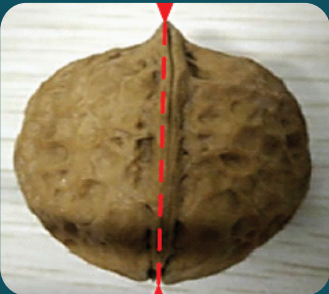
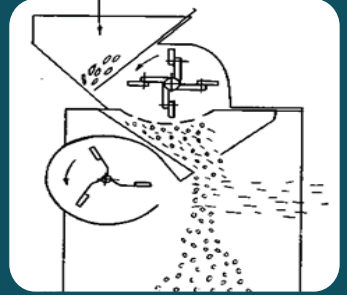


KABUK KIRMA MAKİNALARI

Prof. Dr. İlknur DURSUN



KABUK KIRMA MAKİNALARI

Prof. Dr. İlknur DURSUN¹



¹Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü,
Ankara/Türkiye, dursun@agri.ankara.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-1957-718X

Copyright © 2023 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TURKEY TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Iksad Publications – 2023©

ISBN: 978-625-367-040-5

Cover Design: İbrahim KAYA

April/ 2023

Ankara / Turkey

Size = 16 x 24 cm

ÖNSÖZ

Fındık, antep fıstığı, ceviz, badem, makademya fındığı, kaju fıstığı gibi sert kabuklu meyveler ile ayçiçeği, yer fıstığı, kolza, aspir, pamuk gibi yağlı tohumlardan özellikle gıda endüstrisinde yararlanılır. Yapısal özelliklerine bağlı olarak kabuklarının kırılarak içlerinin çıkartılması, kabuklarının çitlatılması, içler ile kabukların birbirlerinden ayrılması, etli dış kabuklarının kavlatılması gibi işlemlere ihtiyaç duyulur. Bunlardan kabuk kırma makinalarının santrifüj etkili, pervazlı batör-kontrbatörlü, parmaklı batörlü, tek veya çift diskli, alternatif hareketli, paralel silindirli, helisel vidalı, lastik tekerlekli ve pnömatik etkili gibi çeşitli tipleri vardır. Kabuk kırma makinaları; ürüne merkezkaç, darbe, ovalama, sıkıştırma, sürtünme gibi çeşitli kuvvetlerle etki ederler. Bazı makinaların kabuk kırma düzenlerinin yanı sıra ayırma düzenleri de bulunur.

Bu kitap; giriş, ayçiçeği kabuk kırma makinaları, yer fıstığı kabuk kırma makinaları, fındık kabuk kırma makinaları, antep fıstığı kabuk kırma makinaları ile ceviz kabuk kırma makinaları olmak üzere 6 bölümden oluşmaktadır. Kitapta ayçiçeği, yer fıstığı, fındık, antep fıstığı ve cevizin yağlı tohumları ile sert kabuklu meyvelerinin bazı fizikomekanik özellikleri açıklanarak söz konusu kabuk kırma makinalarının yapısal özellikleri, çalışma ilkeleri ve işletme karakteristikleri hakkında bilgiler verilmiştir. Bu kitap; Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü lisans ve lisansüstü öğrencilerine, araştırmacılara, imalatçılara ve üreticilere konu hakkında bilgi verilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Kitabın yayımlanmasında emeği geçen İKSAD Yayınevi çalışanlarına teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
TABLolar DİZİNİ	viii
1. KABUK KIRMA MAKİNALARINA GİRİŞ	1
1.1. Sert Kabuklu Meyve ve Yağlı Tohum Kavramları	1
1.2. Kabuk Kırma Makinalarıyla İlgili Genel Bilgiler	3
2. AYÇİÇEĞİ KABUK KIRMA MAKİNALARI	11
2.1. Ayçiçeğinin Bazı Fizikomekanik Özellikleri.....	11
2.2. Ayçiçeği Kabuk Kırma Makinalarının Sınıflandırılması.....	13
2.2.1. Pervazlı batörlü kabuk kırma makinaları.....	15
2.2.2. Pervazlı batör-kontrbatörlü kabuk kırma makinaları.....	17
2.2.2.1. Baraban.....	17
2.2.2.2. Pervazlı batör-kontrbatörlü kabuk kırma ve ayırma makinası.....	20
2.2.4. Diskli kabuk kırma makinaları.....	24
2.2.5. Silindirli kabuk kırma makinaları.....	25
2.2.6. Santrifüj etkili kabuk kırma makinaları.....	28
2.2.7. Pnömatik kabuk kırma makinaları.....	36
3. YER FISTIĞI KABUK KIRMA MAKİNALARI	39
3.1. Yer Fıstığının Bazı Fizikomekanik Özellikleri.....	39
3.2. Yer Fıstığı Kabuk Kırma Makinalarının Sınıflandırılması.....	40
3.2.1. Alternatif hareketli ya da salınlı kabuk kırma makinaları.....	41
3.2.1.1. Elle çalıştırılan düz işleyici yüzeyli kabuk kırma makinası	41
3.2.1.2. Pedalla çalıştırılan düz işleyici yüzeyli kabuk kırma makinası.....	42
3.2.1.3. Elle çalıştırılan yarı dairesel işleyici yüzeyli kabuk kırma makinası.....	43
3.2.1.4. Motordan hareket alan yarı dairesel işleyici yüzeyli kabuk kırma makinası.....	45
3.2.2. Dönü hareketli sandıklı kabuk kırma makinası.....	46
3.2.2.1. Sincap kafesli kabuk kırma makinası.....	46
3.2.2.2. Otomatik yer fıstığı kabuk kırma makinası.....	47
3.2.2.3. Çift silindirli kabuk kırma makinası.....	48

