

12147

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

BANTLI ÇAY KIVIRMA MAKİNASI  
VE  
ENDÜSTRİYE UYGULANMASI

Mak. Müh. Mustafa Sabri DUMAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce  
"Makina Yüksek Mühendisi"  
Ünvanının Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir

Tezin Enstitüye Veriliş Tarihi :11.01.1991

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 4.02.1991

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Aydın BIYIKLIOĞLU

Jüri Üyesi : Doç.Dr. Teoman AYHAN

Jüri Üyesi : Doç.Dr. Muzaffer DOĞAN

Enstitü Müdürü : Doç.Dr. Temel SAVAŞKAN

*[Handwritten signatures]*  
Savaşkan

OCAK - 1991

TRABZON

**Y. G.**  
Yükseköğretim Kurulu  
Dokümantasyon Merkezi

## ÖNSÖZ

Çay üretiminin tarihi 5 bin yıl öncesine kadar uzanmaktadır. 1840 lı yıllara kadar el ile işlenerek kullanıma hazır hale getirilen çay, bu yılda geliştirilen ilk kıvrırma makinasından sonra çay üretiminde mekanizasyon işlemleri başlatılmış oldu. Bugün dünya çay üretiminin yarısından fazlası bu ilk geliştirilen Orthodoks kıvrırma makinasıyla işlenmektedir. 1930' lu yılları takiben geliştirilen C.T.C. ve Rotorvan kıvrırma makinaları ise ancak 1960'lı yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Ancak dünya tadımcı eksperlerinin görüşü olarak hâla en kaliteli çayın Orthodoks kıvrırma makinasıyla üretildiği şeklindedir. Ancak üretici firmalar ekonomik nedenlerle sürekli imalata uygun olan C.T.C. ve Rotorvan kıvrırma makinalarını tercih etmektedirler. Sürekli imalata uygun, ekonomik üretim yapabilen ve kaliteli çay üretimini gerçekleştirebilen bir kıvrırma makinasının tasarımı ve endüstriye uygulanabilir hale getirilmesi, gerek ülkemiz ekonomisi için ve gerekse dünya çay üretimi için büyük bir öneme sahiptir.

Yapılan bu çalışma ile söz konusu isteklere cevap verebilecek bir çay kıvrırma makinasının tasarımı ve endüstriye uyarlama işlemi gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

Tez konusu seçiminden başlayarak her türlü yardımı sağlayan sayın hocam Doç. Dr. Aydın BIYIKLIOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca deney düzeneğine katkılarından dolayı Arş. Gör. Sami Sefer DURMUŞOĞLU'na, Arş. Gör. Hasan KARABAY'a ve Makina Bölümü Teknisyenlerine teşekkür ederim. Bu çalışmayı mali yönden destekleyen K.T.Ü. Rektörlüğü ve Araştırma Fonu yetkililerine şükranlarımı sunarım.

Trabzon, Ocak-1991

Mustafa Sabri DUMAN

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İçindekiler.....	iii
Ek Listesi.....	v
Özet.....	vi
Summary.....	vii
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. ÇAY ÜRETİMİ VE İŞLENMESİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER	3
2.1. Dünya'da ve Türkiye'de Çayın Tarihi Gelişimi, Üretimi ve Tüketimi.....	3
2.1.1. Çayın Tarihi Gelişimi.....	3
2.1.2. Çay Üretimi.....	4
2.1.3. Çay Tüketimi.....	7
2.2. Çay Türleri ve İmalat Şekilleri.....	9
2.2.1. Siyah Çay.....	10
2.2.2. Yeşil Çay.....	11
2.2.3. Oolong Çay.....	14
2.2.4. Özçay (Instant Tea).....	14
2.2.5. Daldırma Çay.....	14
2.3. Siyah Çayın İşleme Teknolojisi ve Kullanılan Makinaların Özellikleri.....	15
2.3.1. Soldurma.....	15
2.3.1.1. Raf sistemi soldurma.....	15
2.3.1.2. Silindirde soldurma.....	18
2.3.1.3. Tünelde soldurma.....	19
2.3.1.4. Teknede (Trafda) Soldurma.....	19
2.3.1.5. Sürekli Soldurma.....	21
2.3.2. Kıvrırma.....	21



## EK LİSTESİ

- Resim No 1. Bantlı Kıvrırma Makinasının Önden Görünüşü..... 51  
Resim No 2. Bantlı Kıvrırma Makinasının Kesit Görünüşü....., 52



## ÖZET

Dünya'da sudan sonra en çok içilen içecek olan çay, ülkemiz ekonomisi için de büyük bir öneme sahiptir. Dünya'da üretimi ve tüketimi en çok yapılan siyah çay, beş aşamada üretilir. Bu aşamalar, soldurma, kıvrırma, fermentasyon, kurutma ve tasnifdir. Bu aşamalardaki işlemler ancak 1800 lü yıllardan sonra geliştirilen makinalarla mekanik olarak işlenmeye başlandı. Ülkemizde ise çayın işlenme mekanizması ile ilgili çalışmalar daha çok bir inceleme şeklinde kalmıştır. Bugün kullanılan makinalar ise yabancı firmalardan patentli alınarak imal edilen makinalardır.

Sürekli imalata uygun, ekonomik üretim yapabilen ve kaliteli çay üretimini gerçekleştirebilen bir kıvrırma makinasının tasarımı ve endüstriye uygulanabilir hale getirilmesi, gerek ülkemiz ekonomisi için ve gerekse dünya çay üretimi için büyük bir öneme sahiptir. Bu çalışma ile söz konusu isteklere cevap verebilecek bir çay kıvrırma makinasının tasarımı ve endüstriye uyarlama işlemi gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

Bu amaçla imal edilen bantlı çay kıvrırma makinası, silindirik kıvrırma tamburu, kıvrırma bantı, bant tahrik ve gerdirme tamburları, yaprak depoları ile elektrik motorundan oluşmaktadır. Farklı devir sayılarında deney yapabilmek için sisteme bir hız kontrol ünitesi monte edilmiştir.

Bu deney sistemiyle, farklı bağıl hızlarda ve değişik çalışma yüzeyleri ile açıklıklarında çay yapraklarının kıvrılmasının incelenmesi amaçlanmıştır.

İlk önce çeşitli çalışma (kıvrırma) yüzeyleri ile sistem çalıştırılarak, kıvrırma işlemi için en uygun yüzey formu tespit edildi. Çalışma yüzeyi belirlendikten sonra sistem, sabit bir çevresel hız oranında (1/3.5), farklı devir sayılarında çalıştırılarak çay yapraklarının istenilen şekilde kıvrılması için uygun bir devir sayısı bulundu. Son olarak da, deneylerden elde edilen sonuçlardan ve ileride yapılacak olan çalışmalardan bilgi verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çay, Çay Üretimi ve İşlenmesi, Sürekli İmalat, Kıvrırma Makineleri, Bantlı Kıvrırma Makinası.

## SUMMARY

### A Rolling Machine with Band and Its Application to Industry

The tea which is the most widely used drink after water in the world has a very important place in the Turkish economy. Production of the black tea which has the greatest share in total tea production in the world consists of five steps. These steps are withering, rolling, fermentation, drying and classification respectively. All the processes associated with these steps have been treated mechanically by using the machines developed since 19th century. In Turkey, unfortunately researches on black tea producing is not satisfactory. In the present time, most of the machines employed in the black tea production are being imported.

Developing of a rolling machine, which can work continuously, economically and roll tea leaves at well quality and also applicable easily to the black tea production industry, has very much importance for Turkish economy as well as the black tea production industry. This thesis was therefore devoted to developing such kind of rolling machine.

Thus, a rolling machine with band, which consists of a cylindrical rolling tambour, a rolling band, band tambours for actuating and tightening, a power source and storage tanks for tea leaves, has been developed and manufactured. In order to make experiments at various number of rotations of tambour, a system to change number of rotations of tambour has been employed.

By using this experimental system, rolling tea leaves at various relative cycles has been investigated for various roughness of tambour surface and for different spaces between rolling tambour and band.

At first, by testing different rolling surface forms of the tambour, the most suitable rolling surface form was obtained. After this stage, in order to obtain the most suitable number of cycles the experimental system was worked for various cycles at the cycle rate of 1/3,5. Finally, the obtained experimental results were discussed and recommendations were made for further investigations.

Key Words: Tea, Tea Production and Manufacturing, Continuous Manufacturing, Machinery of Rolling, Rolling Machine with Band.

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Dünya'da çay üretiminin sahip olduğu büyük boyutlar, ekonomi içinde ona ayrı bir önem kazandırmıştır. Sudan sonra en çok içilen içecek çaydır. Dünya'da çay üretimi ve tüketimi yılda ortalama olarak %4 artış göstermektedir. Bu yüzden üretimi, işlenmesi ve pazarlanması, çeşitli ülkelerce geliştirilen teknolojilerin yaygınlaştırılması önemli bir ihtiyaç haline gelmiştir.

Çayın kültür bitkisi olarak yetiştirilmesi M.Ö.3000 yıllarına kadar uzanmaktadır. Önceleri el ile işlenerek kullanılan çay, teknolojinin gelişmesiyle makinalarla üretilmeye başlanmıştır. Fakat sistem hiç değişmemiş, sadece uzun zaman alan işlemler mekanizasyon ile kısaltılmıştır. Bir çok çay çeşidi olmasına rağmen en çok üretimi ve tüketimi yapılan çaylar siyah ve yeşil çaydır. Dünya çay üretiminin yaklaşık %75 ini siyah, %24 ünü yeşil çay oluşturmaktadır, [1].

Siyah çay imalatı, soldurma, kıvrırma, fermentasyon, kurutma ve tasnif işlemleriyle yapılmaktadır. Kıvrırma ve kurutma işlemlerinde mekanizasyona gidilmesiyle Orthodox imalat sistemi ortaya çıkmıştır. Fakat daha ekonomik üretimin yapılabilmesi için C.T.C. ve Rotorvan gibi makinalar imalata katılmıştır. Ülkemizde özel sektör sürekli imalata uygun bu makinaları kullanmaktadır. Çay-Kur ise Orthodox imalatı değiştirerek uygulamaktadır.

Ülkemizde bugüne kadar yapılan araştırma ve yayınlar genelde çay tarımı ve ekonomisi konularında olmuştur. Çay işleme tesislerinde kullanılan makinalarının denemeleri ve ülke şartlarına uygunluk derecesi esaslı bir şekilde araştırılmamıştır. Çay-Kur'un kullandığı makinalar MKE kurumunca kopya



edilerek yapılmış olan makinalardır.

Bu çalışmada siyah çay imalatının bir kademesi olan kıvrırma işlemini gerçekleştiren "Bantlı kıvrırma makinası " [2], tasarlanıp, imal edilerek endüstriye uygulanabilirliği incelenmiştir.

## BÖLÜM 2

### ÇAY ÜRETİMİ VE İŞLENMESİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

#### 2.1. Dünya'da ve Türkiye'de Çayın Tarihi Gelişimi, Üretimi ve Tüketimi

##### 2.1.1. Çayın Tarihi Gelişimi

Çay bitkisi bütün yıl boyunca yaprağını dökmeyen bir bitkidir. Yeterli derecede sıcaklık ve nem bulunduğu asitli topraklarda yıl boyu sürgün oluşumu sürer. Yılın mevsimleri arasında sıcaklık ve nem farklılığı bulunan bölgelerde sürgün oluşumu kesintili şekilde olur. Soğuk mevsimde çay bitkisi dinlenme dönemine girer, [1]. Ülkemizde de olduğu gibi, böyle bölgelerde sürgün dönemi 6-7 aydır.

Bir kültür bitkisi olan çayın anavatanı üzerinde birbirinden farklı yazı ve söylentiler bulunmaktadır. Kimilerine göre çayın anavatanı Çin'in güneybatı bölgeleri, kimilerine göre de Hindistan'ın kuzeybatı bölgeleridir. Ancak çayın M.ö. 2737 yılına kadar uzanan bir kültür tarihine sahip olduğu hususunda görüş birliği bulunmaktadır [1].

Zamanla Çin'in ulusal içeceği haline gelen çay, M.S. 805 yılında Japonya'da da yetiştirilmeye başlanmıştır. Avrupa'ya çay 1960 lı yıllarda Hollanda'lılar tarafından getirtilmiştir. Çay Avrupa'da uzun zaman ilâç ya da tedavi aracı olarak kullanılmıştır.

Ülkemizde çay bitkisinin yetiştirilmesine ilk defa 1888 yılında Japonya'dan getirtilen çay tohumları ile Bursa ilinde başlanmıştır. Fakat Bursa'nın ekolojik şartları çay yetiştirilmesi için uygun olmadığından bu girişimden sonuç alınamamıştı. Birinci Dünya Savaşı'ndan sonra, Batum bölgesine zirai

inceleme için gönderilen Ali Rıza ERTEN, çay ziraatının buradaki gelişmesini görmüş, benzer iklime sahip Doğu Karadeniz kıyılarımızda da çay yetiştirilebileceğine dair bir rapor vermiştir. 1924 yılında çıkarılan 407 sayılı kanunla çay yetiştirilmesi için hükümete yetki verilmiştir. Ancak ilk çay deneme mahiyetinde 1938 yılında yetiştirilebilmiştir. Bu tarihten sonra çay dikim alanları ve çay üretimi hızla artma göstermiştir, [1],[3].

### 2.1.2. Çay Üretimi

Dünya'daki çay tarım alanlarının %91,3 ü Asya kıtasında bulunmaktadır. Asya kıtasını %6.6 Afrika, %1.9 ile Güney Amerika ve %0.2 ile de Okyanusya kıtaları takip etmektedir. Son on yıl içinde dünya çay tarım alanlarındaki artış %27.5 civarında gerçekleşmiştir. Tablo 2.1 de bazı ülkelerin çay tarım alanlarındaki gelişme durumu verilmiştir, [1].

Tablo 2.1. Bazı ülkelerin çay tarım alanlarındaki gelişme durumu.

(X 1000 ha)

Ülkeler	Y I L L A R				1974-76 yılına göre 1984 yılındaki artış oranı %
	1974-76	1982	1983	1984	
Çin	919	1279	1308	1328	45
Hindistan	363	395	400	410	13
Sri Lanka	242	242	242	310	28
Endonezya	83	86	96	96	16
S.S.C.B.	76	79	82	82	8
Kenya	49	77	79	80	63
Türkiye	48	64	65	65	35
Japonya	59	61	62	61	3
Viet Nam	38	52	55	57	50
Bangladeş	37	45	45	46	24
Arjantin	36	35	39	42	17
İran	27	32	33	34	26
Malawi	17	21	21	21	24

Kıtalaraya göre çay üretiminde %86.2 ile Asya kıtası ilk başta gelmektedir. Bunu %10.8 ile Afrika kıtası izlemektedir. Güney Amerika %2.5 ve Okyanusya kıtası da %0.5 lik çay

üretimine sahiptir. Dünya çay üretiminde 1980 yılına göre 1984 yılında %17.8 lik bir artış kaydedilmiştir. Bu artış dünyada çaya olan rağbetin bir göstergesi olmaktadır. Bazı ülkelerin 1984 yılında ürettikleri çay miktarları Tablo 2.2 de verilmiştir, [1].

Tablo 2.2. Bazı ülkelerin 1984 yılı çay üretim miktarları.

Ülkeler	Çay Üretimi (X 1000 ton)				Dünya çay üretimine oranı %
	Siyah Çay	Yeşil Çay	Toplam	g/kişi	
Hindistan	636	9	645	864	29.8
Çin	75	360	435	414	20.1
Sri Lanka	208	1	209	13000	9.7
S.S.C.B.	150	-	150	545	6.9
Türkiye	132.5	-	132.5	2715	6.1
Endonezya	103	23	126	777	5.8
Kenya	116	-	116	5870	5.4
Japonya	-	93	93	773	4.3
Arjantin	41	-	41	1362	1.9
Bangladeş	38	-	38	386	1.8
Malawi	38	-	38	5598	1.8
Iran	22	-	22	502	1.0
Vict Nam	-	22	22	377	1.0

Türkiye de çay bitkisi Doğu Karadeniz Bölgesinde, S.S.C.B. sınırından başlayan ve batıda Fatsa'ya kadar uzanan alan içerisinde yetiştirilmektedir. Sahilden yer yer 30 km içeri giren, ortalama 7-8 km derinliğinde olan Araklı - Karadere sınırına kadar uzanan bölge, çay yetiştiriciliği için en elverişli bölgedir. Bu bölge birinci sınıf çay bölgesi olarak kabul edilmektedir. Bu bölgede çay sahilden 400-500 m yüksekliğe kadar (bazen 1000 m ye kadar) yetiştirilmektedir. Araklı - Karadere'den başlayarak Fatsa ilçesine kadar uzayan bölge ise çay yetiştiriciliği yönünden daha az ekonomik bulunmaktadır. Bu bölge ikinci sınıf çay bölgesi olarak tanımlanmaktadır. Çay bitkisi yetiştirilen illerimizde 1973 - 1985 yılları arasında çay tarımı alanlarının durumu Tablo 2.3 de gösterilmiştir, [1].

Tablo 2.3. Çay bitkisi yetiştirilen illerimizde çay tarım alanlarının durumu.

(X 1000 dekar)

Yıllar	RİZE	TRABZON	ARTVIN	GİRESUN VE ORDU
1973	266.4	83.3	42.1	7.6
1974	270.5	81.6	42.5	6.4
1975	344.9	102.2	40.4	6.9
1976	360.0	102.0	45.9	7.1
1977	360.2	102.7	48.5	7.2
1978	362.6	101.3	51.6	7.5
1979	364.0	105.2	53.0	7.8
1980	366.2	104.6	53.5	7.9
1981	361.6	104.3	52.3	8.0
1982	434.9	130.4	63.8	8.6
1983	436.0	130.3	63.9	8.6
1984	438.9	133.5	65.1	16.4
1985	444.1	137.6	71.1	16.5
Ortalama [%]	67.0	20.5	10.5	2.0

Yeşil çay yaprağı üretimi, çay tarım alanlarındaki artışa paralel olarak artmıştır. Ülkemizde 1973 - 1985 yılları arasındaki çay tarım alanları ile yeşil çay yaprağı ve siyah çay üretim miktarları Tablo 2.4 de verilmiştir.

