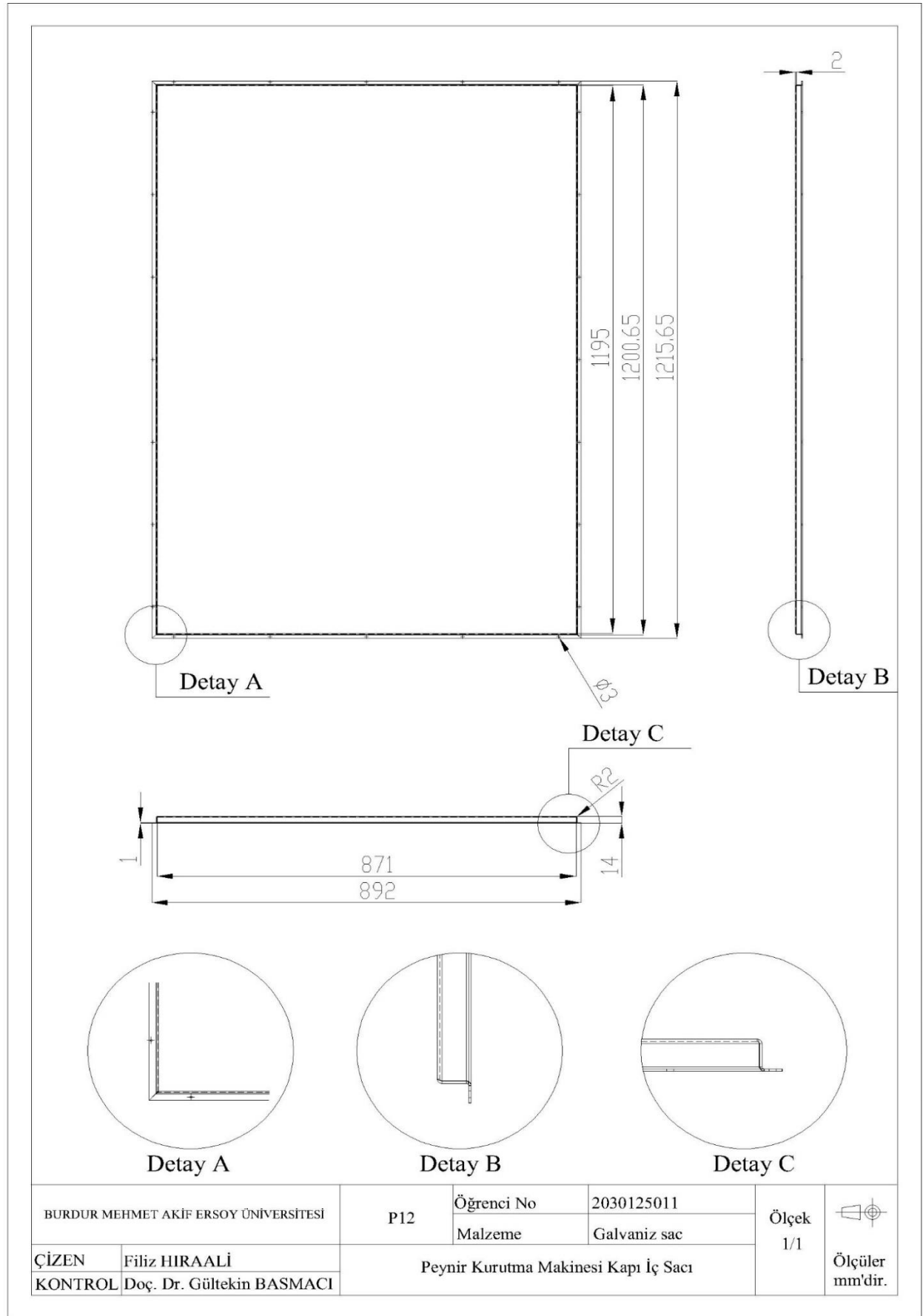
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		P11	Öğrenci No	2030125011	Ölçek 1/1	
			Malzeme	Galvaniz sac		
ÇİZEN	Filiz HIRAALİ	Peynir Kurutma Makinesi Kapı Destek				
KONTROL	Doç. Dr. Gültekin BASMACI					

EK 10 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi kapı destek sacı teknik resmi