3.2.2.4. Parmaklı batör ve delikli kontrbatörlü kabuk kırma makinası.....	49
3.2.2.5. Ahşap kanatlı batör ve ızgara kontrbatörlü kabuk kırma makinası..	50
3.2.2.6. Lastik tekerlekli kabuk kırma makinası.....	51
4. FINDIK KABUK KIRMA MAKİNALARI.....	54
4.1. Fındığın Bazı Fizikomekanik Özellikleri.....	54
4.2. Fındık Kabuk Kırma Makinalarının Sınıflandırılması.....	56
4.2.1. Diskli kabuk kırma makinaları.....	58
4.2.2. Silindirli kabuk kırma makinaları.....	62
4.2.3. Çarpırmalı kabuk kırma makinaları.....	63
4.2.4. Konik kabuk kırma makinaları.....	64
4.2.5. Diğer fındık kabuk kırma makinaları.....	66
5. ANTEP FISTIĞI KABUK KIRMA MAKİNALARI.....	68
5.1. Antep Fıstığının Bazı Fizikomekanik Özellikleri.....	68
5.2. Antep Fıstığı Kabuk Kavlatma Makinaları.....	69
5.3. Antep Fıstığı Kabuk Çıtlatma ve Kırma Makinaları.....	72
6. CEVİZ KABUK KIRMA MAKİNALARI.....	75
6.1. Cevizin Bazı Fizikomekanik Özellikleri.....	75
6.2. Ceviz Kabuk Kavlatma Makinaları.....	77
6.3. Ceviz Kabuk Kırma Makinaları.....	82
KAYNAKÇA.....	90

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Etili ve Kuru Meyveler.....	1
Şekil 2. 1. Yağlık ve Kuru Yemişlik Ayçiçeği Tohumları.....	11
Şekil 2. 2. Ayçiçeği Tohum ve İçinin Farklı Eksenlerindeki Uzunluk, Genişlik ve Kalınlık Boyutları.....	11
Şekil 2. 3. Şak Düzlemine Dik, Şak Düzlemine Paralel ve Boylamasına Yönde Kuvvet Uygulanması.....	13
Şekil 2. 4. Ayçiçeği Yağ Fabrikasında Kabuk Kırmadan Önce Tohumların Temizlenmesi ve Çift Diskli Kabuk Kırma Makinası.....	14
Şekil 2. 5. Pervazlı Batörlü Kabuk Kırma Makinası	15
Şekil 2. 6. a. Ayçiçeği kabuk kırma makinası, b. Elle çalıştırılan basit temizleme ve sınıflandırma makinası.....	16
Şekil 2. 7. Bir Ayçiçeği Yağ Fabrikasındaki Barabanlar	17
Şekil 2. 8. Barabanın Parçaları ve Çalışma İlkesi	18
Şekil 2. 9. Barabanın Batör ve Kontrbatörü	19
Şekil 2. 10. Pervazlı Batör-Kontrbatörlü Ayçiçeği Tohumu Kabuk Kırma-Ayırma Makinası.....	20
Şekil 2. 11. Pervazlı Batör-Kontrbatörlü Kabuk Kırma ve Ayırma Makinasının Parçaları	21
Şekil 2. 12. Depo ve Besleme Silindiri.....	22
Şekil 2. 13. Besleme Silindiri.....	22
Şekil 2. 14. Kabuk Kırma Makinasının Pervazlı Batörü.....	22
Şekil 2. 15. Kabuk Kırma Makinasının Batör Pervazı Tipleri.....	23
Şekil 2. 16. Kabuk Kırma Makinasının Kontrbatörü	23
Şekil 2. 17. Düşey ve Yatay Diskli Kabuk Kırma Makinaları	24
Şekil 2. 18. Silindirli Kabuk Kırma Makinasının Çalışma İlkesi.....	25
Şekil 2. 19. Düz Yüzeyle Silindirli Kabuk Kırma Makinası	26
Şekil 2. 20. Silindirli Çeltik Kabuk Soyma Makinası.....	27
Şekil 2. 21. Laboratuvar Tipi Silindirli Ayçiçeği Kabuk Kırma Makinası	27
Şekil 2. 22. Ayçiçeği Tohumu Kabuk Kırma Makinasının Çalışma İlkesi	28
Şekil 2. 23. Santrifüj Etkili Kabuk Kırma Makinasının Çalışma İlkesi	28
Şekil 2. 24. Endüstriyel Tip Düşey Milli Çarpma Etkili Kabuk Kırma Makinası.....	29
Şekil 2. 25. Düşey Milli Çarpma Etkili Kabuk Kırma Makinası	30