Tablo 2.4. 1973-1985 yılları arasındaki çay tarım alanları, yeşil çay yaprağı üretimi ve siyah çay üretimi.

Yıllar	Çay tarım alanları (X 1000 da)	Yeşil çay yaprağı üre. (X 1000 ton)	Siyah çay üretimi (X 1000 ton)	Çay randımanı % (*)
1973	404.4	196.2	42.8	21.9
1974	405.7	202.0	42.3	21.9
1975	502.9	261.8	56.5	21.9
1976	520.0	300.9	59.8	21.6
1977	523.5	396.6	77.4	21.5
1978	528.5	451.2	86.5	21.3
1979	536.0	555.2	92.4	20.0
1980	538.1	476.1	91.8	21.1
1981	531.7	192.3	42.6	22.1
1982	645.0	303.3	68.0	22.4
1983	646.0	436.0	100.8	23.1
1984	654.1	569.0	132.5	23.3
1985	669.4	602.4	132.9	22.1

(\*) Çay Randımanı=Siyah Çay (kg)/Yeşil Çay Yapracağı (kg)x100

1981 ve 1982 yıllarındaki yeşil çay yaprağı üretimindeki

düşüş iki yaprak bir tomurcuk ilkesinin, satın almalarda çok sıkı bir şekilde uygulanmasından kaynaklanmıştır.

Yeşil çay yaprağı üretimi yönünden Rize ilimiz %75.3 ile başta gelmektedir. Rize'yi %15.8 ile Trabzon, %7.4 ile Artvin ve %1.4 ile de Giresun ve Ordu illerimiz izlemektedir [1].

Ülkemizde üretilen yeşil çay yaprakları 1939 yılına kadar el ile işlenerek siyah çaya dönüştürülmüştür. Bu tarihten sonra artan çay üretimi nedeniyle ilk çay işleme atölyesi 1940 yılında Rize Merkez Fidanlığı'nda devreye sokulmuştur. İlk modern çay fabrikası ise 1947 yılında Rize-Fener de açılmıştır. Bugün Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne ait 45 fabrikada çay üretimi yapılmaktadır, [1],[3].

1981 yılına kadar fabrikaların kapasiteleri üretilen yeşil çayın çok altında kalmıştı. Üreticiden alınan yeşil çay işlenemiyerek imha yoluna gidilmişti. Bu durum ülke ekonomisine büyük kayıplar vermiştir. 1981 yılından sonra satın alma kotaları konularak fabrikaların işleme kapasiteleri kadar çay alımına başlandı.

Ülkemizde özel sektöre çay işlenmesiyle ilgili olarak 1984 yılında izin verilmiştir. 1985 yılında da ilk özel sektör fabrikaları işletmeye açılmıştır.

Türkiye'de yeşil çay üretimi ilk olarak 1986 yılında Arhavi çay fabrikasında başlanmıştır. Ancak bu çay, Fas'a ihraç edilmek için üretilmiştir. İç piyasaya ise ancak 1990 yılında yeşil çay verilmiştir. 1990 yılında üretilen 350 ton yeşil çayın 250 tonu Fas'a ihraç edilmiş, 100 tonu da iç piyasada tüketilmiştir.

### 2.1.3. Çay Tüketimi

Dünya çay tüketiminin yaklaşık %72 si Asya kıtasında gerçekleşmektedir. Amerika ve Okyanusa ülkeleri ihtiyaçları olan çayın büyük bir bölümünü dış alım yoluyla sağlamaktadırlar. Dünya çay tüketiminin %5.5 i Amerika kıtasında, %1.5 i de Okyanusa kıtasında gerçekleşmektedir. Dünya çay tüketiminin yaklaşık %13 ünü gerçekleştiren Avrupa ülkeleri ise çay ihtiyaçlarının tamamını dış alım yoluyla sağlamaktadırlar [1].

Bazı ülkelerin çay tüketimindeki değişim ile 1984 yılında kişi başına çay tüketimi Tablo 2.5 de verilmiştir.

Tablo 2.5. Bazı ülkelerde çay tüketimindeki değişim ile 1984 yılında kişi başına çay tüketimi.

Ülkeler	Çay tüketimi (X 1000 t)		Çay tüketiminde artış oranı %	Çay tüketimi g/kişi
	1969-1971	1984		
Hindistan	214	430	101	576
Çin	145	284	96	270
S.S.C.B.	87	200	130	727
İngiltere	215	184	-14	3260
Türkiye	19	113	495	2291
Japonya	104	106	2	883
Pakistan	27	96	256	970
A.B.D.	69	85	23	360
İran	34	57	68	1301
Mısır	17	50	194	1095
İrak	21	35	67	2301
Endonezya	37	29	-22	179
Sri Lanka	19	25	32	1555
Fas	15	21	40	919
Kenya	5	19	280	961

Çay tüketim miktarları yönünden Hindistan, Çin, Türkiye, S.S.C.B., İngiltere, ve Japonya ilk sıralarda yer almaktadır. Bu ülkelerde tüketilen çay miktarı dünya çay tüketiminin %51.5 ini oluşturmaktadır [1].

Yurdumuzda çayın tüketimi üretiminden çok uzun yıllar önce başlamıştır. Bazı kaynaklarda 1700 lü yıllarda çay tüketiminin başladığı belirtilmiştir. Osmanlı döneminde giderek artan çay tüketimi dış alım yoluyla karşılanmıştır [1].

Ülkemizde çay tüketiminde hızlı bir artış olmaktadır. 1984 yılı verilerine göre dünyada kişi başına çay tüketiminde ülkemiz üçüncü sırada yer almaktadır. Bu artış, halkımızdaki çay içme alışkanlığının artmasına, kırsal kesimlere çayın ulaşımının kolaylığına, şeker üretiminin tüketimin üzerine çıkmasına ve kahve fiyatlarının artması gibi nedenlere bağlıdır. 1973-1985 yılları arasındaki çay tüketimi Tablo 2.6 da verilmiştir, [1].

Türkiye'de üretilen çay iç piyasada tüketilmektedir. Dış

Tablo 2.6. Türkiye'de 1973-1985 yılları arasındaki çay tüketimi.

Yıllar	Nüfus x 1000	Tüketilen Çay	
		ton/yıl	g/kişi
1973	38072	31343	823
1974	39036	35612	912
1975	40348	42600	1056
1976	40915	45900	1122
1977	41768	56650	1356
1978	42640	65410	1534
1979	43530	73055	1678
1980	44737	79200	1770
1981	45366	92200	2034
1982	46312	90700	1958
1983	47279	95900	2028
1984	48265	110600	2292
1985	51420	108100	2102

satım çok düşük seviyededir. Yaklaşık 1000 ton civarında çay satımı yapılmaktadır.

## 2.2. Çay Türleri ve İmalat Şekilleri

Kaliteli çayın üretilmesinde, çayın toplanmasının etkisi oldukça fazladır. Çay yaprakları hasat edilirken yaprakların ve tomurcuğun kırılıp zedelenmemesine özen gösterilmelidir. Çayın işlemeye uygunluğu yönünden iki yaprak bir tomurcuğun toplanması istenilir. Sert yaprakların toplanarak işlenmesi çayın kalitesini olumsuz yönde etkiler. Bu yüzden hasat yapılırken bu hususlara dikkat edilmelidir, [1].

Yüksek kaliteli kuru çay yapmak için, yaş çayın en uygun toplanma yöntemi elle toplama dır. Elle toplama sadece belli olgunluğa erişmiş filizler koparılır. Ayrıca yeteri kadar gelişmemiş sürgünler alınmadığı için verim daha yüksek olmaktadır. Elle toplama sert yaprakların taze yapraklara karışma oranı da çok düşüktür.

Ancak elle toplama işlemi güç, yavaş ve pahalı bir işlemdir. İşçi bulma güçlüğü yanında, işçi ücretlerinin giderek artması hasadın mekanize olmasını zorunlu kılmaktadır. Çay



toplamada mekanik araçlar olarak makas, sırtta taşınabilir el biçerleri ve traktörlerle çekilebilen veya kendi hareket edebilen büyük toplama makinaları kullanılmaktadır, [1],[4].

Değişik işleme teknikleri kullanılmak suretiyle yeşil çay yaprağından özellikleri farklı çaylar üretilmektedir. Fakat dünyada en çok iki çeşit çay bilinmekte, üretilmekte ve tüketilmektedir.

### 2.2.1. Siyah Çay

Kullanıma hazır haldeki görünümünden ismini alan siyah çay, dünya çay üretiminin %76.5 ini oluşturmaktadır. Günümüzde siyah çay üretim tekniği yüzlerce yıl önce Çin'de uygulanan tekniğin temelde bir benzeridir. Aradaki fark, elle yapılan işlemlerin mekanik olarak yapılmasıdır.

Siyah çay, genç ve körpe çay yaprakları ile tomurcuğunun soldurma, kıvrırma, fermentasyon ve kurutma işlemlerine tabi tutulması suretiyle üretilir. Sınıflandırılıp paketlenildikten sonra tüketiciye sunulur.

Fabrikaya getirilen taze yeşil çayın amaca uygun olarak işlenebilmesi için bünyesinde bulunan %75-80 su, sıcaklık ve nemi uygun değerlerde olan hava ortamıyla %60-65 değerine düşürülür. Soldurma olarak adlandırılan bu işlem ile yaprakların hücre özsuğu daha yoğun hale gelerek kıvrırma işlemi için elastikiyet kazanırlar [1],[3],[5].

Soldurulmuş çay yapraklarının hücre zarlarının parçalanıp, hücre özsuğunun yaprak yüzeyine ulaştırılmasına kıvrırma işlemi adı verilir. Kıvrırma işlemi ile yaprak yüzeyine ulaşan hücre özsuğu havanın oksijeni ile reaksiyona girmeye hazır hale gelir [1],[3],[5].

Hücre özsuğunun havanın oksijeni ile temas geçmesinden itibaren yaprak yüzeyinde oluşan her türlü kimyasal reaksiyon fermentasyon işlemi olarak tanımlanır. Fermentasyon sadece hava ortamında ve havanın oksijeni sayesinde oluşur [1],[5].

Çayın renk, tad, koku ve aromatik özelliklerinin oluştuğu fermentasyon işleminin ideal noktada durdurulması için kurutma işlemi yapılır. Bu işlem sonunda çayın içinde %3-4

oranında nem kalır. Çayın rengi de siyaha dönüşür. Daha sonra kuru çay tane büyüklüğüne göre ayırma tabi tutulup uygun harmanlamalar ile paketlenip satışa sunulur [1],[5].

Siyah çayın elde edilmesinde kullanılan makineler ve özellikleri hakkında ileriki bölümlerde bilgi verilecektir.

### 2.2.2. Yeşil Çay

Başta Japonya olmak üzere, Çin, Endonezya, Hindistan, Viet Nam, ve Sri Lanka'da üretilen yeşil çay, dünya çay üretiminin yaklaşık %23.5 ini teşkil etmektedir. Japonya ve Viet Nam da tamamen yeşil çay üretilmektedir,[1],[4].

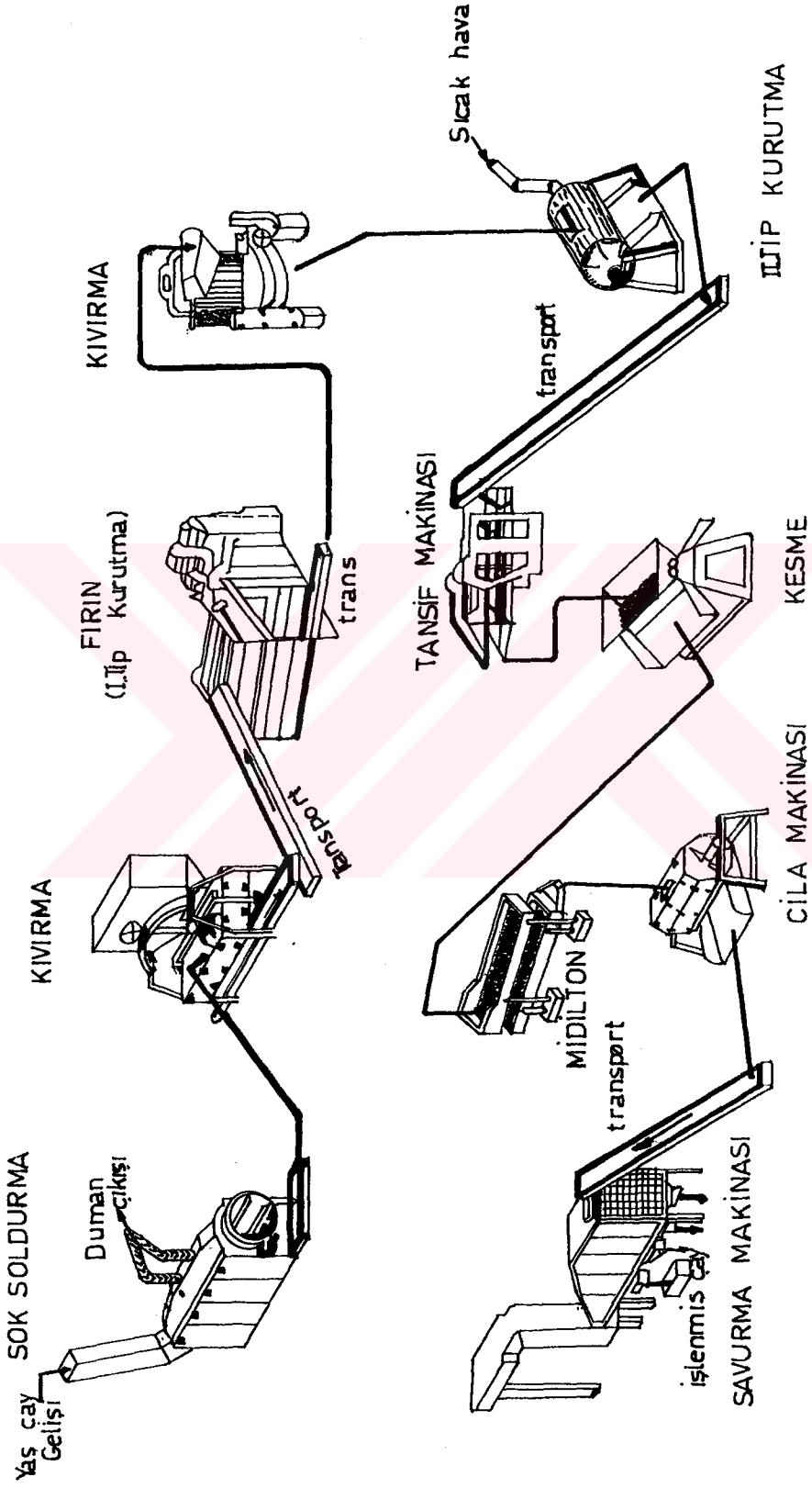
Ülkemizde yeşil çay üretimi Çay-Kur tarafından 1986 yılında Arhavi çay fabrikasında başlanmıştır. Çay-Kur tarafından uygulanmakta olan yeşil çay işlenmesi ile ilgili akım şeması şekil 2.1 de görülmektedir. Akım şemasından da görüleceği gibi üretim 4 temel aşamada gerçekleşmektedir. Bunlar, şok soldurma, kıvrırma, kurutma ve tasniftir.

Fabrikaya getirilen yeşil çay yapraklarına zaman geçirilmeden şok soldurma uygulanır. Kendi ekseni etrafında dönen şok soldurma makinelerine sıcak su buharı verilerek çay yaprakları silindir içinde 2-3 dakika bekletilir. Makinanın iç sıcaklığı 110 - 120 °C dir. Bu aşamada çay yaprakları %25 civarında nem kaybeder.

Şok soldurmanın amacı, tüm enzimleri inaktif hale getirmek ve yapışkan bir şekle sokulan çay yapraklarını kıvrırma için uygun hale getirmektir. Yeşil çayın kendine özgü koku ve aroması bu aşamada oluşur, [1].

Daha sonra karıştırılıp, havalandırılarak soğutulan çay yaprakları ay tipi kıvrırma makinelerine yüklenerken birinci kıvrırmaya alınırlar. Kıvrırma makinelerine 28-30 kg arasında değişen miktarlarda konulan çay yaprakları uygulanan düşük basınç altında 3-6 dakika süreyle kıvrırmada bırakılır. Kıvrırma süresi yaprakların durumuna göre 10 dakikaya kadar yükseltilebilir. Kıvrırma makinasındaki tablanın üzerindeki kapak küresel şekildedir.

İlk kıvrırmadan çıkan çay yaprakları taşıyıcı bantlarla



Şekil 2.1. Çay-Kur tarafından geliştirilen yeşil çayın işlenmesi akım şeması.

birinci kurutma için fırınlara gönderilir, Sıcaklığı 50-60 °C olan fırında çay yaprakları 15-17 dakika süreyle kurumaya bırakılır. Bu aşamada çay yaprakları %25-30 civarında nem kaybeder. İlk kurutmadan sonra çay yapraklarından yiten su miktarı %50-55 e ulaşır, [11].

Fırından çıkan ve yapışkan bir özellik gösteren çay yaprakları avuç içerisine alındıkları zaman kırılmayacak şekilde bir esnekliğe sahiptir. Çay yaprakları fırından alınarak küçük arabalar içerisine konulup üzerleri bezle örtülerek, 10 - 15 dakika kendi halinde dinlenmeye bırakılır, Bu süre sonunda çay yaprakları Orthodoks kıvrırma makinalarında 25-30 dakika süreyle ikinci kıvrırmaya bırakılır, Bu kıvrırma makinası siyah çay üretiminde de kullanılmaktadır.