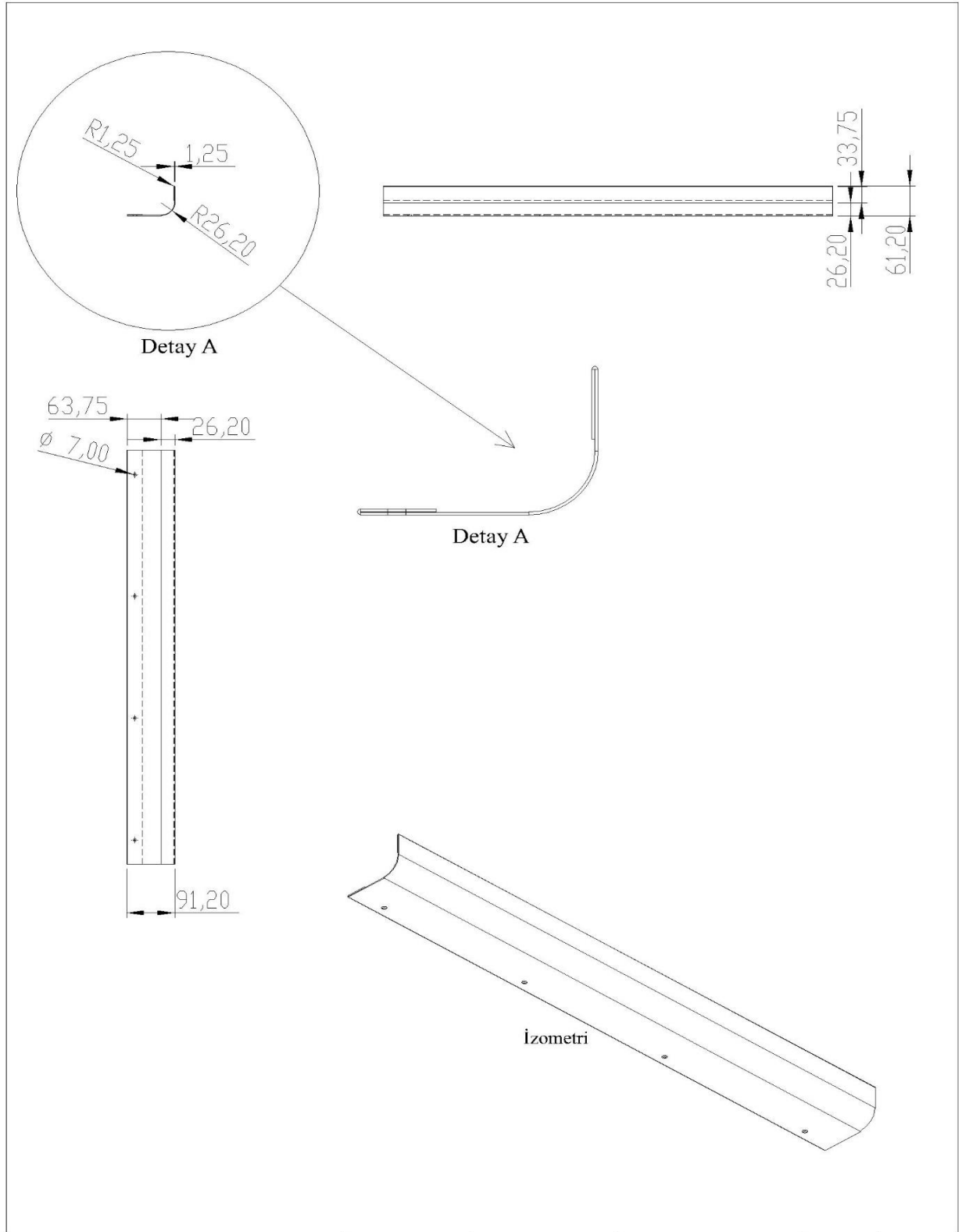


BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		P10	Öğrenci No	2030125011	Ölçek 1/1	 Ölçüler mm'dir.
			Malzeme	Galvaniz sac		
ÇİZEN	Filiz HIRAALİ	Peynir Kurutma Makinesi Kapı Destek			1/1	Ölçüler mm'dir.
KONTROL	Doç. Dr. Gültekin BASMACI					

EK 11 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi kapı destek sacı teknik resmi

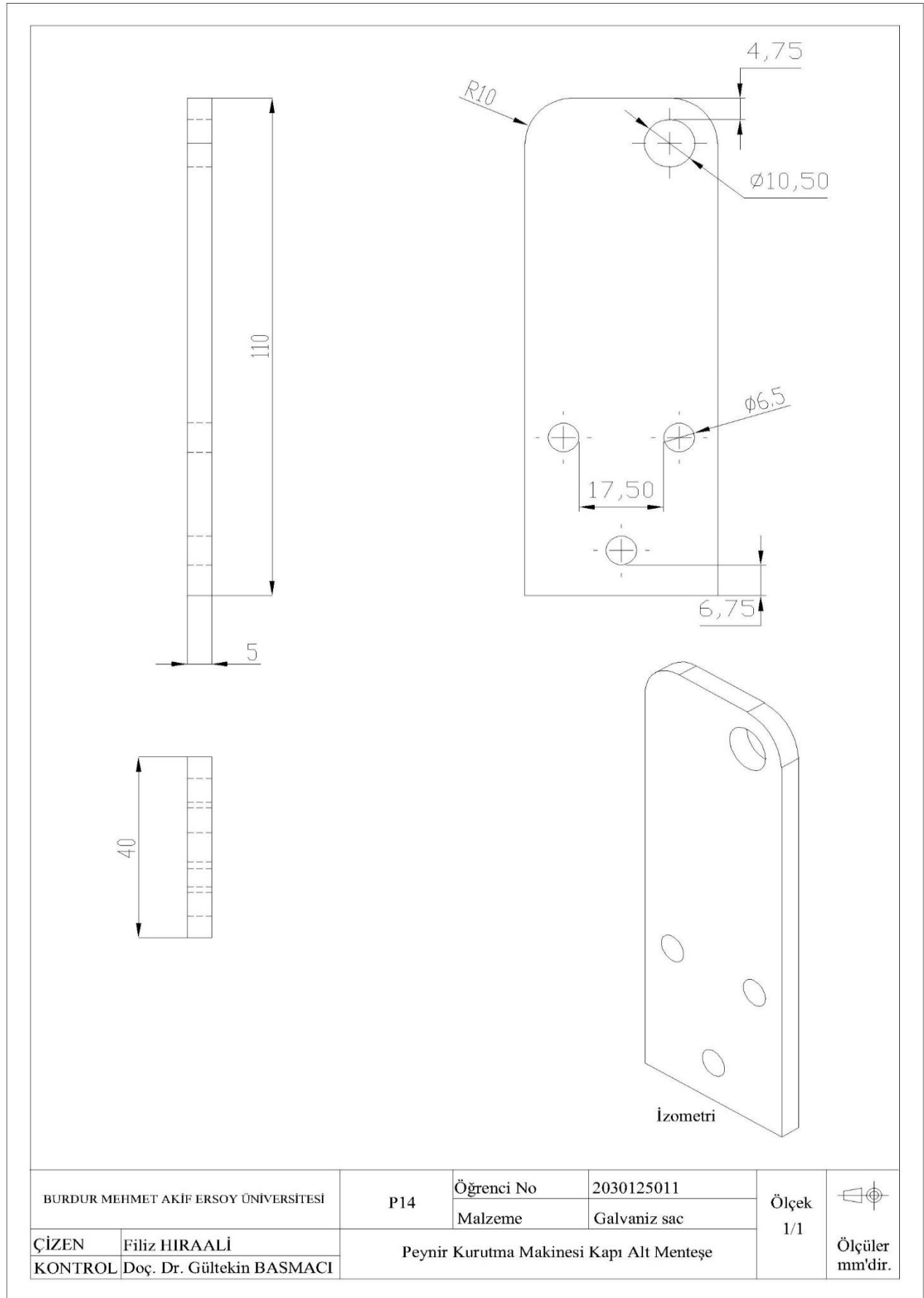


EK 12 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi kapı iç sacı teknik resmi