Şekil 2. 26. Yatay Milli Çarpma Etkili Kabuk Kırma Makinası	31
Şekil 2. 27. Helisel Kanatlı Çarpma Etkili Ayçiçeği Kabuk Kırma Makinası.	31
Şekil 2. 28. Çarpma Etkili Ayçiçeği Tohumu Kabuk Kırma Makinası.....	33
Şekil 2. 29. Tek Diskli Kabuk Kırma Makinasının Diskinin Üstten ve Altan Görünüşü.....	34
Şekil 2. 30. Tek Diskli Kabuk Kırma Makinasının Diski	34
Şekil 2. 31. Çarpma Etkili Kabuk Kırma Makinası ve Akışkan Yataklı Ayırıcı	35
Şekil 2.32. Silindirik Elek	35
Şekil 2. 33. Ayırma Düzeninin Çalışma İlkesi	36
Şekil 2. 34. Pnömatik Kabuk Kırma Makinası ve Çalışma İlkesi	37
Şekil 3. 1. Yer Fıstığı Bitkisi (Vectorstock, 2023), Kapsülü, İçi ve Kabuğu	39
Şekil 3. 2. Yer Fıstığı Tohumlarının Şak Düzlemine Göre Yüklenme Konumları	40
Şekil 3. 3. Elle Çalıştırılan Ahşap Yer Fıstığı Kabuk Kırma Makinası	41
Şekil 3. 4. Alternatif Hareketli Izgaralı Yer Fıstığı Kabuk Kırma Makinası .	42
Şekil 3. 5. Elle Çalıştırılan Yarı Dairesel İşleyici Yüzeyle Yer Fıstığı Kabuk Kırma Makinası.....	43
Şekil 3. 6. Elle Çalıştırılan Yer Fıstığı Kabuk Kırma Makinasında İşçiler Tarafından Kabukların Kırılması.....	44
Şekil 3. 7. Elle Çalıştırılan Salınlı Yer Fıstığı Kabuk Kırma Makinası	44
Şekil 3. 8. Salınlı Yer Fıstığı Kabuk Kırma Makinasının Çalışma İlkesi ..	45
Şekil 3. 9. Motordan Hareket Alan Salınlı Yer Fıstığı Kabuk Kırma Makinası.....	46
Şekil 3. 10. Elle Çalıştırılan Sincap Kafesli Batörlü Yer Fıstığı Kabuk Kırma Makinaları	47
Şekil 3. 11. Otomatik Yer Fıstığı Kabuk Kırma Makinası	47
Şekil 3. 12. Batör, Tel Örgü ve Izgara Tipi Kontrbatörler	48
Şekil 3. 13. Çift Silindirli Yer Fıstığı Kabuk Kırma Makinası	49
Şekil 3. 14. Parmaklı Batör-Delikli Kontrbatörlü Kabuk Kırma Makinası....	50
Şekil 3. 15. Ahşap Kanatlı Batör ve Izgaralı Kontrbatörlü Kabuk Kırma Makinası.....	51
Şekil 3. 16. Makinanın Genel Görünümü ile Kabuk Kırma Düzeni	52
Şekil 3. 17. Lastik Tekerlekli Kabuk Kırma Makinası	52
Şekil 4. 1. Fındık Çotanağı ve Zurufu	54

Şekil 4. 2. Kabuklu Fındıkta Kuvvet-Deformasyon Eğrisi.....	55
Şekil 4. 3. Bir Fındık Kabuk Kırma Tesisindeki İş Akışı Şeması.....	56
Şekil 4. 4. Paralel ve Konik Aralıklı Diskli Kabuk Kırma Makinalarının Çalışma İlkeleri	59
Şekil 4. 5. Diskli Kabuk Kırma Makinalı Fındık Kabuk Kırma Tesisi.....	60
Şekil 4. 6. Taşlı ya da Diskli Kırıcının Taşları	61
Şekil 4. 7. Konik Aralıklı Taşlı Kırıcının Parçaları	61
Şekil 4. 8. Konik Aralıklı Taşlı Kırıcının Çalışma İlkesi.....	62
Şekil 4. 9. Silindirli Kabuk Kırma Makinasının Üstten Görünümü	63
Şekil 4. 10. Çarpırtmalı Kabuk Kırma Makinası	64
Şekil 4. 11. Konik Kabuk Kırma Makinası	65
Şekil 4. 12. Modifiye Konik Kabuk Kırma Makinası.....	65
Şekil 4. 13. Lastik Parmaklı Konik Tamburlu Kabuk Kırma Makinası.....	66
Şekil 4. 14. Elastik Levhalı Diskli Kabuk Kırma Makinası.....	67
Şekil 5. 1. Antep Fıstığı Cumbaları	68
Şekil 5. 2. Antep Fıstığına Boylmasına, Şak Düzlemine Dik ve Şak Düzlemine Paralel Yönde Kuvvet Uygulanması	69
Şekil 5. 3. Motoru ve Dişli Kutusu Yukarıda Olan Devlip.....	71
Şekil 5. 4. Motoru ve Dişli Kutusu Aşağıda Olan Devlip.....	71
Şekil 5. 5. Sarsıntılı Elek.....	71
Şekil 5. 6. Antep Fıstığının Çıtlatılmasında Kullanılan El Pensleri	72
Şekil 5. 7. Aerodinamik-Mekanik Antep Fıstığı Kabuk Çıtlatma Makinası ..	73
Şekil 5. 8. İçi Kabuktan Ayırmada Kullanılan Basit Bir El Aleti	74
Şekil 5.9. Makas Tipi Çıtlak Fıstık Kabuk Açma Aleti	74
Şekil 6. 1. Ceviz Meyvesinin Kısımları.....	75
Şekil 6. 2. Ceviz Meyvesinin 3 farklı Eksendeki Çapları	76
Şekil 6. 3. Kabuklu Cevizin Koordinat Eksenleri ve Uygulanan Kuvvetler (L: Uzunluk, W: Genişlik, T: Kalınlık)	76
Şekil 6. 4. Etili Yeşil Dış Kabuklu Ceviz	77
Şekil 6. 5. Cevizin Küçük Bir Delikten Geçmeye Zorlanarak Kavlatılması. 78	
Şekil 6. 6. Dinamik ve Statik Tıp Dönü Hareketli Aşındırma Etkili Ceviz Kabuk Kavlatma Makinaları	79
Şekil 6. 7. Testere Dişli Aşındırıcı Ceviz Kavlatma Makinası	80
Şekil 6. 8. Aşındırma Etkili Zincirli Götürücülü Ceviz Kabuk Kavlatma Makinası.....	80