İkinci kıvrırmadan sonra çay yaprakları, ekseni etrafında dönerek kurutma yapan şekil verici kurutma fırınına konulur. Yarıya kadar doldurulan fırının iç sıcaklığı 110 °C civarındadır. Fırında 60 dakika süreyle kurumaya bırakılan çay yapraklarının nemi %5-6 ya kadar düşer, [11].

Fırından çıkan yeşil çay lif tutucudan geçirilmek suretiyle temizlenir. Daha sonra derecelendirme işlemi yapılır. Bunun için yeşil çay üst üste yerleştirilmiş dörtlü çay eleğinden geçirilerek inceliklerine göre 1, 2, 3 ve 4 şeklinde numaralandırılır. 1 ve 2 numaralı çaylar ayrı ayrı Myddelton eleğinden geçirilerek üç kısma ayrılır, Myddelton eleğinden elde edilen 1 ve 2 numaralı çaylar ayrı ayrı cila makinasına verilir. Daha önce numaralandırılmış olan 3 ve 4 numaralı çaylar ile Myddelton eleğinden elde edilen 3 numaralı çaylar kırma makinasına gönderilir, Burada ayrı ayrı kırıldıktan sonra çaylar tekrar Myddelton eleğinden geçirilir. Bu işlem çay elde edilemeyinceye kadar sürer.

Cila makinasında 50 kg yeşil çaya 150 g sanayi pudrası katılarak cilalama işlemi 60 dakikada tamamlanır. Bu süre sonunda tüm yeşil çay parçaçıklarının üzerleri sanayi pudrası ile kaplanmış olur. Cila makinasından alınan yeşil çaylar savurma makinasından ( Winnover ) geçirilir, Savurma makinasında bir yandan çayın içindeki toz ve benzeri maddeler ayrılırken bir yandan da ağırlıklarına göre yeşil çay 10 değişik

dereceye ayrılır. Daha sonra bu derecelendirilmiş çaylar, paketlenerek kullanıma sevk edilir.

### 2.2.3. Oolong Çay

Dünya ticaretinde bir önemi olmayan Oolong çayı Çin'de işlenir. Siyah çayın fermentasyon yapıldıktan sonra, yeşil çayın fermentasyon yapılmadan işlenmesine karşın Oolong çayı az fermentasyona tabi tutularak işlenir, [1], [4], [6].

Oolong çayının işlenmesine az soldurulmuş çay yapraklarının hafif şekilde kıvrılması ve kısmen fermentasyona tabi tutulması ile başlanır. Sıcaklık uygulanarak enzim aktivitesine son verilir. Çayda daha iyi bir görünüm sağlamak için kuvvetli bir kıvırmadan ve sıcaklık uygulamasından sonra yapılan son kurutma ile işlem tamamlanır.

Oolong çayı çok hoş bir kokuya sahiptir. İçim özellikleri yönünden siyah çay ile yeşil çay arasında yer alır, [1].

### 2.2.4. Özçay (Instant Tea)

Ticari düzeyde üretimine 1940 li yıllarda başlanan özçay, çözünebilir çay şeklinde de adlandırılmaktadır. Özçayın işlenmesinde temel işlem siyah yada yeşil çayda bulunan suda çözünebilir maddeleri suya geçirtmek ve sonra bunu kurutarak toz haline dönüştürmektir, [1], [4], [7].

Çayın kendisine özgü tad ve aromasının özçaya geçirilip korunması, bunları oluşturan bileşiklerin kolay uçması ve parçalanması nedeniyle çok güçtür ve özel işlemler gerektirir. Bu işlemler firmalar tarafından gizli tutulmaktadır [1].

### 2.2.5. Daldırma Çay

Çayın derecelendirilmesi sonucu elde edilen toz çayın değerlendirilmesi amacıyla daldırma çay geliştirilmiştir. Kağıt bir torba içerisinde bulunan ve çay içeren süzgeç kağıt torba sıcak suya daldırıldığında 1-2 dakika içinde çayın demi sıcak suya geçer ve içime hazır hale gelir. Ülkemizde iyi

nitelikli bir numaralı çaydan %20 ve yedi numaralı toz çaydan %80 oranında karıştırılarak yapılmaktadır, [11],[4].

### 2.3. Siyah Çayın İşleme Teknolojisi ve Kullanılan Makinaların Özellikleri

Siyah çay üretimi ile ilgili işlem adımları, bu aşamalarda kullanılan makinalar ve çay yaprağında oluşan değişimler Tablo 2.7 de verilmiştir, [8].

Tablodan da görüleceği gibi siyah çay üretimi soldurma, kıvrırma, fermentasyon ve kurutma işlemleriyle yapılmaktadır. Daha sonra kuru çay tasnif edilip kullanıma hazır hale getirilmektedir.

Çay-Kur tarafından uygulanmakta olan siyah çayın işlenmesine ilişkin akım şeması Şekil 2.2 de verilmiştir.

#### 2.3.1. Soldurma

Soldurma işlemi ile taze çay yapraklarında bulunan nem miktarı %75-80 den %60-65 e düşürülür. Böylece hücre özsuyu daha yoğun hale gelen çay yaprakları kıvrırma işlemi için uygun bir elastikiyet kazanırlar. Çay yaprakları soldurulmadan kıvrılırsalar yapraklar kırılarak hücre özsuyu akar ve siyah çaya özelliğini veren kalite maddelerinin oluşumu engellenir [11],[5].

Soldurma işlemi ilk önceleri açık havada tabii olarak yapılmaktaydı. Hava şartlarının uygun olduğu bölgelerde tabii soldurma uzun yıllar uygulanmıştır. Fakat çay üretim bölgelerinde fazla yağıştan dolayı havanın nem oranının yükselmesi nedeniyle tabii soldurma güç olmakta ve uzun zamanda gerçekleşmektedir. Bu nedenle günümüzde yapay soldurma üniteleri kullanılmaktadır.

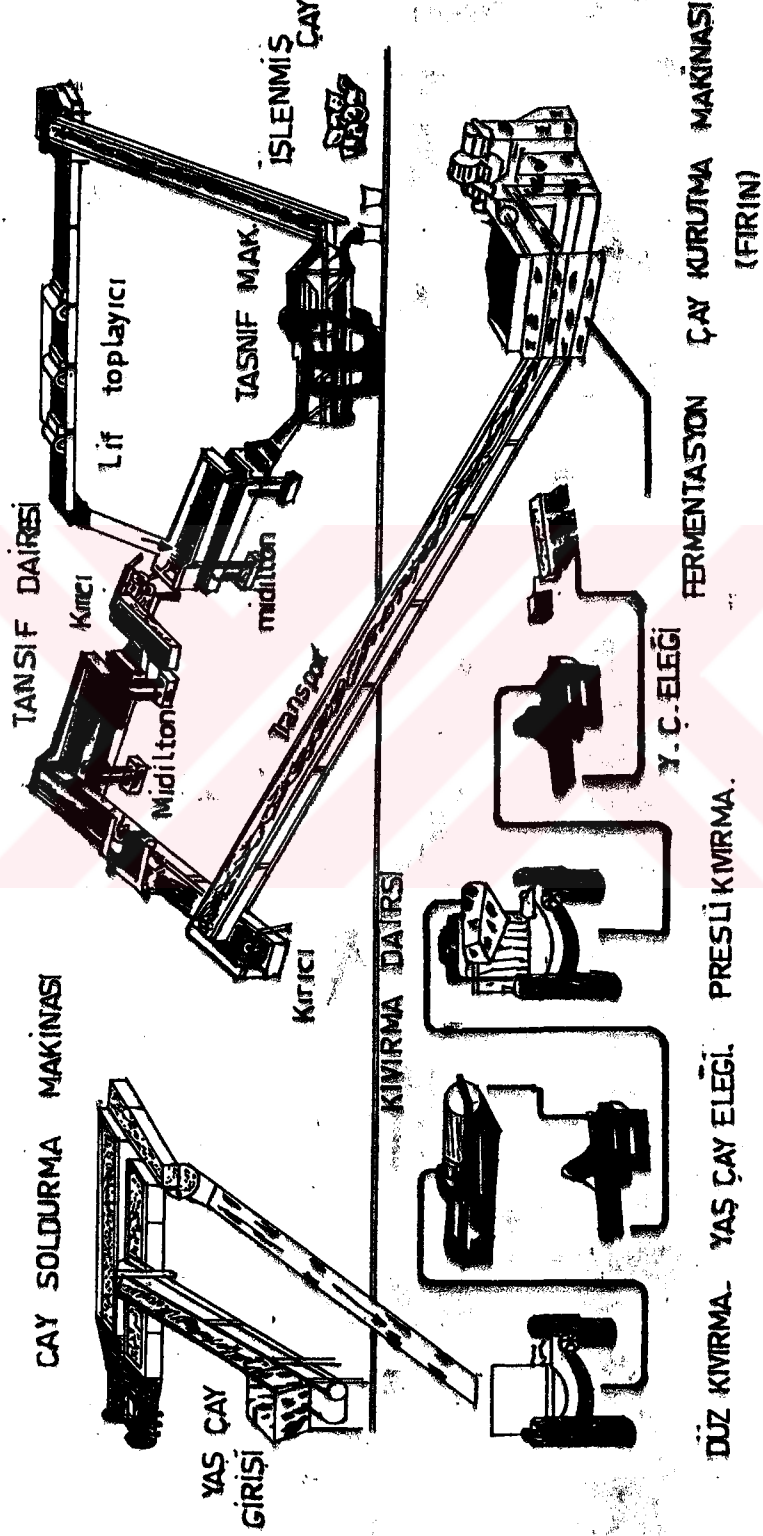
##### 2.3.1.1. Raf sistemi soldurma

Bir yanından vantilatör ile ısıtılmış hava gönderilen ve karşı tarafından aspiratörle havası emilen bir salona

Tablo 2.7. Siyah çayın işlem adımları, kullanılan makineler ve çay yapraklarında oluşan değişimler.

İşlem adımı	Başlıca amaçlar	Metod	Kullanılan makineler ve teçhizatlar	Çayda oluşan değişimler
Soldurma	Yaklaşık %75 nem içeren filizlerde kısmı kurutma yapararak kıvırmaya hazırlama; kimyasal değişimler,	Tabii olarak veya kontrollü şartlarda hava ile temas etme,	Çatı arası, silindir, tünel, traf, soldurma; sürekli soldurma makinası,	Nem oranı yaklaşık %55 e düşer; kafein, çözünebilir amino asit ve şeker oranı artar; yaprak enzimlerinin etkisi de değişir,
Kıvırma	Çay yapraklarındaki enzimleri kıvrılma ve bükülme ile fermentasyona hazırlama,	Mekanik olarak ezme, yırtma, kesme, parçalamaya ve bükme,	Orthodoks, C.T.C., Rotorvan, Triturador makineleri; sürekli kıvırmacılar,	Yapraklar kesilmiş ve bükülmüştür; hücre özsuyu dışarı çıkmıştır. Oksidasyon başlar,
Fermentasyon	Enzimlerin oksidasyonu ile yapraklarda kimyasal değişimler meydana getirme,	Sıcaklığı (30°C) kontrollü hava akımına maruz bırakma,	Zeminde, tablada, teknede, silindirde fermentasyon; sürekli fermente ediciler,	Yeşilden bakır rengine renk değişimi olur; yapraklar oksitlenir ve renkleri koyulaşır,
Kurutma	Fermentasyonu durdurma; ürünün kalitesini muhafaza için içindeki nemini düşürme,	Zıt akımlı bir kurutucu içinde sıcak hava akımına maruz bırakma,	Geleneksel çay kurutucusu, Tocklai sürekli kurutucusu; akışkan yatak kurutucusu,	Nem %4 e kadar düşer. Ürün karakteristik renk ve görünüşe sahip olur.





Şekil 2.2. Çay-Kur yöntemine göre sıyah çay işleme akım şeması.

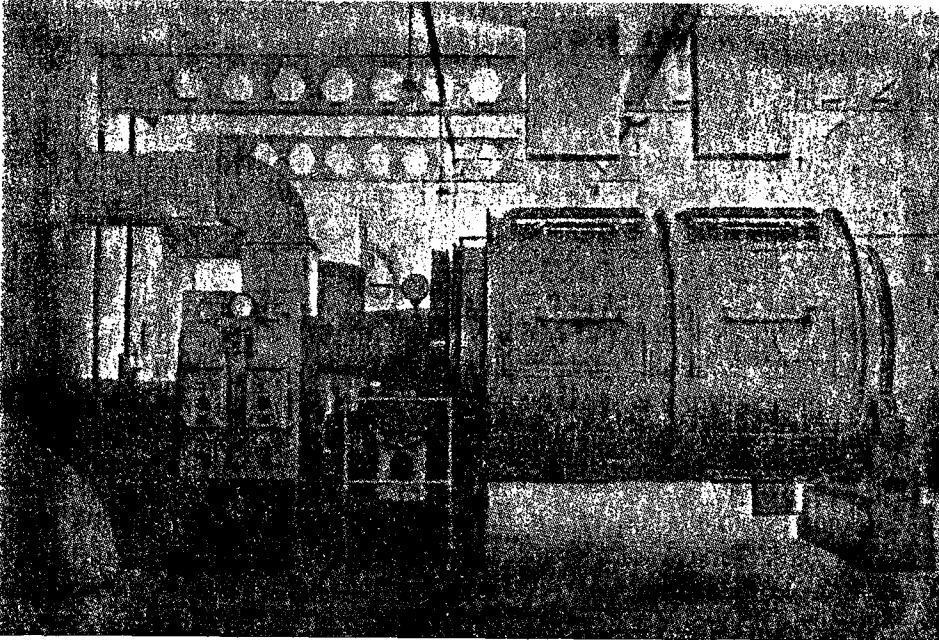


yerleştirilen raflara yaprakları sererek yapılır. Havanın sıcaklığı 30 °C ve hızı 50-60 m/sn dir. Raflar soldurma salonuna hava akımına dik konumda ve tavandan tabana 20 cm aralıklı katlar halinde yerleştirilir. Raflara çay yaprakları 1 m<sup>2</sup> raf alanına 0.45 kg hesabıyla elle serilir. Soldurma süresi 10-12 saattir, [1],[3],[4].

### 2.3.1.2. Silindirde Soldurma

Yatay eksen etrafında dönen silindirlerde yapılan soldurmadır. Çay yaprağı ile doldurulan silindir yatay eksen etrafında dönerken vantilatörle sıcak hava üflenmekte, böylece soldurma yapılmaktadır. Silindir soldurmanın amacı, çay fabrikalarında yerden tasarrufu sağlamak ve soldurmayı olabildiğince kısa sürede tamamlamaktır, [1].

Silindir soldurma cihazının en büyük dezavantajı eksen etrafında dönerken silindirin yaprakta kırılmalarına neden olması ve üflenen hava sıcaklığının düşürülmesi halinde, soldurma süresinin uzaması yada soldurmanın istenildiği gibi olmasıdır. Daha çok Afrika'da kullanılan bu makinanın kullanımı bu yüzden sınırlı olmuştur. Şekil 2.3.

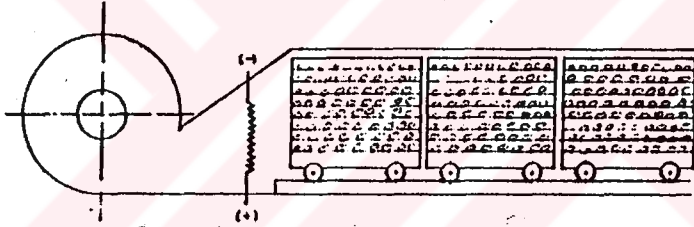


Şekil 2.3. Silindir soldurma makinası.

### 2.3.1.3. Tünelde Soldurma

Soldurma işleminde ısıtılmış havanın kullanıldığı diğer bir uygulama soldurma tünelleridir. Şekil 2.4 ten de görüleceği gibi bir vantilatör ile sıcak hava verilen yaklaşık 5.5 m uzunluğundaki tünele ray döşenmiştir. Rayda ilerleyen tekerlekli arabaların raflarına serilen çay yaprakları sıcak hava ile soldurulmaktadır. Rafların 1 m<sup>2</sup> sine 2.2 kg çay yaprağı serilmektedir. Soldurma tüneline sıcaklık yaklaşık 38°C dir. Bu sistemle, çay yaprağındaki nem miktarı 4 saatte %65 e düşmektedir, [1],[4].

Yalıtımın yeterli derecede sağlanamaması halinde sonuç başarısız olabilmektedir. Bu durum soldurma tüneline kuruluş maliyetini yükseltmektedir. Bu yüzden kullanımı yaygın değildir.