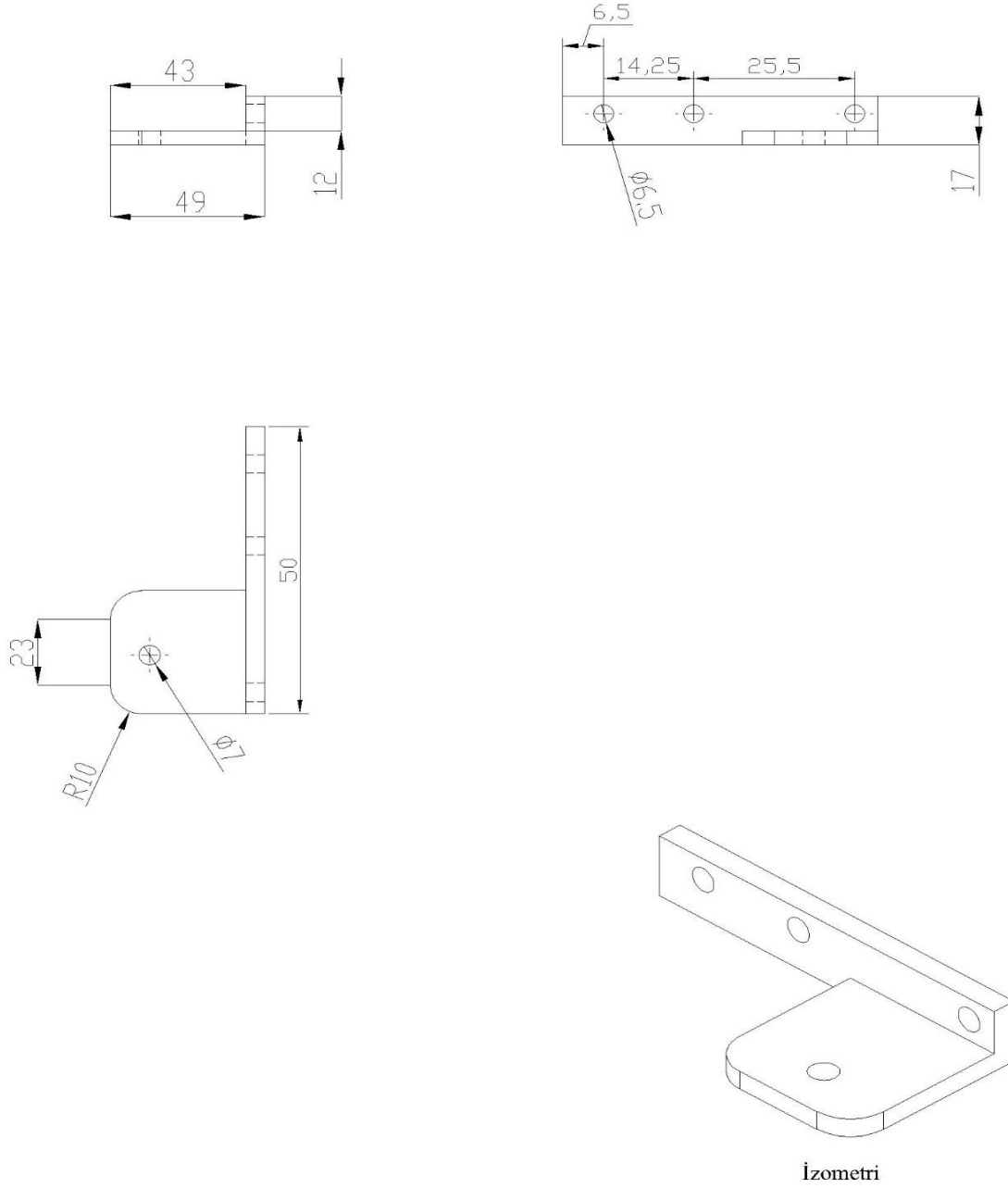


BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		P13	Öğrenci No	2030125011	Ölçek 1/1	
			Malzeme	Galvaniz sac		
ÇİZEN	Filiz HIRAALİ	Peynir Kurutma Makinesi Kapı Kulpu				
KONTROL	Doç. Dr. Gültekin BASMACI					Ölçüler mm'dir.

EK 13 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi kapı kulpu teknik resmi

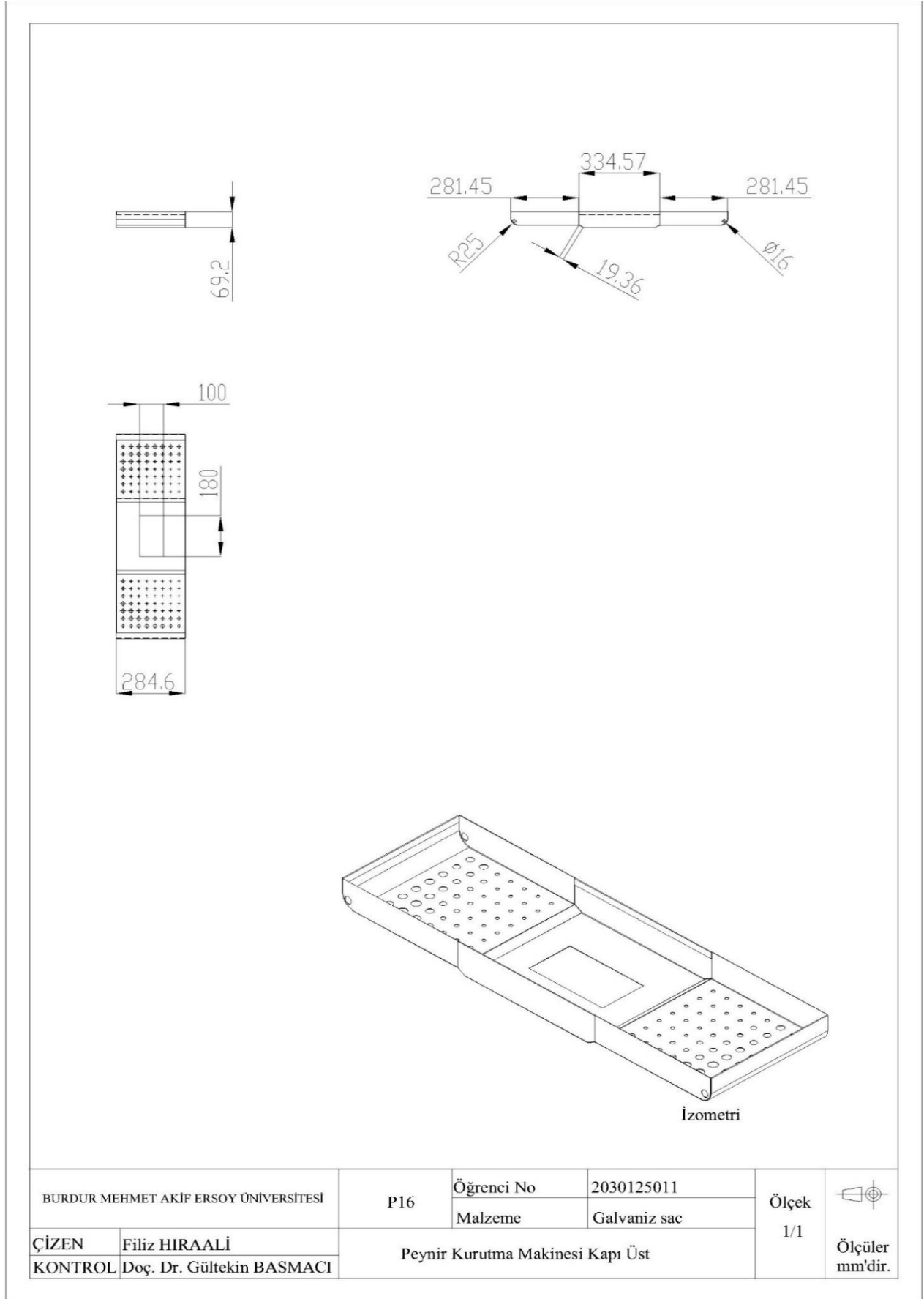


EK 14 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi kapı aly menteşe teknik resmi