Şekil 6. 9. Kesme Etkili Kabuk Kavlatma Makinası	81
Şekil 6. 10. Kesme Etkili Ceviz Kabuk Kavlatma Makinasının İşleyici Parçası.....	81
Şekil 6. 11. Düşey Helisli Ceviz Kabuk Kırma Makinası	84
Şekil 6. 12. Yatay Milli ve Sabit Plakalı Ceviz Kabuk Kırma Makinası (a. Yandan görünüş, b. Önden görünüş, c. Üstten görünüş).....	85
Şekil 6. 13. Tamburlu Ceviz Kabuk Kırma Makinası	86
Şekil 6. 14. Ceviz Kabuk Kırma Makinasının Tamburu (a. Önden Görünüş, b. Yandan Görünüş)	86
Şekil 6. 15. Ceviz Sabitleme Parçası	87
Şekil 6. 16. Helisel Vidalı Kabuk Kırma Makinası	87
Şekil 6. 17. Konik Ceviz Kabuk Kırma Makinası ve İşleyici Parçası.....	88
Şekil 6. 18. Eğik Valsli Ceviz Kabuk Kırma Makinası	88
Şekil 6. 19. Santrifüj Etkili Ceviz Kabuk Kırma Makinası ve İşleyici Parçası.....	89

TABLolar DİZİNİ

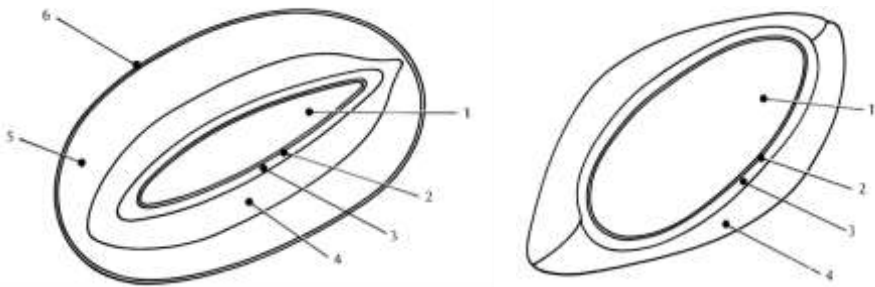
Tablo 2. 1. Pnömatik Kabuk Kırma Makinasıyla Isıl İşlem Görmüş Ayçiçeği Tohumlarıyla Farklı Hava Basınçlarında Yapılan Kabuk Kırma Makinası Denemesi Sonuçları (Göknur, 1991; Molinard ve Ribailier, 1983)	38
Tablo 6. 1. Mekanik Yöntemlerle Ceviz Kabuğunun Kavlatılmasında Kullanılan Mekanizma Tipleri ve Çalışma İlkeleri.....	79
Tablo 6. 2. Mekanik Yöntemlerle Ceviz Meyvesinin Sınıflandırılmasında Kullanılan Mekanizma Tipleri ve Çalışma İlkeleri.....	83

1. KABUK KIRMA MAKİNALARINA GİRİŞ

1.1. Sert Kabuklu Meyve ve Yağlı Tohum Kavramları

Sert kabuklu meyveler ile yağlı tohumların insan beslenmesindeki önemi oldukça fazladır. Bunlar, çeşitli ağaç ve çiçekli bitkilerin meyveleri ya da tohumlarıdır. Fındık, antep fıstığı, ceviz, badem, pıkan cevizi, makademya fıstığı, hindistan cevizi, kaju fıstığı, kestane, meşe palamudu, çam fıstığı gibi bitkiler sert kabuklu meyveler grubuna girerler. Sert kabuklu meyvelere, “yağlı tohum” adı da verilir. Ancak yağlı tohumlar; çoğunlukla yağlı çıkartılan çekirdekleri, tohumları veya meyveleri içerirler. Yer fıstığı, ayçiçeği, kolza, aspir, soya, susam, haşhaş, pamuk, keten gibi bitkiler yağlı tohumlar grubunda yer alırlar. Yer fıstığı, kuru baklagillerdendir. Yer fıstığı, sert kabuklu kuru yemişler ile aynı besin değerine sahip olduğundan yağlı tohumlar grubunda yer alır (Dikmen, 2015).