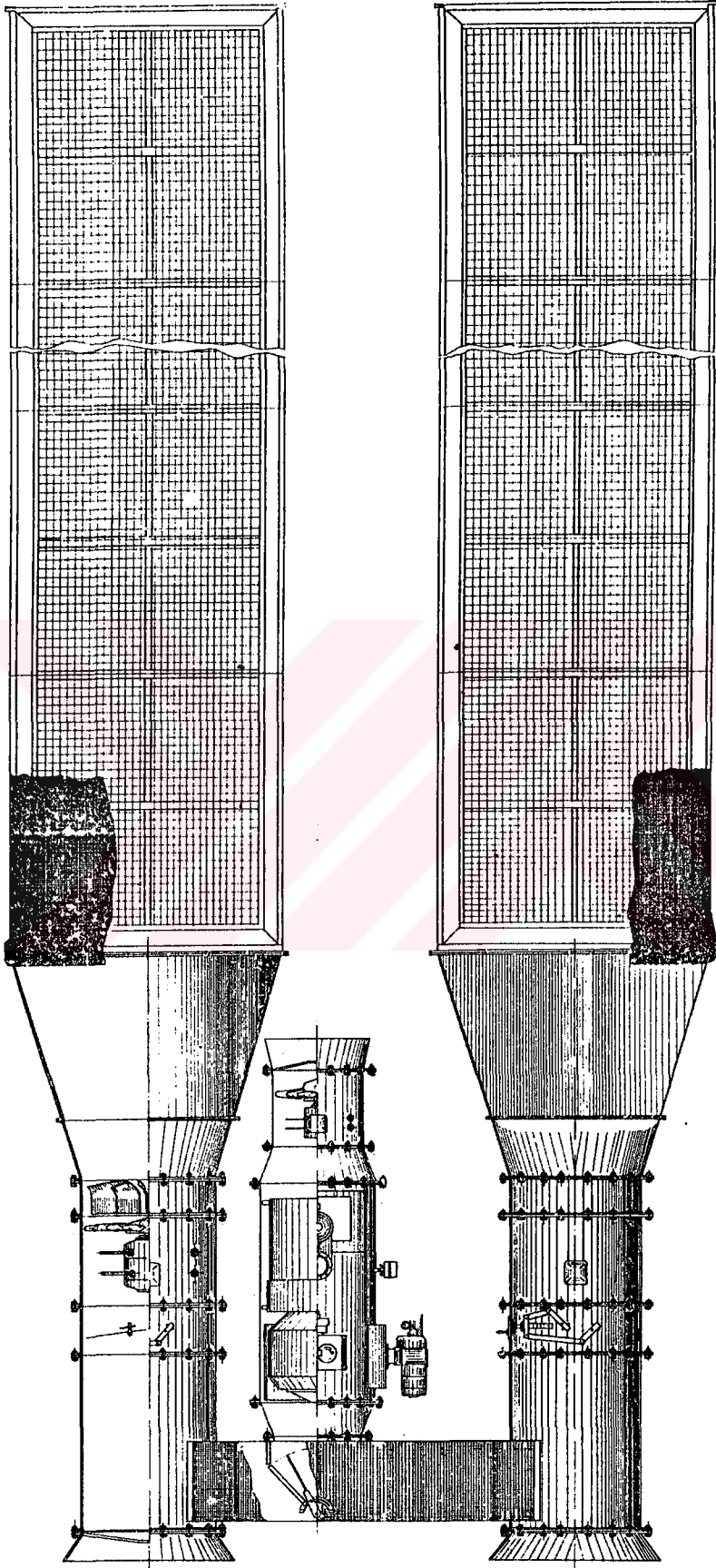


Şekil 2.4. Soldurma tüneline şematik görünüşü.

### 2.3.1.4. Teknede (Trafda) Soldurma

Teknede soldurma en son geliştirilen ve dünyada en çok uygulanan bir sistemdir. Çay-Kur fabrikalarında da bu sistem kullanılmaktadır.

Tipik bir tekne, 14.4 m uzunlukta, 1.8 m eninde ve 1.7 m yükseklikte olup yan kenarları ve arkası kapalı bir tüneldir. Ön kısmındaki bir vantilatörden içeriye 510 m<sup>3</sup>/dak debiyle hava gönderilir. Şekil 2.5. Teknenin üst tarafında 25 cm yükseklikte bir yer kalacak şekilde tel kafesle kaplanmıştır. Tel kafesin üstüne kaneviçe bez, örgü plastik ya da naylon ağ örtülüp 20 cm kalınlığında çay yaprağı serilmektedir. Çay yaprağı 24.4 kg/m<sup>2</sup> olacak şekilde tekneye serilmektedir.



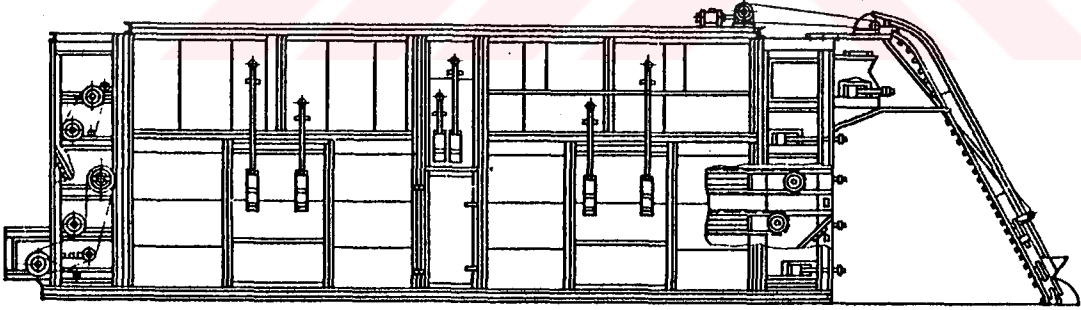
şekil 2.5. Soldurma teknelerinin üstten görünüşü.

Vantilatör ile temin edilen hava akımı bir ısıtıcıda 32 °C ye kadar ısıtılarak teknenin ön kısmından içeriye girip tel kafes üzerine serilmiş yapraklar arasından geçerek soldurma işlemini gerçekleştirir. Soldurmanın tüm yapraklarda eşit şekilde olması için teknedeki yapraklar iki, üç saat arayla karıştırılır. Bu metodla soldurma 6 saatte tamamlanır, [1],[5], [9].

Bu sistemin, ilk yatırım maliyetinin az olması, kapasitesinin kolaylıkla arttırılabilmesi, çay yaprağının solma durumunun kolaylıkla incelenebilmesi, işçiliğinin kolay olması gibi avantajları vardır.

#### 2.3.1.5. Sürekli Soldurma

Sürekli soldurma temelde tünel soldurmaya eşdeğer biçimde çalışmaktadır. Şekil 2.6. Birbiri üstüne yerleştirilmiş beş konveyör bantından oluşan bu sistemde 30-32 °C de giren hava ( 55.000-60.000 m<sup>3</sup>/h ) akışı ile ( 470-810 kg/h) yaş çay yaprağındaki %75-80 nem %61-62 ye düşürülebilmektedir. Soldurma işlemi 3-6 saat arasında tamamlanır, [4],[10].



Şekil 2.6. Sürekli soldurma makinası.

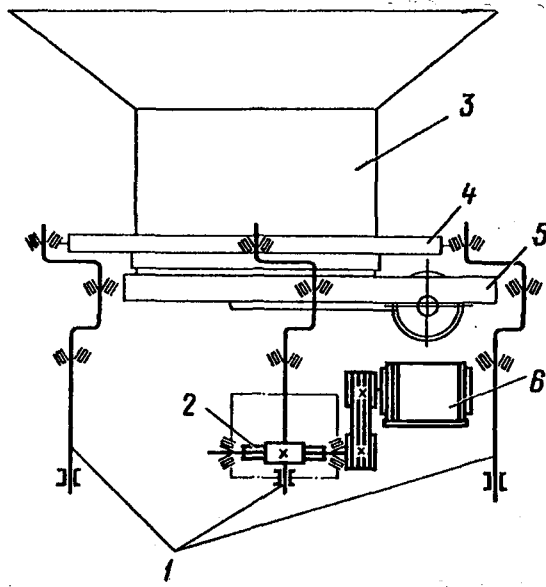
#### 2.3.2. Kıvrırma

Siyah çay üretiminde ikinci önemli işlem kıvrırmadır. Kıvrırmanın temel amacı bitki özsuğunu hücrelerden dışarı çıkarmak ve bunu kırılmadan kıvrılan çay yapraklarına bulaştırmaktır. Böylece hücre özsuğu havanın oksijeni ile reaksiyona girmeye hazır hale getirilmiş olur.

Kıvrırma işlemleri önceleri iki avuç arasında ezme, bükme ve kıvrırma hareketleri ile gerçekleştirilirdi. Orthodoks kıvrırma makinasının geliştirilmesi ile ilk mekanizasyon işlemi başlatılmış oldu. Bugün değişik kıvrırma makinaları kullanılmaktadır. Bu makinalar tek tek kullanıldıkları gibi ikili veya üçlü kombinasyonlar halinde de kullanılmaktadırlar [1],[5]. Mesela Çay-Kur, Orthodoks ve Rotorvan makinalarının ikili kombinasyonu ile çay yapraklarını kıvrırmaktadır, [11].

### 2.3.2.1. Orthodoks Kıvrırma Makinası

Bu tip kıvrırma makinalarının prensip şeması Şekil 2.7 de görülmektedir. Bu kıvrırma makinası, silindirik yaprak deposunun üzerine yerleştirildiği üst tabla, alt tabla ve bu tablolara hareket ileten krank millerinden oluşur. Bir elektrik motorundan alınan hareket, krank mili eksantrikliği ile üst ve alt tablaya iletilerek birbirine göre bağıl hareket etmeleri sağlanır. Bazı makinalarda alt tabla sabit yapılabir sadece yaprak deposu ile üst tabla dönme hareketi yapar. Üst tablanın içi boş olup yaprak deposuna koyulan soldurulmuş çay yaprakları doğrudan alt tablanın yüzeyine temas eder [1],[3], [4],[5],[9],[12].

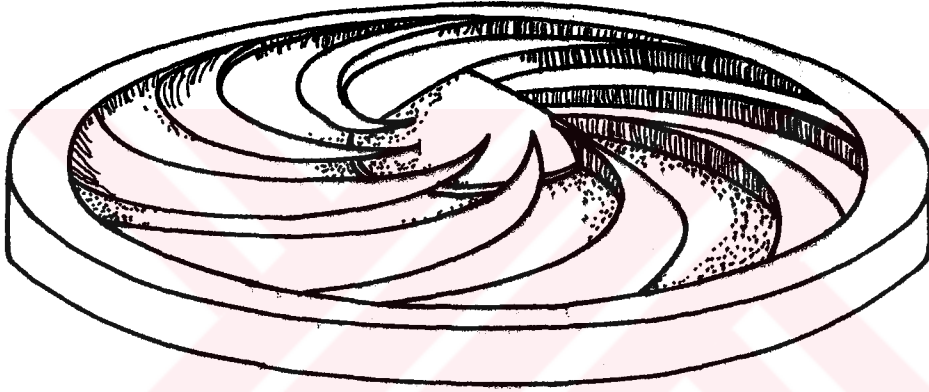


1. Krank milleri
2. Sonsuz vida mekanizması
3. Yaprak deposu
4. Üst tabla
5. Alt tabla
6. Elektrik motoru

Şekil 2.7. Orthodoks kıvrırma makinasının şematik görünüşü.



Eski model Orthodox kıvrırma makinalarında alt tabla düz ve pürüzsüzdü. Ancak bu biçimdeki alt tabla ile depo içindeki çay yapraklarına yeterli derecede kıvrırma yapılamıyordu. Bu nedenle alt tabla üzerine batten adı verilen özel şekil verilmiş yiv setleri yerleştirilerek kıvrırma işlemine etkinlik kazandırıldı. Şekil 2.8 de yarım ay battenli ve konili bir kıvrırma makinası tablasının şematik görünümü verilmiştir. Ayrıca bu makinalarda yaprak deposu üzerine bir baskı düzeneği yerleştirilerek istenildiğinde basınçlı kıvrırmada yapılabilir.

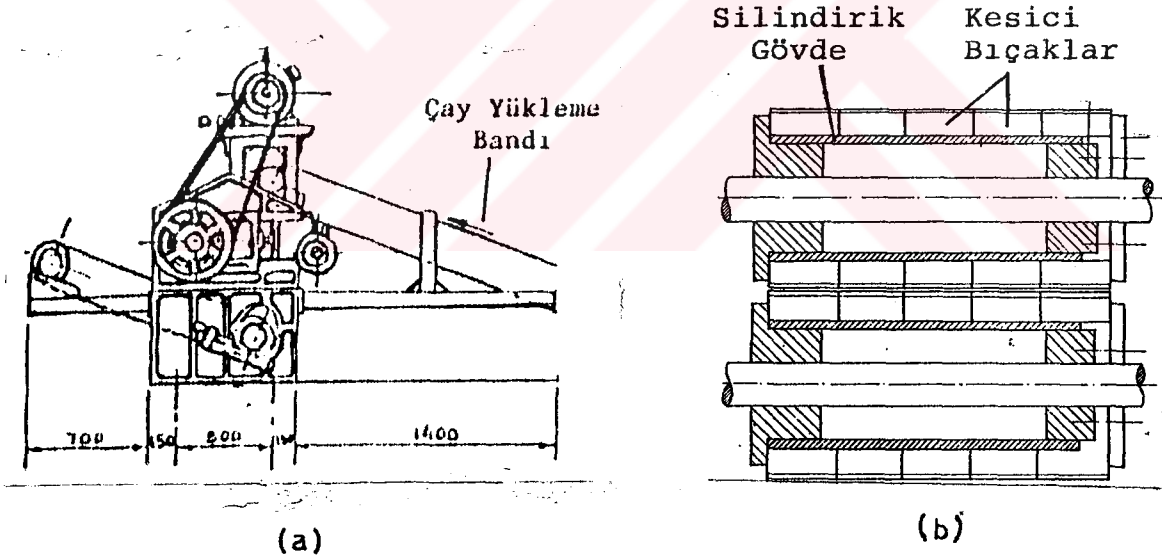


Şekil 2.8. Yarım ay battenli ve konili tablanın görünüşü.

Orthodoks kıvrırma makinasıyla yaprakların kıvrılması bir çok etmene bağlı olmakla beraber 4 kademede tamamlanır. Her kıvrırmadan sonra yapraklar elekten geçirilir. Elek altı çaylar fermentasyona gönderilir. Elek üstü yapraklar ise tekrar kıvrılmaya verilir. İlk kıvrırmadan sonra diğer kıvrırma kademelerinde yapraklar üzerine baskı düzeneği ile sıkıştırma yapılarak kıvrırmanın etkinliği arttırılır. Son kıvrırmadan sonra elek altı ve elek üstü yapraklar fermentasyona gönderilir. İlk kıvrırmadan sonra yapraklar üzerine 5 dakika baskısız 5 dakika baskılı kıvrırma uygulanır. Kıvrırma kademelerinde işlem süreleri sırasıyla 50, 40, 30 ve 20 dakikadır. Bu makinalar bir yüklemde 300-350 kg yaş çay yaprağı alabilir, [1],[3],[4],[5],[13].

### 2.3.2.2. C.T.C. Kıvrırma Makinası

Orthodoks kıvrırma makinasıyla kıvrırma işleminin uzun zaman alması ve iş gücünün fazla oluşu nedeniyle sürekli imalatta uygun kıvrırma makinaları geliştirilmiştir. Bu makinalardan biri de C.T.C. ( Crushing-Tearing-Curling) kıvrırma makinasıdır. Şekil 2.9-a da görülen C.T.C. kıvrırma makinası birbiri ile karşılıklı çalışan yatay iki valstan (Şekil 2.9-b) oluşur. Silindirik forma sahip bu valslar üzerine radyal olarak uzunlamasına yerleştirilmiş bıçaklar bulunmaktadır. Valsler birbirlerine göre farklı hızlarda (1/10 oranında) ters yönde dönerler. Bir bant sistemi ile valslerin arasına sürekli çay yaprakları verilir. Çay yapraklarının valslerin arasından geçmesi esnasında ezme, parçalanma, yırtma ve bükme işlemleri gerçekleşir, [1],[3],[4],[5],[12].



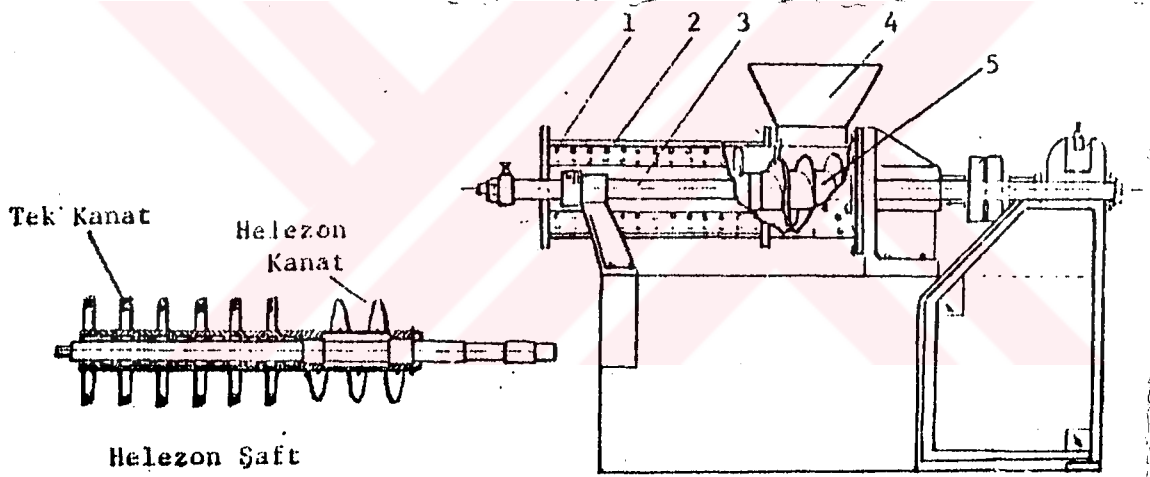
Şekil 2.9. C.T.C. kıvrırma makinası genel görünüşü (a) ve kıvrırma işlemi yapan valsler (b).

120 cm genişlikte olan ve 1000 d/dak da çalışan C.T.C. makinasının kapasitesi 3270 kg/h tır. Her 100 saatlik çalışma sonunda körlenen valslerin bilenmesi gerekmektedir, [1],[5].

C.T.C. makinaları, Orthodoks, Rotorvan ya da kendi aralarındaki kombinasyonlarla siyah çayın işlenmesinde kullanılmaktadırlar.

### 2.3.2.3. Rotorvan Kıvrırma Makinası

Sürekli imalata uygun diğer bir kıvrırma makinası da Rotorvan kıvrırma makinasıdır. Şekil 2.10 da görülen bu makina silindirik bir gövde ile bunun içerisinde dönen helezon şafttan oluşmaktadır. Helezon şaftın ilk bölümü çayın gövde içine beslenmesini sağlayan helezon kanatlarından, ikinci bölümü ise çevresel olarak yerleştirilmiş radyal tek tek kanatlardan oluşur. Gövde içerisine yerleştirilmiş sabit tek tek kanatlar ile helezon şaftı üzerindeki hareketli kanatlar arasında çayın geçmesi sırasında kıvrırma işlemi gerçekleştirilir, [1], [3],[4],[5].