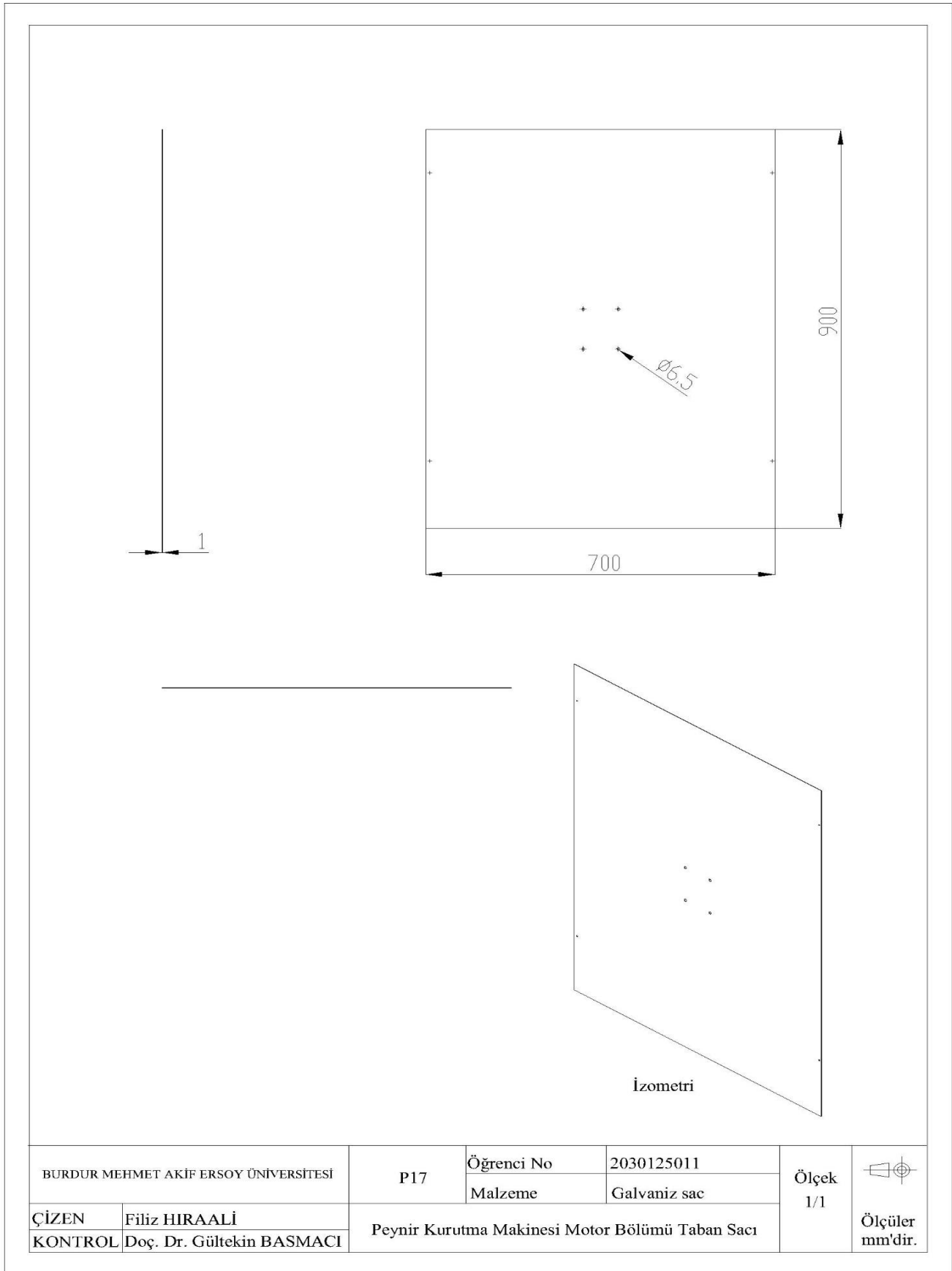


BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		P15	Öğrenci No	2030125011	Ölçek 1/1	
ÇİZEN	Filiz HIRAALİ		Malzeme	Galvaniz sac		
KONTROL	Doç. Dr. Gültekin BASMACI	Peynir Kurutma Makinesi Kapı Ara Menteşe			Ölçüler mm'dir.	

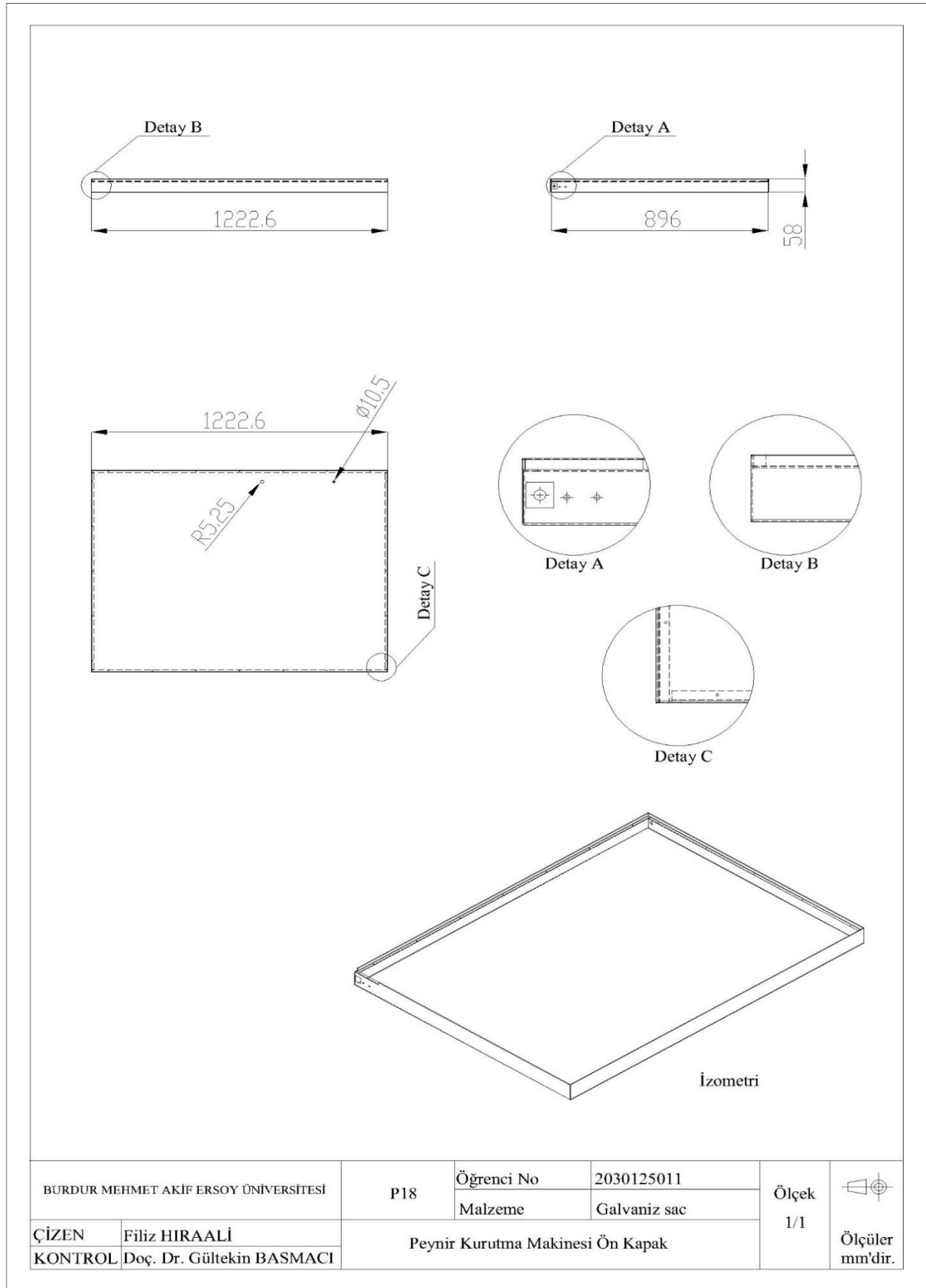
EK 15 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi kapı ara menteşe teknik resmi