Meyveler, etli veya kuru meyve şeklinde olabilirler. Etli meyvelerin yapıları, genel olarak çekirdeği veya içi saran odunsu sert kabuk, bunu çevreleyen dış kabuk ve dış kabuğun etrafını kaplayan dış örtüden oluşur (Şekil 1.1). Kuru meyvenin yapısı, daha farklıdır. Meyvelerin yapıları, türlerine göre farklılık gösterir. Şekil 1.1’ de görülen etli meyve kesiti erik, kayısı, şeftali, zeytin, hurma, hindistancevizi, ceviz ve badem gibi meyvelere; kuru meyve kesiti ise fındık, ayçiçeği ve meşe palamudu gibi meyvelere veya tohumlara örnek olarak gösterilebilir.



1. Çekirdek/İç, 2. Çekirdek zarı (*testa*), 3. Boşluk, 4. Sert kabuk (*shell*), 5. Dış kabuk (*husk*), 6. Dış tabaka.

Şekil 1.1. Etli ve Kuru Meyveler (Pinson, Melville ve Cox, 2014)

Sert kabuklu meyveler ile yağlı tohumlara ilişkin çekirdek, çekirdek zarı, boşluk, sert kabuk, dış kabuk ve dış kabuğun etrafını kaplayan dış örtü gibi

kavramlar; kabuk kırma ve kabuk soyma makinalarının (*decorticators*) gerek tasarımları gerekse de iş kaliteleri yönünden oldukça önemlidir. Buna göre;

- **Çekirdek:** İç olarak da adlandırılır. Odunsu sert bir kabuk tarafından korunur. Darbelere karşı çok hassastır. Kabuk kırma sırasında kolayca parçalanıp ufalanabilir.
- **Çekirdek zarı (*testa*):** Çekirdeği sıkıca sarar. Ürünün kurutulmasından sonra gevşer.
- **Boşluk:** Çekirdek ile sert kabuk arasında yer alır. Kabuk kırma açısından oldukça önemlidir. Boşluk miktarı, bitkinin türü ve nem içeriğine göre değişir. Ürün kurudukça boşluk miktarı artar. Boşluk miktarı arttıkça kabuk daha kolay kırılır. Ancak bununla birlikte çekirdeğin zedelenmesi ve ufalanması tehlikesi de artar.
- **Sert kabuk (*shell*):** Çekirdeği korur. Sert yapılıdır. Bitki türü ve nem içeriği gibi faktörlere bağlı olarak kabuk kalınlığı değişir. Örneğin; cevizin kabuk kırılma direnci, yer fıstığının kabuk kırılma direncinden daha yüksektir. Ayçiçeği tohumunun sert kabuğu, fındığın sert kabuğundan hem daha gevrek hem de daha incedir. Çekirdeğin zarar görmemesi için sert kabuk, zor kırılabilen lifli bir matrisle güçlendirilmiştir. Örneğin; fındık kabuğunun % 45.62' si, antep fıstığı kabuğunun ise % 32.12' si ligninden oluşur (Dönmez, Selçuk, Sargın ve Özdeveci, 2016). Bu dayanıklı yapı sayesinde sert kabuğun kontrollü bir şekilde kırılması ve mümkün olduğunca içlerin parçalanmadan kabuklarından ayrılmasını sağlar. Ancak hem sert kabuğun kırılması hem de aynı zamanda içlerin parçalanmadan kabuklarından ayrılmasını oldukça güçtür (Pinson vd., 2014).
- **Dış kabuk (*husk*):** Dış kabuğun yapısı, sert kabuklu meyve türüne göre farklılık gösterir. Örneğin; ceviz, kaju fıstığı ve antep fıstığının yumuşak, nemli veya yağlı etli dış kabuklarının; hindistan cevizinin ise lifli dış kabuğunun olması gibi. Ekonomik değeri olan lifli dış kabuklar, genellikle mekanik etkilerle ayrılırlar. Kabuk soyma (*dehusking*) sonucunda ayrılan ekonomik değeri olan dış kabuklar, çeşitli şekillerde değerlendirilirler. Ancak ekonomik değeri olmayan dış kabuklar ise çürütülerek ya da fermantasyonla ayrılırlar. Dış kabuk bazen birincil, bazen ise ikincil üründür. Örneğin; zeytin ve palmye yağının çıkartılmasında dış kabuk birincil ürün, sert kabuklu

çekirdek yan üründür (Pinson vd., 2014). Cevizde ise sert kabuklu çekirdek birincil ürün, yeşil renkli etli dış kabuk ise ikincil üründür.

- **Dış kabuğun etrafını kaplayan dış örtü:** Dış örtü tabakası, genellikle sert kabuklu meyvenin etrafını su geçirmez bir şekilde kaplayarak meyveyi fiziksel olarak koruyan, ince ve elastik bir zardan oluşur. Bu dış örtü, kabuk soyma sırasında dış kabukla birlikte meyveden uzaklaştırılır.