1. Sabit kanat bağlantı yeri
2. Silindirik gövde
3. Silindirik gövde kızak mili
4. Çay giriş haznesi
5. Helezon şaft

Şekil 2.10. Rotorvan kıvrırma makinası.

Bu makinalar, silindir çapları 20 cm ve 37.5 cm olmak üzere standart iki değişik büyüklükte üretilmektedirler. Küçük Rotorvan makinası 450-750 kg/h kapasitelidir.

Rotorvan makinaları da diğer kıvrırma makinalarıyla birlikte kullanılmaktadırlar. Çay-Kur, Orthodoks - Rotorvan kombinasyonunu kullanmaktadır.



#### 2.3.2.4. Triturator Kıvırma Makinası

Bu makinanın çalışma ilkeleri Rotorvan makinalarına büyük benzerlik gösterir. Triturator makinalarında işleyici eleman olarak silindir içinde helezonlu kesici bir mil kullanılmaktadır. Çay yaprakları taşıyıcı bir bant ile makinaya verilmektedir. Mil üzerindeki helezonun hatvesi uç kısma doğru giderek küçülür. Bu makinanın kapasitesi 1110 kg/h tır. Triturator kıvırma makinaları Rotorvan ve C.T.C. makinalarıyla birlikte kullanılmaktadır, [1],[4],[6].

#### 2.3.2.5. Seylan Sürekli Kıvırma Makinası

İç içe iki çelik fıçından oluşmaktadır. İçteki çelik fıçı 25 d/dak hızıyla dönerek sıkıştırma suretiyle ezme ve parçalamaya işlemi görmektir. 900-1350 kg/h lık bir kapasiteye sahiptir, [4],[6].

#### 2.3.3. Fermentasyon

Siyah çayın elde edilmesinde üçüncü aşamadır. Kıvırma işlemi ile yaprak yüzeyine ulaşan hücre özsuyunun havanın oksijeni ile reaksiyona girmesiyle fermentasyon ( oksidasyon ) işlemi başlar. Bu işlemle çaya tad, koku, renk gibi aromatik özellikler kazandırılır. Kıvırma işlemi ile başlayan fermentasyon, etkin olarak sıcaklığı 26-28 °C ve nisbi nemi %85-95 olan bol temiz hava ortamında gerçekleştirilir. Fermentasyon süresi 40 dakika ile 3 saat arasında değişmektedir [1],[5].

İçilen çayın kalite maddelerinin oluşumu üzerine en etkin işlem fermentasyon sırasında meydana gelir. Fermentasyon süresi ilerledikçe kıvrılmış yeşil renkli çay parçacıkları parlak bakır kırmızısı rengine dönüşür. Kalite maddelerinin oluşumunun maksimum olduğu bu noktada fermentasyonun durdurulması gerekir. Fermentasyon süresinin uzaması halinde içilen çayın renginde koyulaşma artmakta, buna karşın kalite değerleri azalmaktadır [1],[3].

#### 2.3.3.1. Fermentasyon Odası

Havanın sıcaklığı ve nemi ayarlanmış odalarda kıvrılmış çay yaprakları 5-7.5 cm kalınlıkta tepsiler üzerine serilip uygun süre bekletilerek fermentasyon gerçekleştirilir [1],[4].

#### 2.3.3.2. Traf Fermentasyonu

Kıvrılmış çay yapraklarının üzerine serildiği altı delikli tepsiler traf ( tekne ) üzerine yerleştirilir. Tekne içinden gönderilen sıcaklığı ve nemi ayarlanmış hava, tepsi üzerindeki çay yaprakları arasından geçerken fermentasyon oluşur. Ülkemizde de kullanılan bu sistemde teknelerin kapasitesi 80 kg dır, [1],[3],[4].

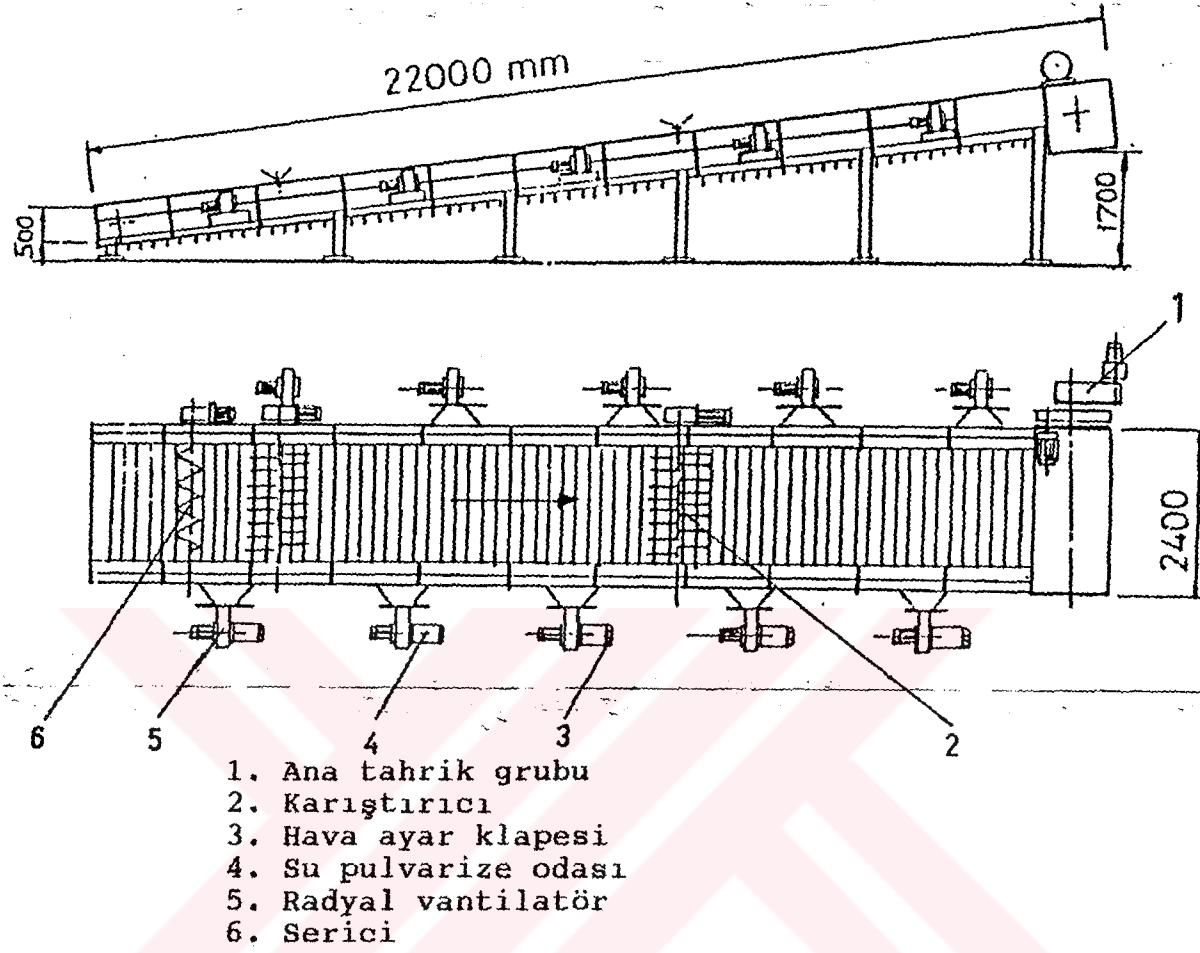
#### 2.3.3.3. Sürekli Fermentasyon

Sürekli fermentasyon C.T.C. ve Rotorvan kıvrırma makineleri ile çalışan fabrikalarda kullanılır. Şekil 2.11. Eğimli bir konveyör bantı üzerinde hareket etmekte olan kıvrılmış çay yapraklarına alttan gönderilen hava ile fermentasyon işlemi yaptırılmaktadır, [4],[5].

Bu sistemde bant üzerindeki çay yapraklarının belirli bir kalınlıkta olmasını sağlayan yayıcı ve yaprakların karışımını gerçekleştiren karıştırıcı bulunmaktadır. Bu sürekli fermentasyon makinasının ilerleme hızı 5-25 m/h, yükleme birimi 70 kg/m<sup>2</sup> ve kapasitesi 2400 kg/h tır.

#### 2.3.4. Kurutma

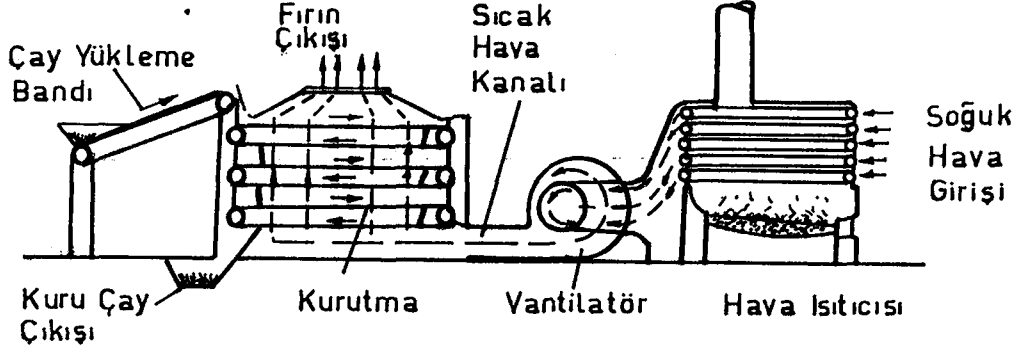
Çayın renk, tad, koku ve aromatik özelliklerinin olduğu fermentasyon işleminin ideal noktada durdurulması için yapılan işlemdir. Fermentasyon sonrası %45-50 nem içeren çay yaprağı, kurutma işlemi sonunda %3-4 kadar nem içerir. Kurutma işlemi öncesi bakır kırmızısı olan renk siyaha dönüşür [1],[3],[5].



Şekil 2.11. Sürekli fermentasyon makinası.

#### 2.3.4.1. Çay Kurutma Fırını

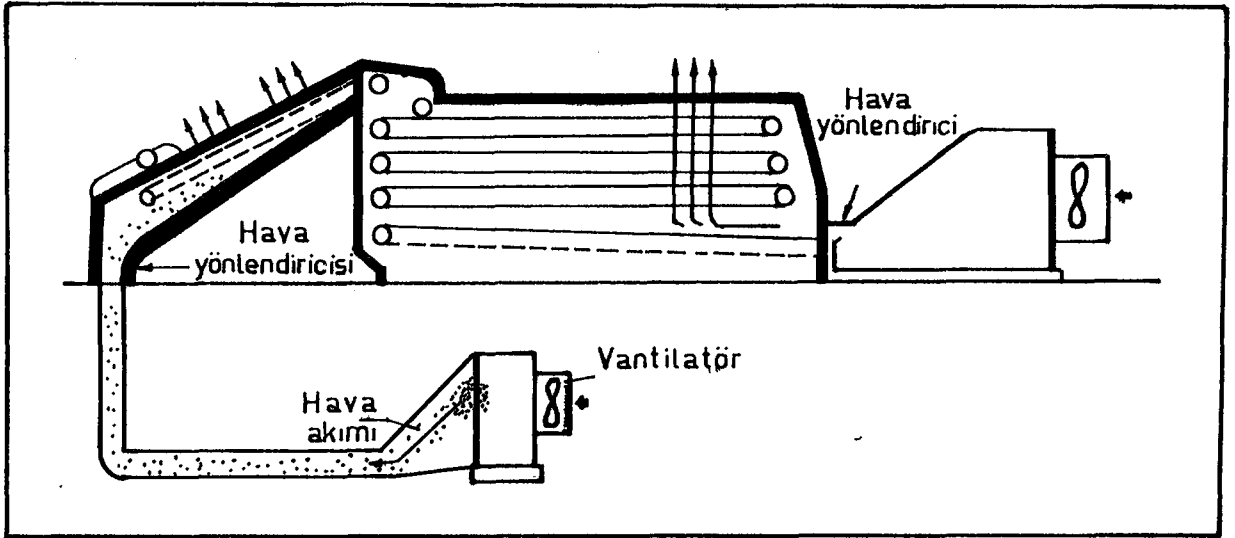
Yaygın olarak kullanılan bir kurutma fırınının çalışma şeması Şekil 2.12 de görülmektedir. Bir yükleme bantı ile fırın içine iletilen çay yaprakları, burada üst üste yerleştirilmiş bantlara aktarılır. Her bir bant üzerinde çayın ilerlemesi sırasında alttan sıcak havanın etkimesi ile kademeli olarak nemi azalan çay kurumuş olarak fırından çıkar. Vantilatörün sağladığı hava bir ısıtıcıdan geçerek fırına iletilir. Fırına 100 °C civarında giren sıcak hava 50-55 °C civarında çıkar. Kurutma işlemi 20-25 dakikada tamamlanır. Bu fırının kurutma kapasitesi 180 kg/h tır, [1],[3],[4],[5].



Şekil 2.12. Çay kurutma fırınının çalışma şeması.

#### 2.3.4.2. Ön Isıtıcılı Kurutma Fırını

Fırın içerisinde devam edebilecek fermentasyonu durdurmak için şok kurutmanın yapıldığı ön ısıtıcılı fırınlar kullanılmaktadır. Şekil 2.13. Fırının ısıtıcısından ayrı diğer bir ısıtıcıdan alınan sıcak hava, besleme bantına verilerek çay yaprakları ön kurutma işlemine tabi tutulmaktadır. Uygulanan yüksek sıcaklığın etkisiyle kurutma kapasitesinin artırılması yanında, çay yapraklarındaki enzimler kısa sürede etkisiz hale getirilerek fermentasyonun durdurulması sağlanmaktadır. Ön ısıtıcıdan gelen sıcak havanın sıcaklığı 120 °C civarında, besleme bantından çıkan havanın sıcaklığı 60 °C civarındadır. Bu fırın yaklaşık 400 kg/h lik bir kurutma kapasitesine sahiptir [11],[3].



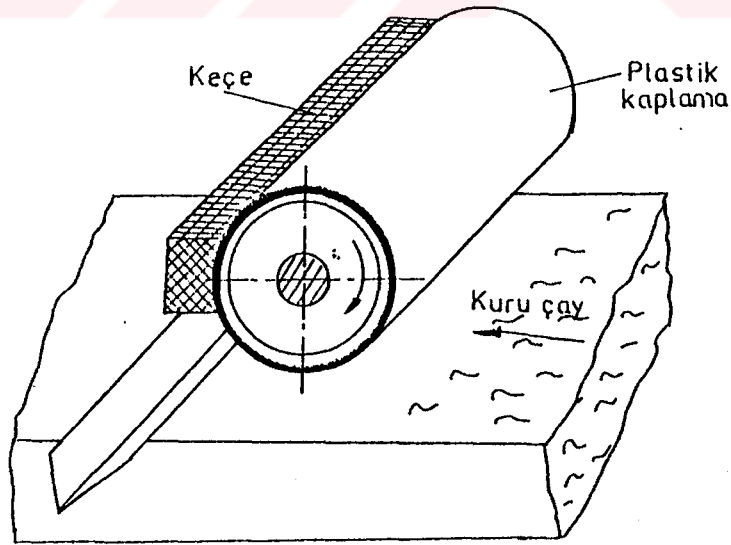
Şekil 2.13. Ön ısıtıcılı bir fırının çalışma şeması.

### 2.3.5. Tasnif

İmalat akışı içerisinde farklı büyüklüklerde elde edilen çay parçacıkları üzerinde oluşan değişimler de farklı olmaktadır. Kıvrırma işleminde yapraklardan ayrılan küçük parçacıklar daha kısa sürede fermente oldukları gibi daha düşük nem değerine de sahip olurlar. Bu etkiler sonucu farklı kalitede ürün elde edilir, [1],[5]. Bu yüzden çay parçacıkları büyüklüklerine ve kalitelerine göre sınıflandırılmaları gerekir.

#### 2.3.5.1. Çayların Temizlenmesi

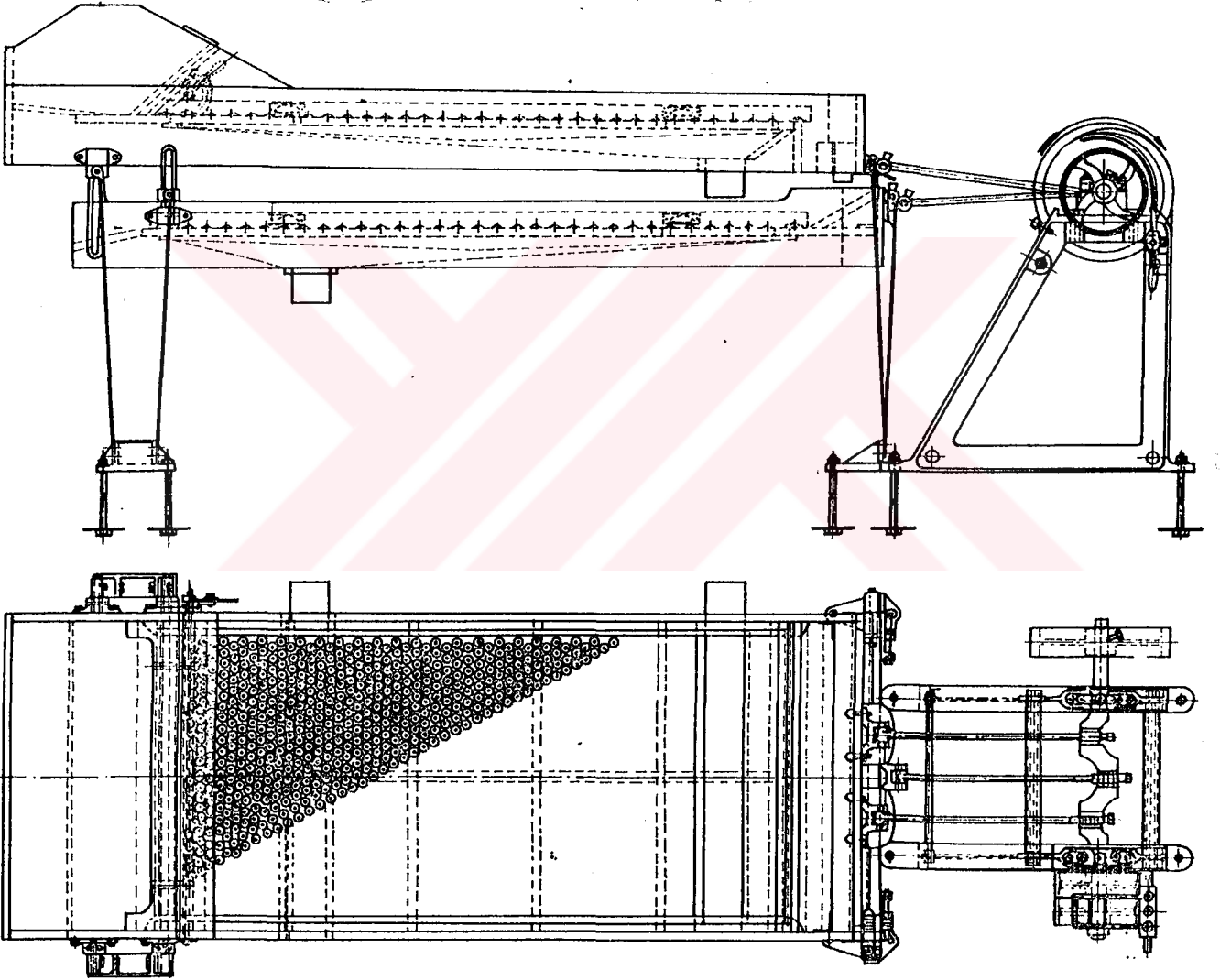
Çay parçacıkları tasnif edilmeden önce lif ve çöplerin temizlenmesi gerekir. Bu amaçla kullanılan ayırıcılardan biri elektrostatik lif toplayıcısıdır. Prensiş şeması şekil 2.14 de görölmektedir. Bir kasnak üzerine sarılan plastik malzeme keçe ile sürtündüğünde elektrostatik olarak yüklenmekte ve alt taraftan titreşimli şekilde geçen çay parçacıkları içerisinde hafif olan lifleri çekmektedir. Lifler keçenin üzerinde birikerek alt taraftaki oluğa dökölmektedir, [1],[4].