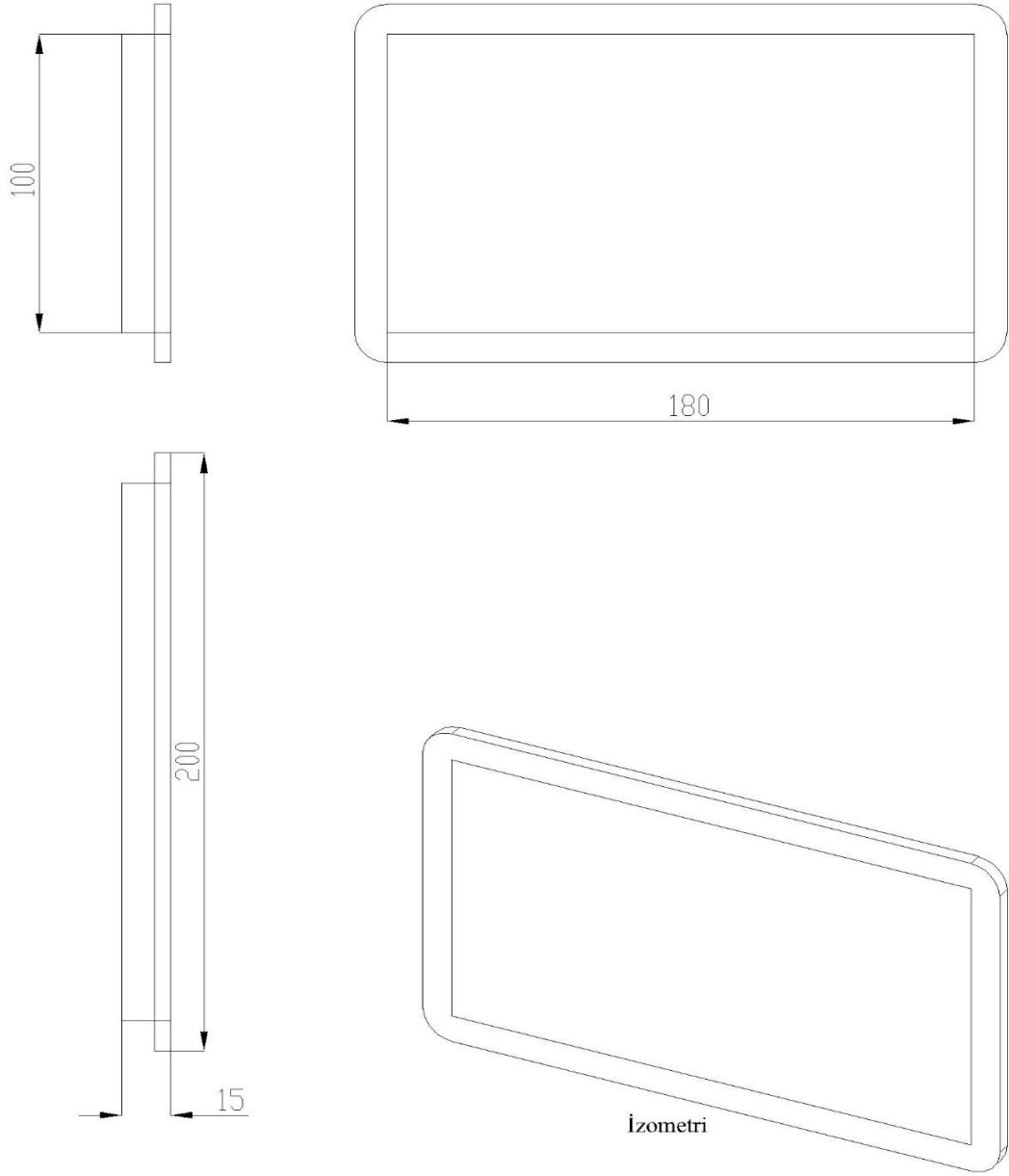
EK 16 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi kapı üst sacı teknik resmi



EK 17 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi motor bölümü taban sacı teknik resmi

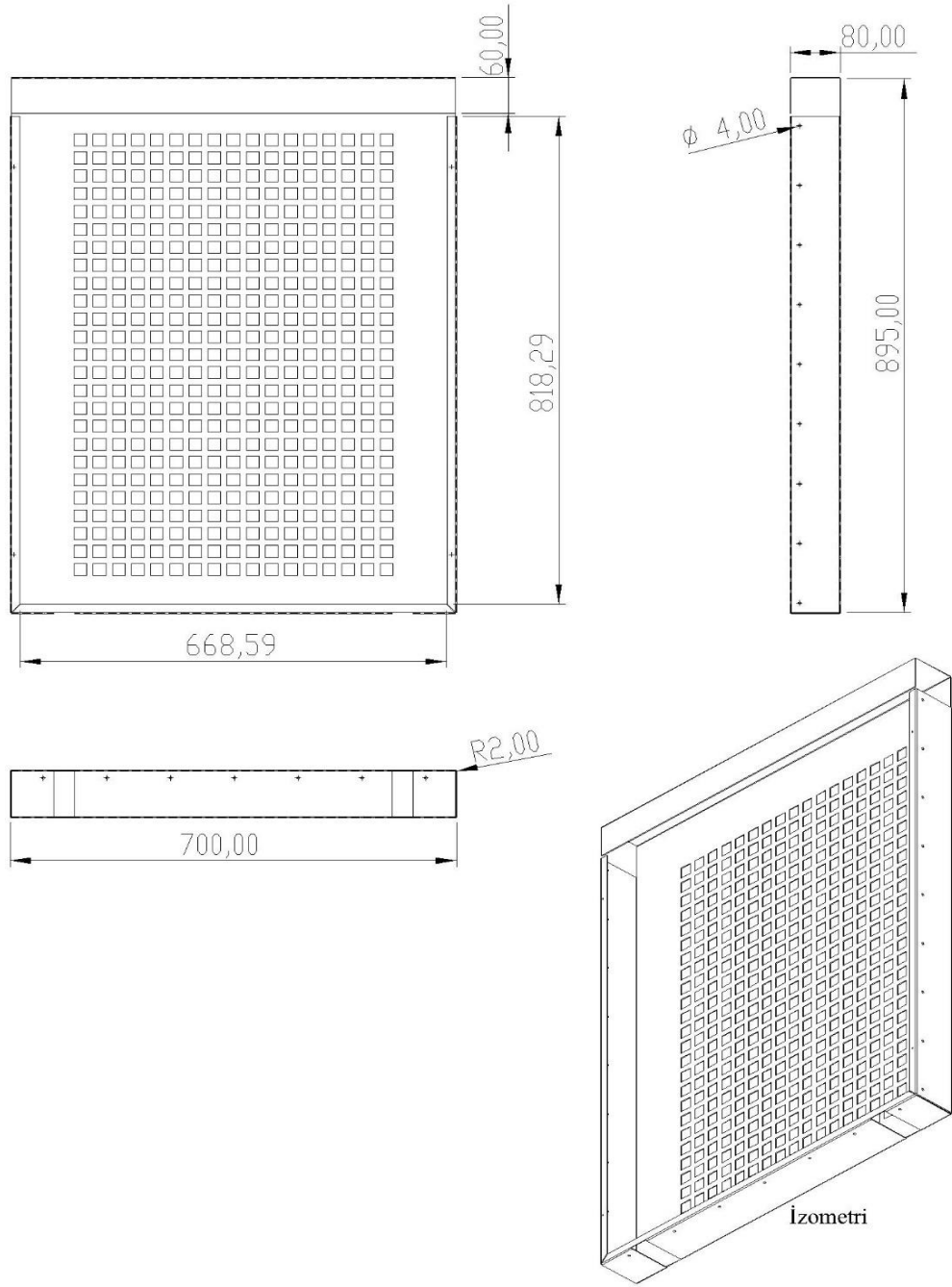


EK 18 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi ön kapak sacı teknik resmi