1.2. Kabuk Kırma Makinalarıyla İlgili Genel Bilgiler

Sert kabuklu meyveler ile yağlı tohumlara özgü çeşitli ürün işleme aşamaları vardır. “Özel harman makinaları” olarak da adlandırılan makinalarla fındığın zurufundan ayrılması, cevizin yeşil kabuğunun kavlatılması, ayçiçeği tohumlarının tabladan ayrılması, fındık kabuğunun kırılması, antep fıstığı kabuğunun çıtlatılması gibi çeşitli işlemler yapılır.

Özel harman makinaları,

- Ayçiçeği, fındık, yer fıstığı gibi ürünleri harmanlayan makinalar,
- Kabuk kırma ve kabuk soyma makinaları olmak üzere başlıca 2 grup altında toplanabilirler.

“Kabuk soyma” anlamına gelen İngilizce “*decorticate*” sözcüğü, korteksten kurtulmayı ifade eden Latince “*decorticare*” fiilinden türetilmiştir. Korteks ya da kabuk, bitkisel ya da anatomik bir nesnenin dış yüzeyini saran tabakadır. Bitkilerde bu tabaka; sert kabuklu meyve kabuğu, yağlı tohum kabuğu, lifli kabuk, ağaç kabuğu, meyvenin ya da sebzenin etli dış kabuğu gibi farklı şekillerde olabilir (Pinson vd., 2014).

Kabuk kırma (*shelling, cracking*), kabuk soyma (*dehusking*), kabuk çıtlatma (*splitting*) ve yaprak soyma işlemlerini yapan makinalar genel olarak “dekortikatör” olarak adlandırılırlar. Kabuk kırma, içi veya çekirdeği saran sert dış kabuğun kırılarak çekirdek ile kabuğun birbirinden ayrılması işlemidir. Kabuk soyma ise hem ürünün etli ya da lifli dış kabuğunun soyulmasını hem de içi saran sert kabuğun kırılarak kabuk ile için ayrılmasını kapsar. Örneğin; cevizin yeşil renkli etli dış kabuğunun soyulmasıyla sert kabuklu meyvesi, sert kabuğunun kırılmasıyla içi açığa çıkartılır. Kabuk çıtlatma, antep fıstığında olduğu gibi kabuğun yalnızca uygun yerinden bir miktar çıtlatılmasını içerir. Çıtlatmada, iç ile kabuğun birbirinden ayrılması söz konusu değildir. Dekortikatörler ile bitki sapları ve ağaç kabukları da sıyrılabilir. Bazı sebze ve

meyvelerin etli veya lifli dış kabukları ve lifli yaprakların dış yüzeyleri soyulabilir (Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales (CNRTL), 2012; Definitions Network, 2020; Ram ve Ramasubramanian, 2015). Örneğin, ananas yaprağı liflerinin elde edilmesinde kullanılan dekortikatörlerin dönü hareketli silindirleri arasından geçirilerek ezilen ananas yapraklarının yüzeyleri soyularak lifleri açığa çıkartılır (Kalaycı, Avinc, Bozkurt ve Yavaş, 2016).

Dekortikatörler ürün çeşidi ve yaptıkları işe göre;

- Ayçiçeği, fındık, ceviz, yer fıstığı ve kaju fıstığı gibi sert kabuklu meyveler ile yağlı tohumların sert kabuklarını kıranlar;
- Cevizin yeşil kabuğu, hindistan cevizinin lifli kabuğu gibi bazı sert kabuklu meyvelerin üzerini saran dış kabuklarını soyanlar;
- Muz, kenevir, sisal ve ananas gibi bitkilerin yapraklarını ya da liflerini soyan dekortikatörler şeklinde sınıflandırılırlar.

Sert kabuklu meyveler ile yağlı tohumların kabuklarının kırılmasında kullanılan kabuk kırma makinalarının basit el aletlerinden başlayarak modern makinalara kadar olmak üzere geniş bir yelpaze içerisinde yer alan birçok tipi bulunur. Bu amaçla pense, çekiç gibi basit aletlerden veya bir motordan hareket alan çeşitli makinalardan yararlanılır (MBoya, 2005). Kabuk kırma sırasında içlere zarar verilmemesi gerekir. Bu durum özellikle kuru yemiş tesislerinde önemlidir. Kabuğu kırılmamış tohum, zedelenmiş tohum, ufalanmış iç ya da hatalı çıtlatılmış tohum yüzdelerinin artması, kalitenin düşmesine ve ekonomik kayıplara neden olur.

Sert kabuklu meyveler ile yağlı tohumların kabukları;

- İçlerin besin olarak tüketilmesi,
- Hayvan yemi üretilmesi,
- Yağ çıkartma süresinin kısaltılması,
- Küspenin protein içeriğinin artırılması,
- Yağ kalitesinin yükseltilmesi,
- Depolama,
- Kabuk kırmayı izleyen diğer üretim aşamalarına ön hazırlık yapılması,
- Kimyasal analiz gibi çeşitli amaçlarla kırılırlar (CNRTL, 2012; Gökür, 1991; MBoya, 2005).