Şekil 2.14. Elektrostatik lif toplayıcısının prensip şeması.

Çay parçacıkları arasındaki çöplerin temizlenmesinde Myddelton eleği kullanılır. Şekil 2.15. İki katlı yatay elek

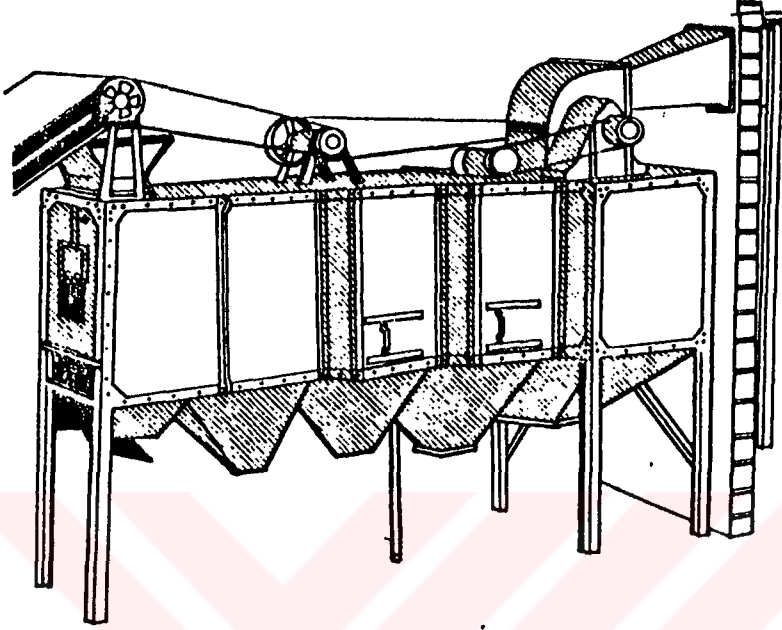
tablası şeklindeki Myddelton eleği, bir krank vasıtasıyla dakikada 200 ileri geri titreşim yapar. Elek yüzeylerine dış bükey bombeler basılmış ve bombe tepesine yuvarlak delik açılmıştır, [1],[4],[9]. Titreşimli elek yüzeyinde kayan çay parçacıkları bombenin deliğinden aşağı düşerek sap ve çöplerden ayrılır.



Şekil 2.15. Myddelton eleğinin görünüşü.

Çay içerisinde bulunan toz ve tüccüklerin temizlenmesinde savurma makinası (Winnower) kullanılır. Şekil 2.16. Savurma makinası içerisinde oluşturulan laminer hava akımına çayın tabi tutulması sonucu ağır olan çay parçacıkları alta çöker.

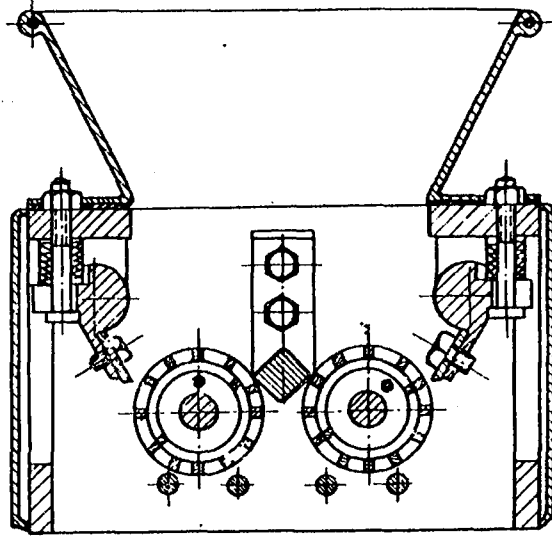
Hafif olan toz, yaprak tüyleri ve küçük lifler çökme fırsatı bulamadan aspiratörle emilir ve dışarı atılır, [1],[3],[4].



Şekil 2.16. Savurma makinasının ( Winnower) görünüşü.

#### 2.3.5.2. Çay Parçacıklarının Kırılması

Elek üstünde kalan kuru çaylar çay kırma makinalarında kırılarak tekrar elemeye gönderilir. Bu işlem için kullanılan Cellular çay kırma makinası Şekil 2.17 de görülmektedir.



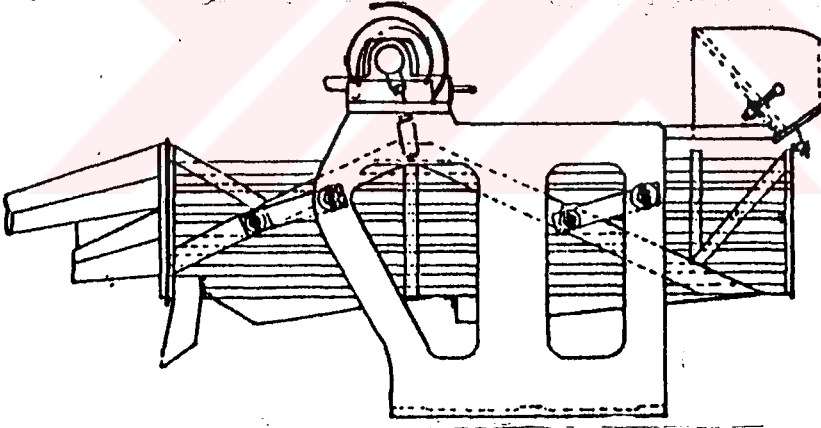
Şekil 2.17. Cellular kuru çay kırma makinası.



Makinanın deposuna doldurulan çaylar silindir çevresindeki yivlere dolar ve dönen silindire belli uzaklıkta ayarlanan bıçaklar tarafından kırılırlar. Makinanın kapasitesi 400 kg/h kuru çaydır.

### 2.3.5.3. Çayların Tasnif Edilmesi

Temizlenen ve kırılan çaylar tasnif makinasında tasnif edilerek paketlenmeye gönderilir. Ülkemizde bu işlem için Pucca Sorter elek makinası kullanılır. Şekil 2.18 de görülen elek makinası ileri geri titreşimle çalışır. Makinada yukarıdan aşağıya doğru 8, 10, 12, 20, 30 ve 40 numara ( mesh ) elek kademeleri vardır. Elemeden sonra elek üstünde kalan çaylar tekrar kırıcılara gönderilerek işleme devam edilir, [1], [3], [9].



Şekil 2.18 Pucca Sorter kuru çay elek makinası.

Eleme sonucu ayrı ayrı torbalanan çaylar belli oranlarda harmanlanarak piyasaya sürülür.



## BÖLÜM 3

### DENEYSEL ÇALIŞMA

#### 3.1. Çay Kıvrırma Deney Düzenegi Hakkında Genel Bilgiler

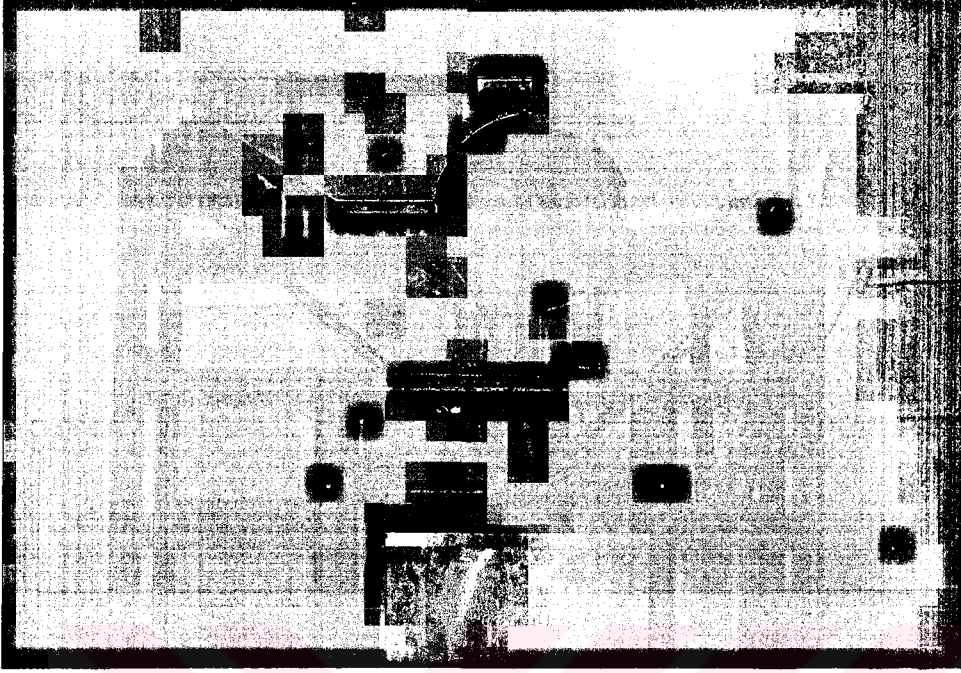
Yüzyıllar önce Çin'de iki avuç arasında çay yapraklarının elle yoğrulmasıyla kıvrırma işlemi yapılıyordu. 1840 yıllarından sonra geliştirilen kıvrırma makinalarıyla bu işlem mekanik olarak yapılmaya başlandı. Bu çalışmada, hem sürekli imalata uygun ve hem de iki avuç arasındaki kıvrırmaya benzer bir kıvrırma makinasının tasarımının yapılıp, endüstriye uygulanabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

Sistem, farklı bağıl hızlarda ( kıvrırma bantı ile kıvrırma tamburu arasındaki hız farkı ) ve değişik çalışma yüzeyleri ile açıklıklarında çay yapraklarının kıvrılmasının incelenbilmesine uygun olarak tasarlanmıştır. Bantlı çay kıvrırma makinası olarak adlandırılan bu sistem K.T.Ü. Makina Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında imal edildi.

Bu amaçlarla imal edilen bantlı çay kıvrırma makinası Şekil 3.1 deki fotoğrafta görülmektedir. Bu kıvrırma makinası, silindirik kıvrırma tamburu, kıvrırma bantı, bant tahrik ve gerdirme tamburları, solmuş yaş çay ve kıvrılmış çay yaprakları depoları ile elektrik motorundan oluşmaktadır. Ayrıca sisteme elektrik motorunun devir sayısını ayarlamak için bir hız kontrol ünitesi monte edilmiştir.

##### 3.1.1. Silindirik Kıvrırma Tamburu ve Özellikleri

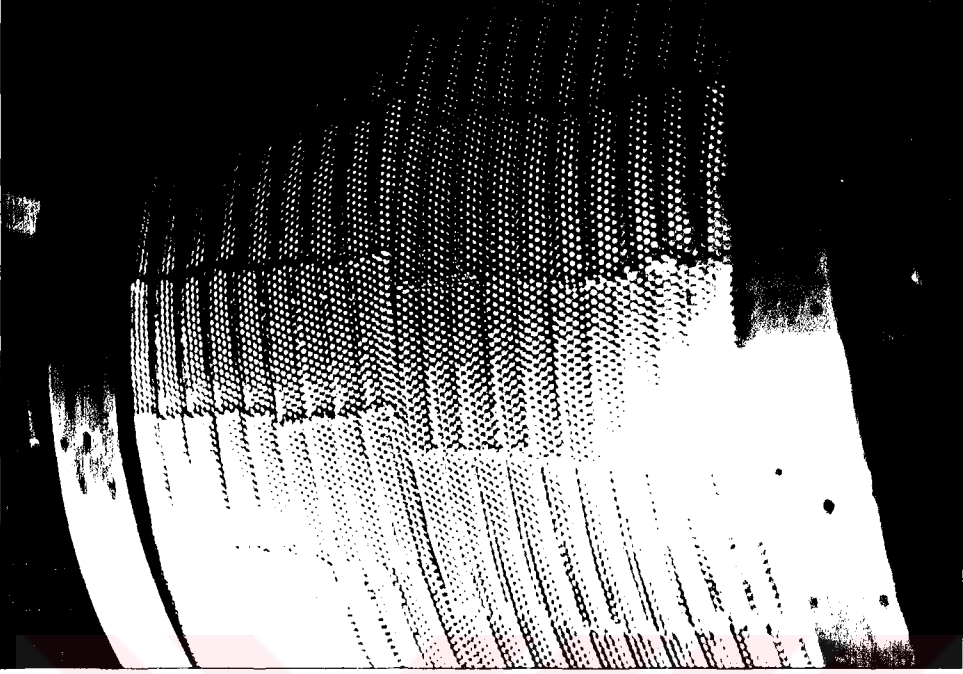
Silindirik kıvrırma tamburu 520 mm çapında ve 450 mm genişliğinde imal edilmiştir, (Bak. Resim No 1 ve 2). Çay yapraklarının kıvrılma ve ezilme etkinliğinin arttırılması için



Şekil 3.1. Bantlı kıvrma makinası.

kıvrma tamburu yüzeyi pürüzlü bant veya değişik pürüz kalınlıklarında paslanmaz saçla kaplanabilir. Şekil 3.2. Yine Şekil 3.2. den de görüleceği gibi, kıvrma tamburu ile kıvrma bantı arasındaki mesafeyi ayarlamak için kıvrma tamburunun her iki kenarına 1 mm kalınlığındaki paslanmaz saçtan yapılan çember kızaklar, çevresel olarak takılmıştır. Çember kızaklar ile tambur arasındaki sürtünmeyi azaltmak ve kızakların serbest bir şekilde dönmelerini sağlamak için kızaklar tambur üzerine sıkı bir şekilde sarılan makaralı zincirlerin üzerine monte edilmiştir (Bak.Resim No.2). Bu işlemle kıvrma tamburu ile kıvrma bantının birbirinden bağımsız hareket etmeleri sağlanmıştır. Burada iki tane tek sıra makaralı zincir yan yana kullanılmıştır. Böylece daha geniş bir oturma yüzeyi elde edilerek, kıvrma bantının ortadan bombeleşmesi bir ölçüde önlenilmeye çalışılmıştır. Kullanılan kızaklar üzerine değişik kalınlıklarda malzeme (bant veya paslanmaz saç) takılarak bant ile tambur arasındaki açıklık belirlenen ölçülere getirilebilmektedir.

Kıvrma tamburu miline hareket bir hız kontrol ünitesiyle devri ayarlanan 3 kW gücündeki elektrik motoruyla verildi. Kullanılan hız kontrol ünitesinin maksimum gücü 5.5 kW tır.



Şekil 3.2. Kıvrırma tamburu yüzeyinin ve çember kızakların görünüşü.

Bu üniteyle kullanılan motorun devir sayısı, sıfırdan motorun nominal devrine kadar istenilen değere ayarlanabilmektedir.

### 3.1.2. Kıvrırma Bantı ve Özellikleri

Kıvrırma bantının iki görevi vardır. Birinci görevi çay yapraklarını taşımak, ikinci görevi ise çay yapraklarının kıvrılmasına yardım etmek. Kullanılan kıvrırma alanının daha fazla olması için kıvrırma bantı eğimli yapıldı. Böylece çay yaprağının kıvrılma alanı içinde daha uzun süre kalarak daha fazla kıvrılmaya uğraması sağlandı.

Sistemde kıvrırma bantı olarak, yüzeyi pürüzlü 400 mm genişliğinde kord bezli konveyör bantı kullanıldı. Bu bantın gerginliği alt taraftaki gerdirme tamburunun oturduğu profillerin (ayakların) aşağı yukarı ayarlanması ile sağlanmaktadır (Bak. Resim No 1).