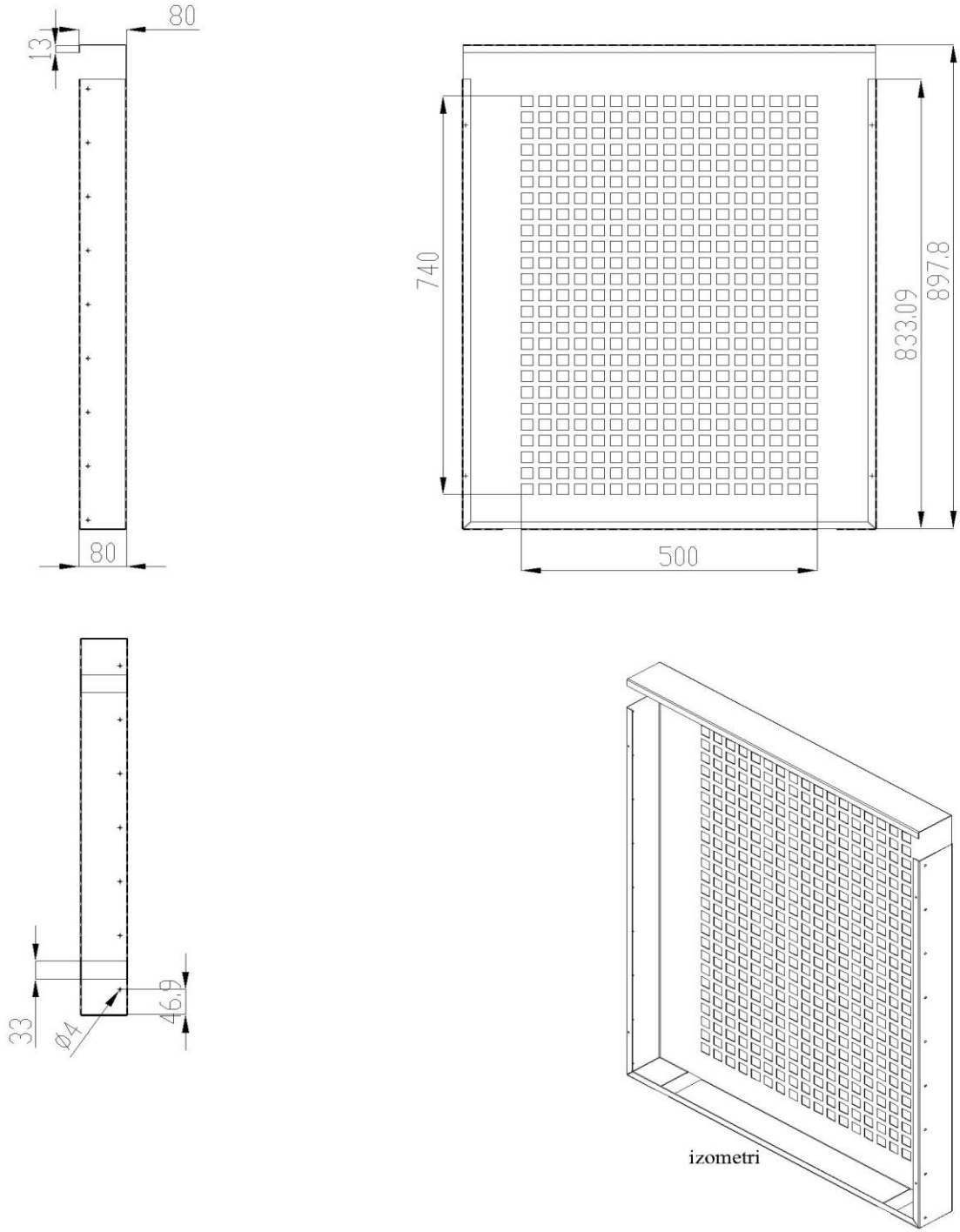
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		P20	Öğrenci No	2030125011	Ölçek 1/1	
			Malzeme	Galvaniz sac		
ÇİZEN	Filiz HIRAALİ	Peynir Kurutma Makinesi Plc Ekran				
KONTROL	Doç. Dr. Gültekin BASMACI					Ölçüler mm'dir.

EK 19 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi PLC ekran teknik resmi



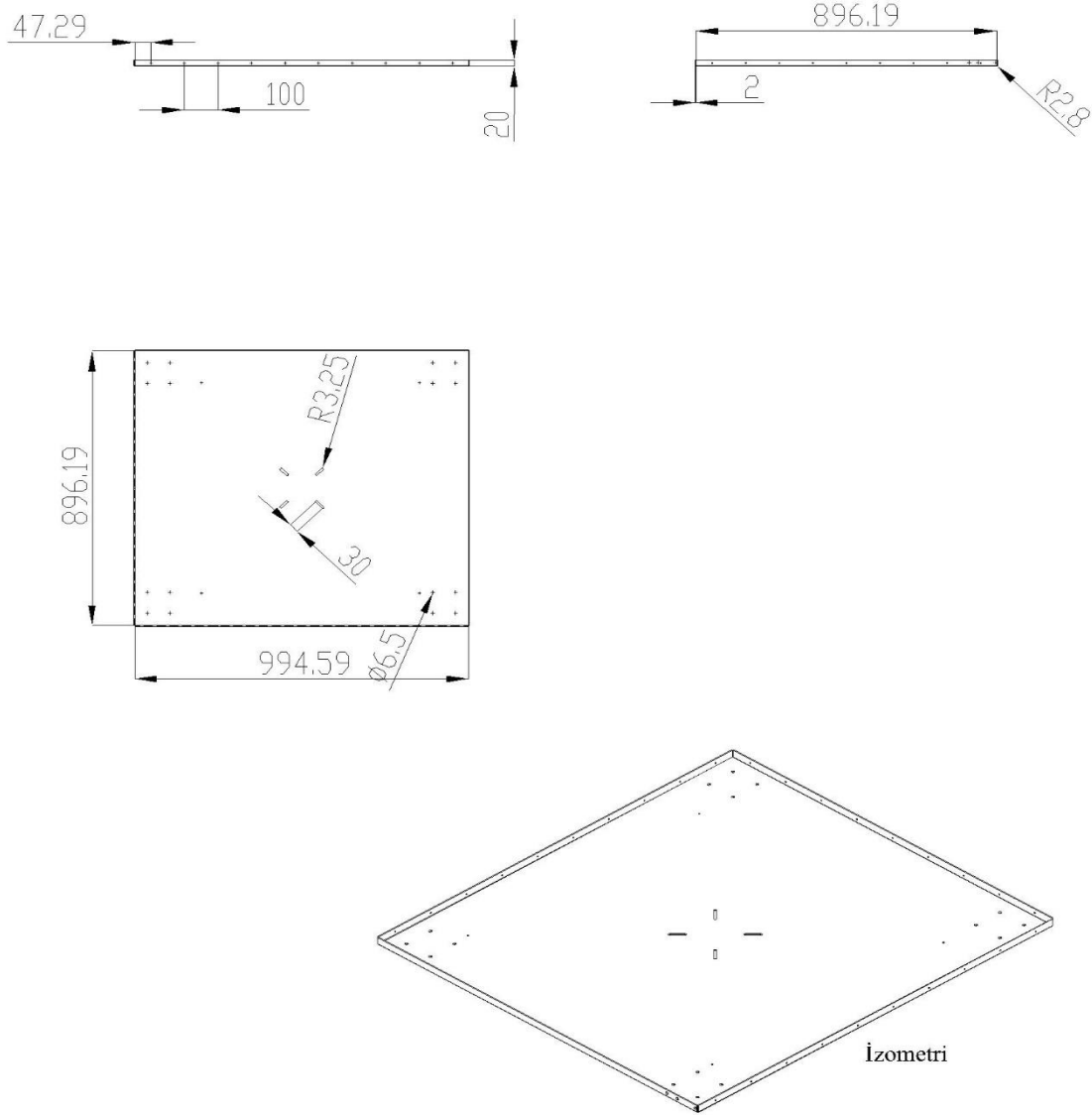
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		P21	Öğrenci No	2030125011	Ölçek 1/1	 Ölçüler mm'dir.
			Malzeme	Galvaniz sac		
ÇİZEN	Filiz HIRAALİ	Peynir Kurutma Makinesi Taban İç Üst Sac				
KONTROL	Doç. Dr. Gültekin BASMACI					