Yağlı tohumların yağa işlenmesinde kabukların kırılması ve içler ile kabukların birbirinden ayrılması istenir. Yağ çıkartmada içlerin arasına gereğinden fazla kabuk karışması; yağın kalitesinin azalmasına, pres helezonu ömrünün kısalmasına ve dolayısıyla iş veriminin azalmasına neden olur. Örneğin; ayçiçeğinde presleme yöntemiyle çalışmada, yağın kolayca çıkması için içlere karışan kabuk miktarının yaklaşık olarak % 10' u aşmaması önerilir. İçlerden ayrılan kabuklardan yakacak, hayvancılıkta altlık, kereste endüstrisinde dolgu ve yalıtım maddesi, biyolojik yakıt üretimi, çıra malzemesi, etil alkol ve boya malzemesi gibi amaçlarla çeşitli yararlanılır (Kaya, 2021).

Kullanım yerlerine göre kabuk kırma makinaları,

- Endüstriyel tip kabuk kırma makinaları,
- Laboratuvar tipi kabuk kırma makinaları olmak üzere 2' ye ayrılırlar (Göknur, 1991).

Endüstriyel tip kabuk kırma makinaları, fabrikalarda kullanılan ve iş verimi yüksek olan makinalardır. Laboratuvar tipi kabuk kırma makinaları ise araştırma merkezlerinde kullanılan, iş verimi düşük, basit yapılı ve küçük ölçekli makinalardır. Araştırma merkezlerinde yapılan çalışmalarda, tohum kabuklarının tek tek elle kırılması ve içler ile kabukların birbirlerinden ayrılması hem güç ve sıkıcı hem de uzun zaman alıcıdır. Bu nedenle laboratuvar tipi kabuk kırma makinaları, hem zamandan tasarruf edilmesini hem de işin kolaylaşmasını sağlarlar.

Çalışma ilkelerine göre kabuk kırma makinaları;

- Mekanik etkili kabuk kırma makinaları
- Ovalama etkili,
- Santrifüj (çarpma) etkili.
- Pnömatik etkili kabuk kırma makinaları olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Mekanik etkili kabuk kırma makinalarında, kabuğun kırılmasında ovalama ve çarpma etkisi olmak üzere başlıca iki etki söz konusudur. Örneğin; batör-kontrbatörlü ve iki silindirli kabuk kırma makinalarında ovalama etkisi, santrifüj etkili makinalarda ise çarpma etkisi söz konusudur. Batör-kontrbatörlü makinalarda batör dönü hareketli, kontrbatör sabittir. Silindirli makinalarda çoğunlukla silindirlerin her ikisi de dönü hareketli olup birbirlerine göre zıt yönde dönerler. Silindirlerin çapları birbirine eşit ya da farklı olabilir. Santrifüj etkili makinalarda, dönü hareketli çark veya disk tarafından karşı yüzeye doğru santrifüj kuvvetle hızla savrulan ürünlerin kabukları, çarpma etkisiyle kırılırlar.

Pnömatik kabuk kırma makinalarında, kabuğu kırılacak ürünler bir kompresör tarafından oluşturulan yüksek basınçlı hava akımının önüne düşerler. Daha sonra sert bir yüzeye çarpmalarıyla kabukları kırılır. Siklon aracılığıyla içlerden daha hafif olan kabuklar, hava etkisiyle içlerden ayrılırken içler ise bir toplama kabında toplanırlar.

Çalışma ilkelerine göre yapılan bir diğer sınıflamaya göre ise kabuk kırma makinaları;

- Santrifüj etkili kabuk kırma makinaları,
- Parmaklı batörlü kabuk kırma makinaları,
- Pervazlı batörlü kabuk kırma makinaları,
- Diskli kabuk kırma makinaları,
- Silindirli kabuk kırma makinaları,
- Alternatif hareketli kabuk kırma makinaları,
- Diğer tipler (lastik tekerlekli, pnömatik gibi) şeklinde sınıflandırılırlar (Göknur, 1991; Pinson vd., 2014).

Santrifüj etkili kabuk kırma makinaları özellikle ayçiçeği tohumlarının kabuklarının kırılmasında, alternatif hareketli ve lastik tekerlekli kabuk kırma makinaları ise yer fıstığı kabuklarının kırılmasında tercih edilirler. Parmaklı batörlü kabuk kırma makinaları yer fıstığı ve ayçiçeği tohumlarının kabuklarının kırılmasında, pervazlı batörlü kabuk kırma makinaları ayçiçeği tohumlarının kabukları ile ceviz ve bademin sert kabuklarının kırılmasında, paralel diskli kabuk kırma makinaları fındık kabuklarının, paralel silindirli kabuk kırma makinaları çeltik kavuzlarının soyulmasında ve ayçiçeği tohumlarının kabuklarının kırılmasında, helisel vidalı kabuk kırma makinaları ise makademya cevizinin etli dış kabuğunun soyulmasında kullanılırlar.