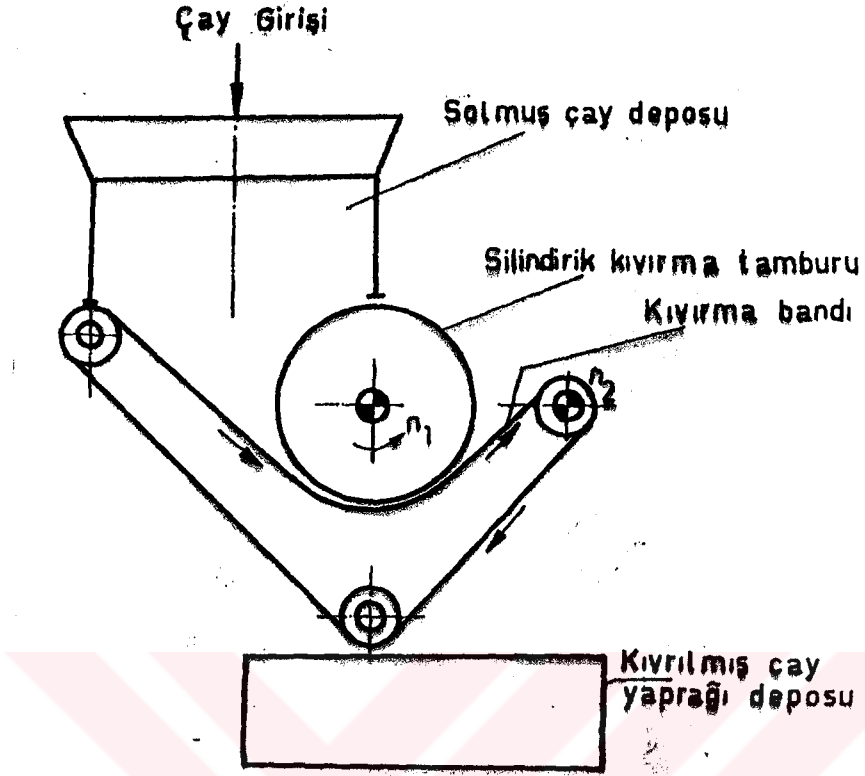
Kıvrırma bantı tahrik ve gerdirme tamburları 150 mm çapında ve 450 mm genişliğinde imal edildiler. Kıvrırma bantının tamburlar üzerinden kaymaması için tamburlar bombeli olarak imal edildiler (Bak. Resim No 2).

Kıvrırma bantı tahrik tamburuna güç iletimi iki şekilde yapılabilir. Birincisi, ayrı bir hız kontrol ünitesiyle devri ayarlanan bir elektrik motoru kullanarak tahrik tamburuna güç iletilir. İkinci yol ise kıvrırma tamburu milinden kayış kasnak sistemi yardımıyla tahrik tamburu miline güç iletimi yapılır. Deneylerde ilk önce birinci yol kullanıldı. Fakat kıvrırma bantı ile kıvrırma tamburu arasında sabit bir bağıl hız, arada oluşan sürtünmeler ve kızaklar ile zincirler arasındaki sıkışmalardan dolayı elde edilemedi. Bu nedenle deneylerde ikinci yol kullanıldı. Tahrik tamburuna kayış kasnak sistemi ile güç iletimi yapıldığında çeşitli çaplarda kasnaklar seçilerek değişik oranlarda çevresel hız oranları elde edilebilir. Yapılan bu ilk çalışmada kasnak çapları eşit alınarak kıvrırma bantı ile kıvrırma tamburu arasında yaklaşık 1/3.5 oranında çevresel hız oranı elde edildi.

### 3.2. Kıvrırma İşleminin Esası

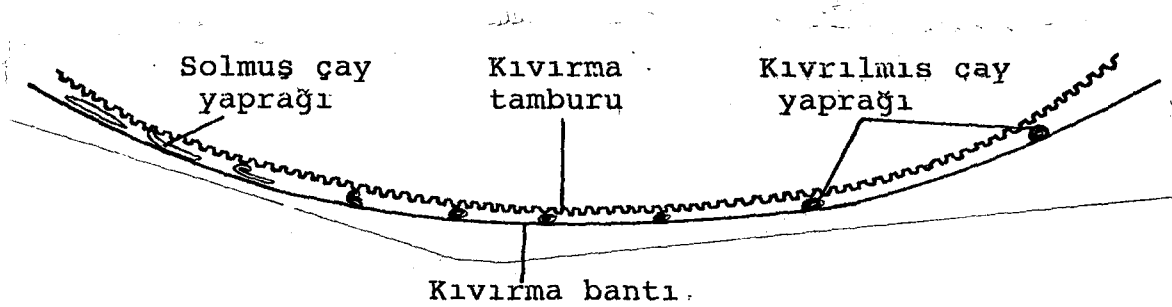
Sistemin çalışması, prensip şemasından da ( Şekil 3.3 ) görüleceği gibi kısaca şu şekilde özetlenebilir: Soldurulmuş çay yapraklarının bulunduğu depodan akan solmuş çay yaprakları kıvrırma bantı üzerine gelmektedir. Kıvrırma bantı çay yapraklarını kıvrırma tamburunun altından geçirmektedir. Bant ve tamburun çevresel hızlarındaki farklılıktan dolayı solmuş çay yaprağı kıvrılır ve aradaki sıkışmadan dolayı da yapraklar ezilerek hücre zarlari parçalanır, Böylece fermentasyon için gerekli olan hücre özsuju yaprak yüzeyine bulaşır. Kıvrılan çay yaprakları bant üzerinden akarak kıvrılmış çay yapraklarının toplandığı çay deposuna gelmektedir. Depoda toplanan kıvrılmış çay yaprakları birbiri ile karışarak, hücre özsuju- larının yaprakların her tarafına bulaşması sağlanır. Bu kıvrırma işlemi çay yapraklarının kıvrılıp ezilme durumuna göre birkaç defa tekrarlanabilir.

Kıvrırma işleminin gerçekleşmesinin prensibi Şekil 3.4 de gösterilmiştir. Şekil 3.4 den de görüleceği gibi çay yaprağı kıvrırma tamburu ile kıvrırma bantı arasında rulo şeklinde kıvrılmaktadır. Çay yaprağı bu kıvrılma esnasında aynı zamanda



Şekil 3.3. Bantlı kıvrma makinasının şematik görünüşü.

bant ile tambur arasında ezilmektedir. Böylece çay yaprağının hücre zarlari parçalanarak hücre özsuyu yaprağın her tarafına bulaşmaktadır. Zaten çayın kıvrılma işleminde de bu olayın gerçekleşmesi istenilmektedir. Bu işlemler için tambur yüzeyinin 1/4 ü kullanılmaktadır. Yani silindirik tamburun 90°lik merkez açısının gördüğü yüzey bant ile temasta olup bu iki yüzey arasında kıvrılma işlemi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3.4. Çay yaprağının kıvrılmasının şematik görünüşü.

### 3.3. ay Kıvrırma Deneylerinin Yapılışı

Sistemin imalatı normal sürgün dönemine (Nisan-Ekim) yetiştirilememesinden dolayı deneyler Aralık ayı ilk haftası içinde temin edilen çaylarla yapılmıştır. Dolayısıyla kullanılan yaş aylarda hem sert yaprakların oranı fazlaydı hem de yaprakların içerdiği su miktarları normalden daha azdı. Deneylerde kullanılan aylar Trabzon ilinin Of ilçesinin İkidere köyünden temin edilmiştir.

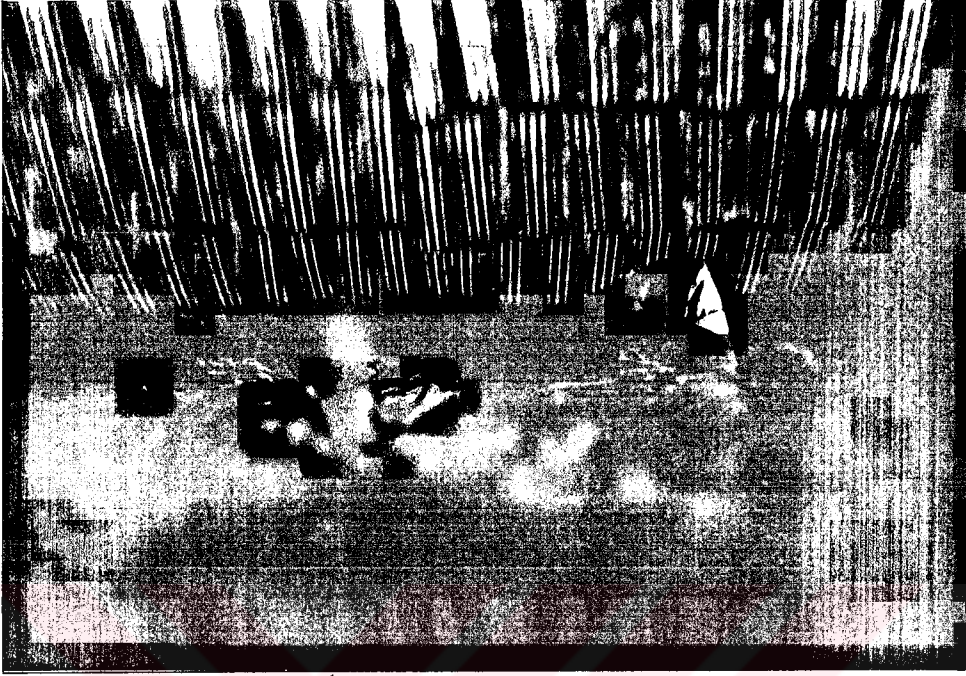
Deney için temin edilen yaş çay yaprakları bölüm laboratuvarında tabii soldurmaya bırakıldı. ay yaprakları yaklaşık olarak %25 su kaybına uğratılarak solduruldu. Solma süresi ise 24 saat civarında gerçekleşti.

ay döneminin geçmiş olmasından dolayı temin edilebilen çay yaprakları ancak bir çevresel hız oranında (1/3.5), fakat farklı bağıl hızlarda kıvrılarak deneyler yapıldı. Aynı nedenden dolayı kıvrırma bantı ile kıvrırma tamburu arasındaki açıklık (yaklaşık 1 mm) değiştirilmedi.

Soldurulan aylar solmuş çay yaprağı deposuna dolduruldu. Sistemin devri hız kontrol ünitesinden 50 d/dak ya ayarlanarak kıvrırma ve bant tahrik tamburu millerine hareket verildi. Sistemin devir sayısı bir dijital takometre yardımıyla ölçüldü. ay yaprakları, depo içindeki eğimli yüzeyden düzgün bir şekilde kıvrırma bantı üzerine akıtıldı. Daha sonra çay yaprakları kıvrırma bantı ile kıvrırma tamburu arasında çevresel hız farkından dolayı kıvrılmaya ve pürüzlülükten dolayı ezilmeye uğradılar. ay yapraklarının kıvrılarak bant ve tambur arasından çıkışı Şekil 3.5 de görülmektedir. Kıvrılan aylar bant üzerinden kıvrılmış çay yaprağı deposuna akarak kıvrırma işlemi tamamlandı. Bu kıvrırma işleminden sonra çay yapraklarının görünüşü Şekil 3.6 da görülmektedir. ay yapraklarının kıvrırma süresi bir kronometre yardımıyla ölçüldü.

İlk kıvrırmadan sonra çay yaprakları tekrar depoya konularak ikinci defa kıvrılmaya tabi tutuldu. İkinci kıvrırmadan çıkan çay yapraklarının durumu Şekil 3.7 deki fotoğrafta görülmektedir.

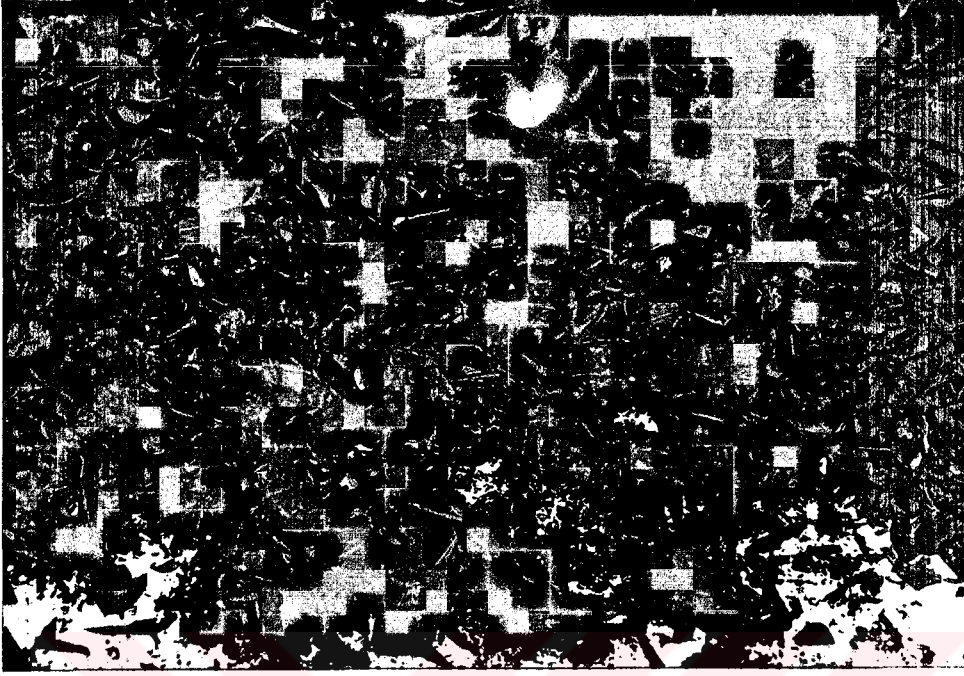




Şekil 3.5. Çay yapraklarının kıvrılarak bant ve tamburun arasından çıkışı.



Şekil 3.6. İlk kıvrımdan sonra çay yapraklarının görünüşü.



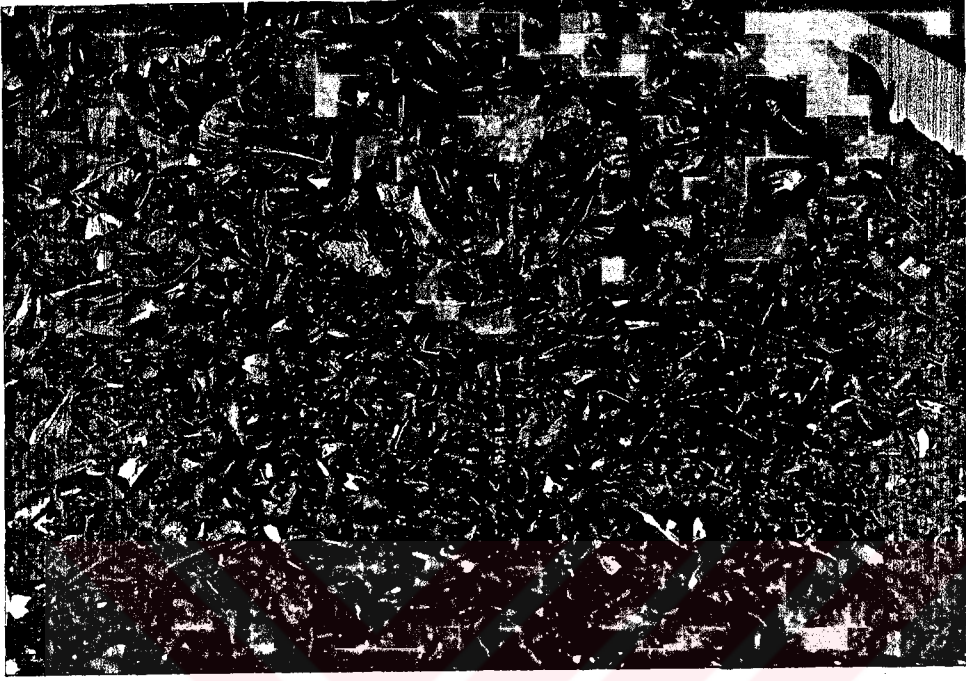
Şekil 3.7. İkinci kıvırmadan sonra çay yapraklarının görünüşü.

İkinci kıvırmadan sonra çay yaprakları elenerek kıvrılmış çay parçaçıkları fermentasyon işlemine tabi tutuldu. Kıvrılmamış çaylar ise tekrar depoya konularak üçüncü kez kıvrma işlemine tabi tutuldu. Aynı işlem dördüncü defa da yapıldı. Üçüncü ve dördüncü kıvırmalardan sonra çay yapraklarının durumları Şekil 3.8 ve Şekil 3.9 da görülmektedir.

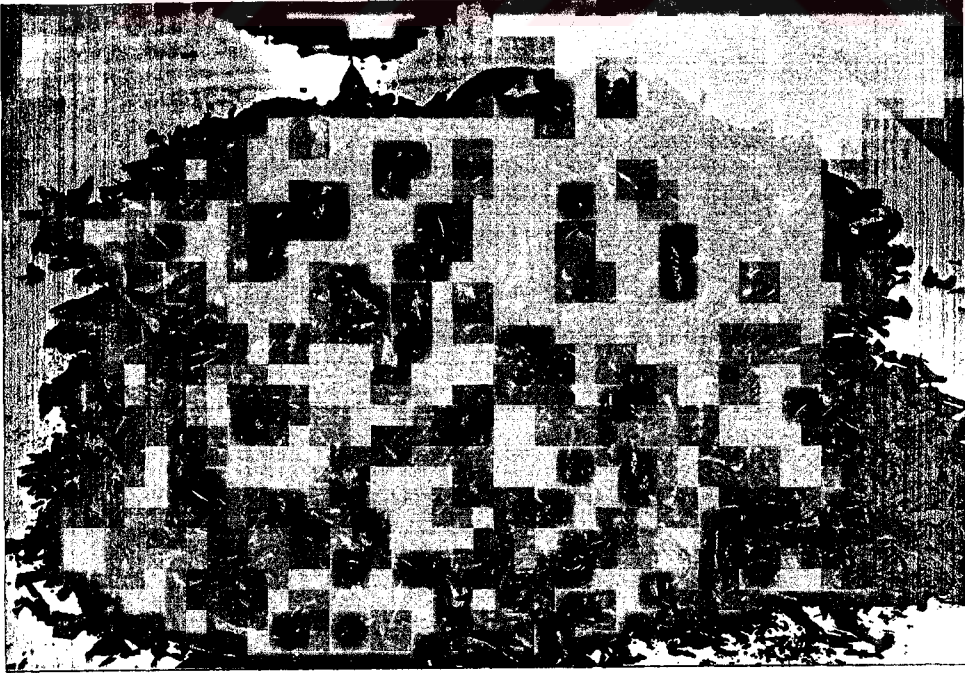
Şekil 3.9 da görülen renk değişimi, çay yapraklarında fermentasyon işleminin başlamış olduğunu göstermektedir. Dördüncü kıvırmadan sonunda kıvrma işlemine son verildi. Bu son adımda da kıvırmaya uğramamış çay yaprakları olduğu gözlemlendi. Bu durum çay yapraklarının sert oluşuna ve yaprakların tam solmamış olmasına bağlandı.