EK 20 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi taban iç üst sacı teknik resmi



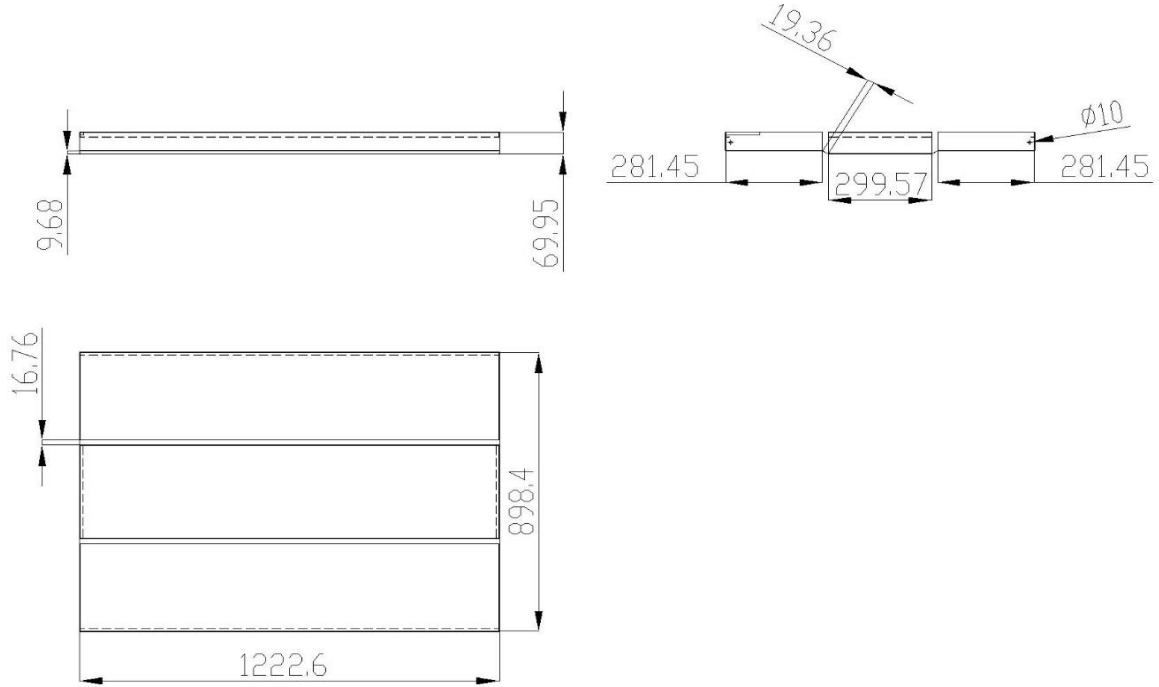
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		p22	Öğrenci No	2030125011	Ölçek 1/1	
			Malzeme	Galvaniz sac		
ÇİZEN	Filiz HIRAALİ	Peynir Kurutma Makinesi Taban İç Sac				Ölçüler mm'dir.
KONTROL	Doç. Dr. Gültekin BASMACI					

EK 21 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi taban iç sacı teknik resmi



BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		P23	Öğrenci No	2030125011	Ölçek 1/1	 Ölçüler mm'dir.
			Malzeme	Galvaniz sac		
ÇİZEN	Filiz HIRAALİ	Peynir Kurutma Makinesi Taban Sacı				
KONTROL	Doç. Dr. Gültekin BASMACI					