Çay yapraklarını fermentasyon işlemi laboratuvarında, nemli bir ortamda yapıldı. Çay yaprakları yaklaşık olarak 3 saat süreyle fermentasyona bırakıldı. Fermentasyon sonrası çay yapraklarının görünümü Şekil 3.10 daki fotoğrafta görülmektedir. Bu fotoğraftan da görüleceği gibi, çay yaprakları fermentasyon sonrası alması gereken bakır kırmızısı rengini almıştır.

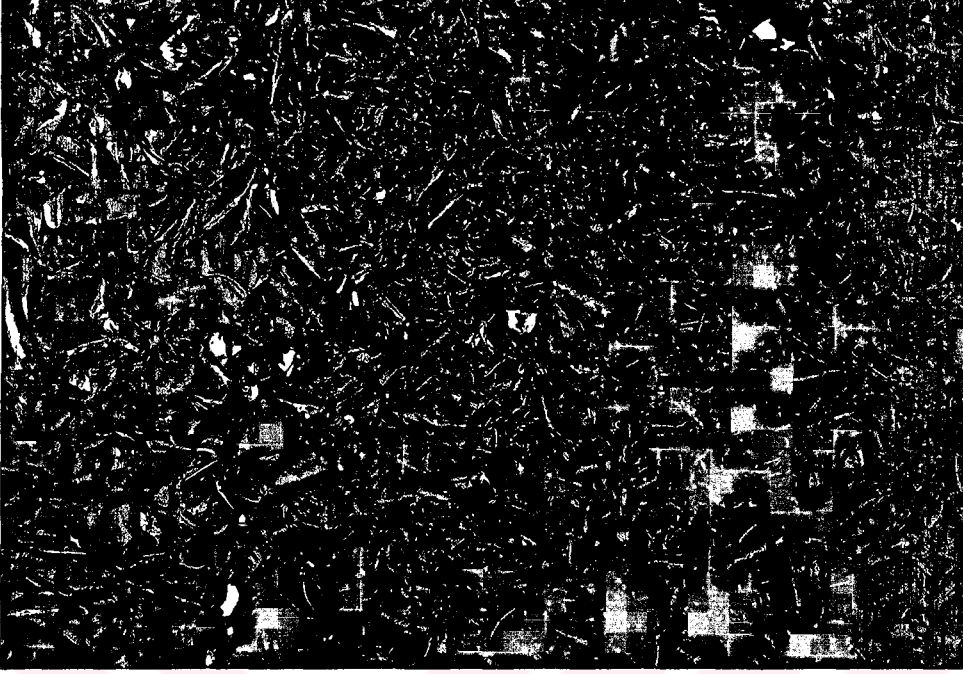




Şekil 3.8. Üçüncü kıvırmadan sonra çay yapraklarının görünüşü.



Şekil 3.9. Dördüncü kıvırmadan sonra çay yapraklarının görünüşü.



Şekil 3.10. Fermentasyon işleminden sonra çay yapraklarının görünüşü.

Şekil 3.10 daki fotoğrafta görülen yeşil renkli çay parçacıkları kıvrılmamış sert çay yaprağı parçalarıdır. Bu parçacıkların hücre zarları, kıvrırma işleminde parçalanmadığından dolayı fermentasyona uğramamışlardır. Bu nedenle bu parçacıklar renk değişimine uğramamışlardır.

Fermentasyon işleminden sonra çay yaprakları bir fırında kurutuldu. Fırının iç sıcaklığı CrAl-Al termo eleman çifti yardımıyla ortalama olarak 105 °C ölçüldü. 10-15 dakika süren kurutma işlemi sonunda, çay normal siyah rengini ve kokusunu aldığı gözlemlendi.

Aynı işlemler farklı devir sayılarında da yapılarak, değişik bağıl hızlarda çay yapraklarının kıvrılma durumları gözlemlendi.

#### 3.4. Değişik Yüzeylerin Kıvrırma Etkileri

Deneylerin amaçlarından biri, çeşitli yüzeylerin çay yapraklarının kıvrılmasına ve ezilmesine olan etkilerini incelemektir. Bunun için kıvrırma tamburu üzerine yüzeyleri farklı derinlikte pürüzlü, değişik malzemeler sararak deneyler

yapıldı. Kıvrılan çaylar incelenerek yüzeylerin yaprakları kıvrırma ve ezme etkileri belirlendi.

Kıvrırma tamburu yüzeyine ilk olarak kıvrırma bantı malzemesiyle aynı olan bir bant sarılarak deneyler yapıldı. Yapılan bu deneylerde çay yaprakları kısmen kıvrılıp ezilmeye uğramalarına rağmen, yaprakların büyük bir çoğunluğu hiç kıvrılmaya uğramadı. Bu durumun yüzeylerin yeterli pürüz derinliğine ve yüzey malzemelerinin yeterli sertliğe sahip olmamalarından kaynaklandığı sonucuna varıldı.

İkinci malzeme olarak, kıvrırma tamburu yüzeyine 0.5 mm kalınlığında yüzeyi pürüzlendirilmiş paslanmaz sac sarıldı. Bu paslanmaz sacın yüzeyindeki pürüz derinliği 0.2 mm dir. Bu pürüzler bir baskı kalıbı yardımıyla, TREBEL GmbH Ratigen üniversal deney makinasında 20 tonluk bir kuvvet uygulayarak paslanmaz sacın yüzeyine çıkarıldı. Bu yüzeyle yapılan deneyler, ilk yüzeyle yapılan deneylerden daha iyi sonuç verdi. Fakat yinede istenilen düzeyde kıvrırma ve ezme işlemleri gerçekleşmedi.

Üçüncü yüzey malzemesi olarak, yine 0.5 mm kalınlığında yüzeyi pürüzlendirilmiş paslanmaz sac kullanıldı. Başka bir kalıp kullanılarak paslanmaz sacın yüzeyinde 0.45 mm derinliğinde pürüzlü yüzey elde edildi. Şekil 3.2. deki fotoğrafta görülen bu yüzeyle yapılan deneyler hem kıvrırma olarak ve hem de ezme olarak en iyi sonucu verdiği görüldü. Daha sonra yapılan bütün deneylerde bu kıvrırma yüzeyi kullanıldı.

### 3.5. Deney Sonuçları

Önceden de belirtildiği gibi deneyler sabit bir çevresel hız oranında (1/3.5) ve değişik devir sayılarında yapıldı. Yapılan deneyler ile sistemin değişik devirlerdeki kapasitesi ve en iyi çalışma devri belirlendi.

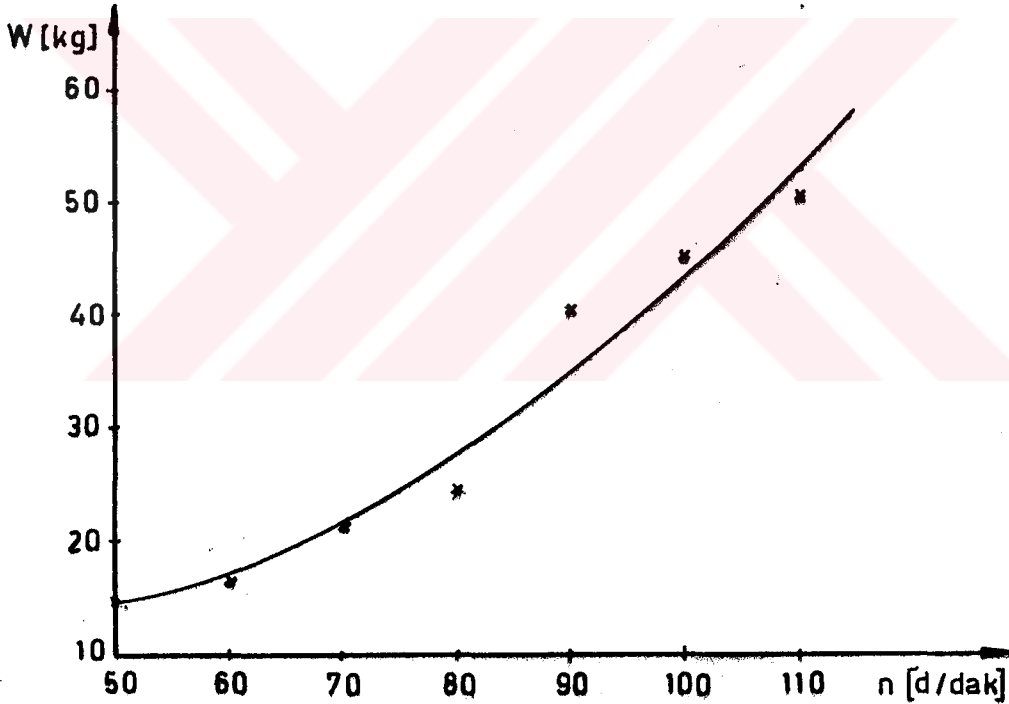
Aynı şartlarda soldurulan çaylar, değişik devir sayılarında işlenerek, makinanın işleme süreleri belirlendi. Bu deneyler için 1 kg solmuş çay kullanıldı. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.1 de görülmektedir.

Tablo 3.1 deki değerlere göre makinanın değişik devir

Tablo 3.1. Değişik devir sayılarında 1 kg solmuş çayın işlenme süreleri.

$n_b=n_t$ [d/dak]	t [saniye]
50	240
60	220
70	170
80	150
90	90
100	80
110	72

sayılarında, 1 saatte işleyebileceği solmuş çay yaprağı miktarları Şekil 3.11 deki grafikten görülebilir.



Şekil 3.11. Değişik devir sayılarına göre makinanın 1 saatte işleyebileceği yaş çay miktarları.

50 d/dak dan daha düşük devirlerde, bant ile tambur arasında oluşan sürtünme kuvvetleri ve kızaklar ile zincirler arasında meydana gelen sıkışmalardan dolayı sabit bir devir sayısı elde edilemedi. Bu nedenle 50 d/dak dan daha düşük devir sayılarında deney yapılamadı. 110 d/dak dan daha büyük

devir sayılarında ise çay yaprakları kıvrılma ve ezilme için yeterli bir süre bulamamaktadır. Dolayısıyla çay yapraklarının hücre zarları parçalanamamaktadır. Bu nedenle daha büyük devir sayılarında deneyler yapılmadı.

Yukarıdaki devir sayılarına göre 1 kg çay yaprağı her devir sayısı için 4 defa kıvrırma işlemine tabi tutuldu. Elde edilen kıvrılmış çaylar aynı şartlarda, laboratuvarda fermentasyona bırakıldı. Fermentasyon işlemi sonunda, değişik devir sayılarında kıvrılan çay yapraklarında oluşan renk değişimi incelendi. Normal olarak fermentasyon işlemi sonunda çay, yapraklarının rengi, yeşilden bakır kırmızısına dönüşür. Yapılan incelemede, devir sayısı 90 d/dak ya kadar artarken rengi değişen çay yapraklarının miktarında da artma olduğu gözlemlendi. Bu devirden daha büyük devirlerde ise rengi değişen çay yapraklarının miktarında azalma olduğu gözlemlendi. Renk değişimine göre gözle yapılan incelemede makinanın en iyi çalışma devri 90 d/dak olarak belirlendi.

## BÖLÜM 4

### SONUÇLAR

Deneyin amaçlarından biri değişik yüzeylerin kıvrırma işlemine olan etkilerini incelemektir. Bu nedenle sistem, ilk önce farklı kıvrırma yüzeylerinde denenererek hangi yüzeyin kıvrırma işlemini en iyi şekilde yaptığı belirlendi. Burada en iyiden kasıt, sisteme verilen çay yapraklarının tümünün kıvrırılıp, ezilerek hücre zarlarının parçalanmasıdır. Yapılan deneylerde üç değişik pürüzlü yüzey denendi. Bu yüzeylerle yapılan deneylerde yüzey pürüzlülüğü arttıkça kıvrırma işleminin daha iyi olduğu gözlemlendi. Kıvrırma bantı yüzeyine ise, bu aşamada herhangi bir işlem yapılmadı. Bundan sonraki çalışmalarda, kıvrırma tamburuna sarılan yüzeyin pürüz derinliği arttırılarak ve kıvrırma bantı yüzeyine de pürüzlü malzeme ( paslanmaz sac ) kaplanarak en iyi kıvrırma yüzeyi ve formu tespit edilmeye çalışılacaktır.

Çay yaprakları sisteme mümkün olduğunca düzenli bir şekilde verildi. Yani çay, kıvrırma bantına verilirken el ile düzgün bir şekilde bant yüzeyine yayıldı, Bu işlem yapılmadığında, çay yaprakları toplu olarak bant ile tambur arasına girmekte ve sıkışmaya neden olmaktadır. Bu sıkışma bant ve tamburun hızlarına etki ederek, onların hızlarını düşürmektedir. Bundan dolayı çalışma esnasında sabit bir bağıl hız elde edilememektedir. Ayrıca çay yaprakları toplu olarak, bant ile tambur arasından geçtikleri zaman, alt kısımdaki yapraklar kıvrırılmamaktadır.

Çay yapraklarının el ile sisteme verilmesi esnasında oluşan düzensizlikler sistemin kapasitesini olumsuz yönde etkilemiştir. Yaprakların kıvrırma bantı üzerine, bir yayıcı



sonuçlarında verilen kapasite değerlerinin artacağı muhakkaktır.

Değişik devir sayılarında yapılan deneyler sonucunda, sistemin çalışma devrinin, çay yapraklarının renk değişimine göre ve 1/3.5 çevresel hız oranında 90 d/dak olduğu Bölüm 3.5 de belirtilmişti. Ancak diğer çevresel hız oranlarındaki çalışma devri hakkında herhangi birşey söylenememektedir. Bundan sonraki çalışmalarda bu durum da gözönüne alınacaktır.

Deneylerde kullanılan çay yaprakları, normal sürgün döneminde toplanmadığı için elde edilen kıvrılmış çayların kimyasal analizleri yapılmadı.

İmal edilen sistemle yapılması gereken tüm deneylerin yapılamamasına rağmen, istenen sonuçlar sistemden kısmen alınmıştır. Gelecekteki çay mevsiminde bütün deneyler yapılarak sistem hakkındaki genel değerlendirme yapılacaktır.

KAYNAKLAR

1. KACAR, B., Çayın Biyokimyası ve İşlenme Teknolojisi, Çay-Kur Yayını No:6, Ankara, 1987.
2. BIYIKLIOĞLU, A., " Bantlı Kıvrırma Makinası " İhtira Beratı (Patent) No: 23474. Uluslararası Tasnif Kodu A 24B11/100 T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Resmî Sınâî Mülkiyet Gazetesi, Ocak-Şubat 1990, Sayı: 280, s. 7, Ankara.
3. TUNCER, İ. K., Türkiye'deki Çay İmalat Tesislerinde Çay Yapraklarının İşlenmesini Mekanize Eden Bazı Yeni Uygulamalar ve Mevcut İşleme Makinalarını Geliştirme Olanakları Üzerine Bir Araştırma, Çağdaş Basımevi, Ankara, 1976.
4. YILDIRIM, M.Y., Çay İşleme Teknolojisinde Kullanılan Makinaların Karakteristik Özellikleri ve Çayın İmalatı, Bitirme Ödevi, K.T.Ü. Makina Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 1987.
5. BIYIKLIOĞLU, A., Çay İşleme Teknolojisinde Kullanılan Makinaların Karakteristik Özellikleri ve Bazı Öneriler, 3. Ulusal Makina Tasarımı ve İmalat Kongresi, Sunuldu, Haziran 1988, Ankara.
6. ALTIN, C., Çayın İşlenmesi ve Uygulanan Teknolojik Sistemlerin Maliyet ve Kaliteye Etkisi, Çayın Üretimi, İşlenmesi ve Pazarlanması, İ.A.V. Yayını- 61, İstanbul, 1985.
7. PRUIDZE, G.N., Özçay ve Çay Boşa Konsantreleri Üretimi, Uluslararası Çay Sempozyumu, Haziran 1987, Rize, Bildiri Kitabı, 164-168.
8. MITRA, K.K., Monitoring and Control of Processing Variable in Tea Manufacture, The Assam Review and Tea News, August, 6, 1989, 5-11.
9. Çay Makinaları, Katalog, Makina Sanayi Müessesesi, MKE, Tisa Matbaası, Ankara.
10. Tea Processing Equipment, Catologue, Techmasheport, SSCB, Moskova.
11. VANLI, H., BİLSEN, M., SARİMEHMET, M., Türkiye Şartlarında Farklı Çay İmalat Metodlarının Mukayesesi, Uluslararası Çay Sempozyumu, Haziran 1987, Rize, Bildiri Kitabı, 169-177.



12. TAŞDEMİR, Ö. A., Çay İşleme Teknolojisi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Makina Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 1984.
13. JOSEPH, K.A., Türkiye İçin Ortodoks Kıvrırma ve Fermentasyon, Uluslararası Çay Sempozyumu, Haziran 1987, Rize, Bildiri Kitabı, 178-184.



## ÖZGEÇMİŞ

1965 yılında Trabzon ilinin, Çaykara ilçesinin, Şahinkaya köyünde doğdu. İlk öğrenimini Çaykara ve Diyarbakır da tamamladı. Orta öğrenimini Diyarbakır ve Şanlıurfa da tamamladı. Lise öğrenimine İstanbul da başlayıp Çaykara da bitirdi. 1983 yılında girdiği K.T.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Bölümünü, 1987 yılında başarıyla bitirdi. Aynı yıl K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Halen yüksek lisans eğitimine devam etmekte olup, K.T.Ü. Makina Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.