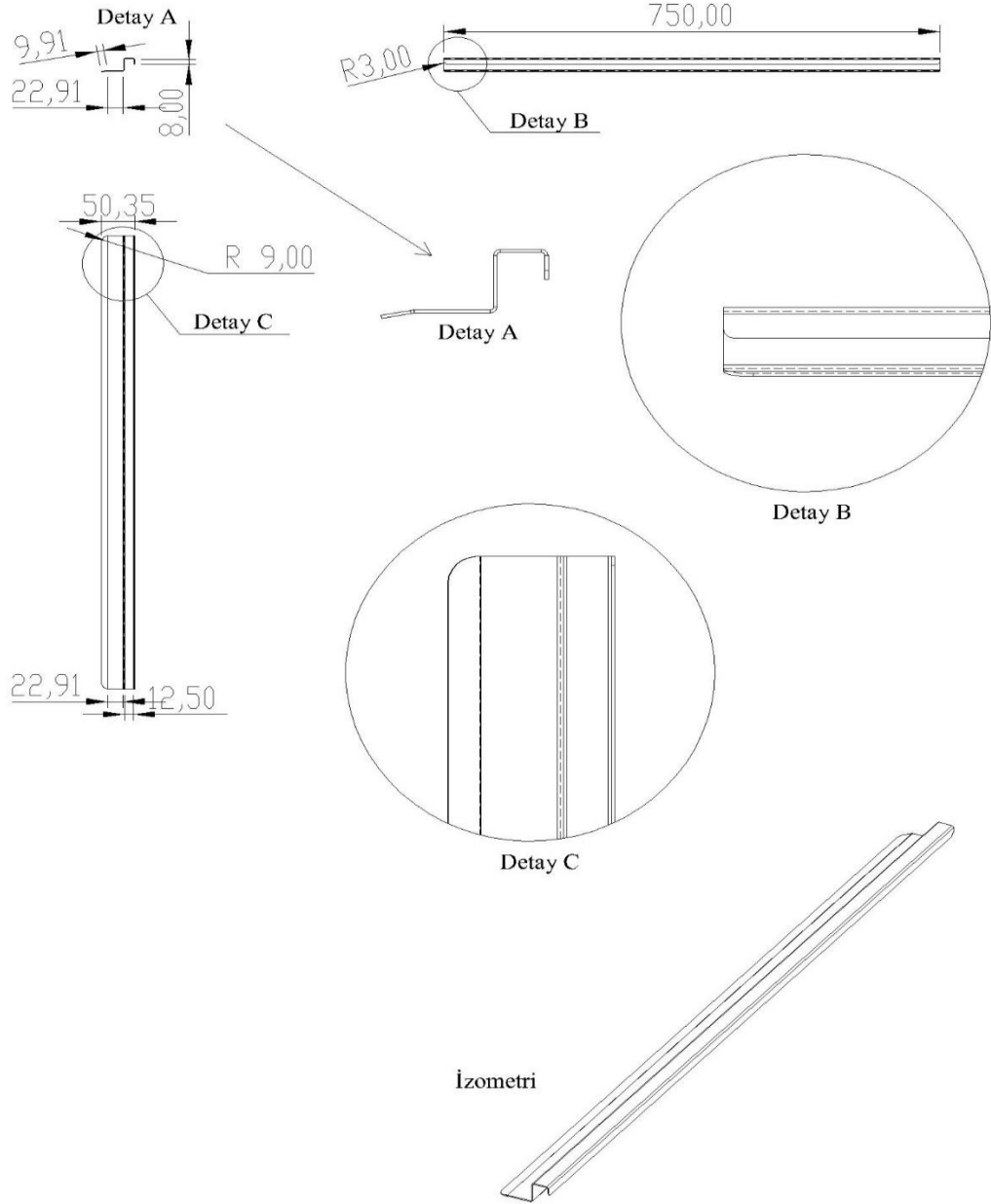
EK 22 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi taban sacı teknik resmi



İzometri

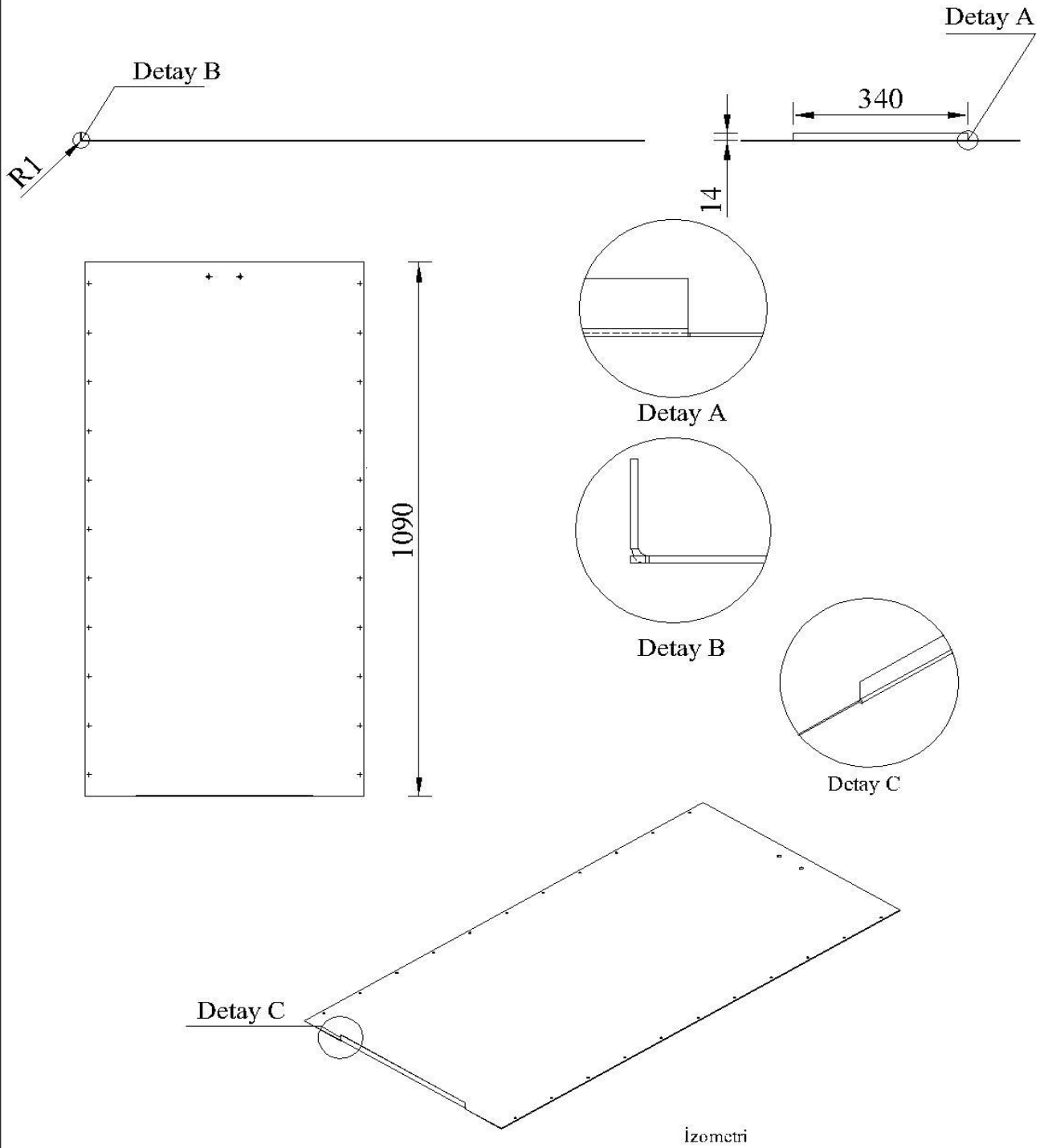
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		P19	Öğrenci No	2030125011	Ölçek 1/1	
ÇİZEN	Filiz HIRAALİ		Malzeme	Galvaniz sac		
KONTROL	Doç. Dr. Gültekin BASMACI	Peynir Kurutma Makinesi Taban Kenar Flanş			Ölçüler mm'dir.	

EK 23 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi taban kenar flanşı teknik resmi



BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		p24	Öğrenci No	2030125011	Ölçek 1/1	
			Malzeme	Galvaniz sac		
ÇİZEN	Filiz HIRAALİ	Peynir Kurutma Makinesi Tava Rafı				Ölçüler mm'dir.
KONTROL	Doç. Dr. Gültekin BASMACI					

EK 24 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi dolap tava rafı teknik resmi



BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		P01	Öğrenci No	2030125011	Ölçek 1/1	 Ölçüler mm'dir.
			Malzeme	Galvaniz sac		
ÇİZEN	Filiz HIRAALİ	Peynir Kurutma Makinesi Arka İç Sac				
KONTROL	Doç. Dr. Gültekin BASMACI					

EK 25 – Şekil 3.1. Peynir kurutma makinesi arka iç sac teknik resmi