Kabuğu kırılacak olan sert kabuklu meyve ve yağlı tohumların uzunluk, genişlik ve kalınlık boyutları, kabuk kırılma dirençleri, nem içerikleri, kabuk kalınlığı, iz düşüm alanları ve hacim ağırlıkları gibi bazı fizikomekanik özellikleri kabuk kırma makinalarının tasarımları, iş kaliteleri ve işletme karakteristikleri üzerinde etkilidir. Kabuk kırma makinalarının iş kaliteleri; kabuk kırma etkinliği, zedelenmiş tohum yüzdesi, sağlam tohum yüzdesi, ufalanmış iç yüzdesi, kırılmamış yüzdesi, güç ihtiyacı gibi değişkenlerle ifade edilir.

Kabuk kırma etkinliği üzerinde etkili olan başlıca faktörler 3 grup altında toplanabilirler. Buna göre;

- **Ürünün bazı fizikomekanik, kimyasal ve biyolojik özellikleri:** Bunlar; bitki türü, nem içeriği, boyutlar (uzunluk, genişlik, kalınlık), şekil özellikleri, olgunlaşma derecesi, kabuk kalınlığı, iç ile kabuk arasındaki boşluk miktarı, küresellik derecesi, yağ içeriği, kabuğun gevrekliği ve kabuk kırılma direnci gibi özelliklerdir.
- **Kabuk kırma makinasının yapısal özellikleri:** Kabuk kırma düzeninin tipi, besleme silindirin çapı, pervaz kırıcı yüzeyinin şekli ve malzemesi, depo kapasitesi, batör çapı, pervaz sayısı, çark kanat şekli gibi özelliklerdir.
- **İşletme koşulları:** Besleme miktarı, çark çevre hızı, batör dönü sayısı, diskler arası aralık miktarı, ürünün kabuk kırma ünitesinden geçirilme sayısı gibi makinanın çalışma ayarlarına ilişkin özelliklerdir (Figueiredo, Rodríguez, Riccobene ve Nolasco, 2014; Gökür, 1991; Kabir ve Fedele, 2017).

Kabuk kırma makinalarının iş kalitelerini belirleyen başlıca değişkenler aşağıdaki gibi tanımlanarak formüle edilebilir:

- **Sağlam tohumlara karşı gelen iç yüzdesi ya da tane iç yüzdesi:** Kabuk kırma makinasına atılmadan önceki mevcut sağlam tohumlara karşı gelen iç yüzdesi olarak tanımlanabilir. Ürün çeşidine göre değişir. Aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

$$STKGİY = (SİOA / STOA) \times 100 \quad (1.1)$$

Burada;

STKGİY: Sağlam tohumlara karşı gelen iç yüzdesi (%),

SİOA : Kabuğu kırılan sağlam tohumlardaki içlerin ortalama ağırlığı (g),

STOA : Sağlam tohum örneğinin ortalama ağırlığı (g)' dir.

1.1 numaralı eşitlikte SİOA, elle kabukları kırılarak kabuklarından çıkartılmış olan içlerin ortalama ağırlığına; STOA ise aynı tohumların elle kabuklarının kırılmasından önceki ortalama ağırlığına eşittir. Sağlam tohumlara karşı gelen iç yüzdesinden makinanın kabuk kırma etkinliğinin hesaplanmasında yararlanır.

- **Kabuk kırma etkinliği:** Kabuk kırma makinasıyla kabuğu kırılarak kabuğundan bütün ya da parçalanmış halde çıkartılmış olan iç yüzdesi olarak tanımlanabilir. Aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

$$DE = (S\dot{I}TA / P\dot{I}A) \times 100 \quad (1.2)$$

Burada;

DE : Kabuk kırma etkinliği (%),

S \dot{I} TA: Kabuğundan çıkartılmış olan içlerin toplam ağırlığı (g),

P \dot{I} A : Potansiyel iç ağırlığı (g)' dir.

1.2 numaralı eşitlikte S \dot{I} TA, sağlam tohumların kabuk kırma makinasından geçirilmesinden sonra kabuğundan ayrılan veya çıkartılan bütün ve parçalanmış haldeki içlerin toplam ağırlığıdır. P \dot{I} A ise 1.1 numaralı eşitlikten belirlenen sağlam tohumlara karşı gelen iç yüzdesi (STKGİY) ile mevcut sağlam tohum örneğinin ağırlığının çarpılmasından yararlanılarak bulunur.

- **Sağlam iç yüzdesi:** Kabuk kırma makinasıyla kabukları kırılarak kabuklarından ayrılan içlerin bütün halde olması ya da sağlam iç yüzdesinin % 100' e yakın olması istenir. Özellikle kuru yemişlik amacıyla yapılan kabuk kırma işlemlerinde içlerin bütün halde olması önemlidir. Sağlam haldeki iç yüzdesi, aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanır:

$$S\dot{I}Y = (SS\dot{I}A / S\dot{I}TA) \times 100 \quad (1.3)$$

Burada;

S \dot{I} Y : Sağlam iç yüzdesi (%),

SS \dot{I} A: Kabuğundan çıkartılmış olan sağlam/bütün haldeki içlerin ağırlığı (g),

S \dot{I} TA: Kabuğundan çıkartılmış olan içlerin (bütün + parçalanmış) toplam ağırlığı (g)' dir.

1.3 numaralı eşitlikte yer alan SS \dot{I} A, sağlam tohumların kabuk kırma makinasından geçirilmesinden sonra kabuğundan çıkmış olan yalnızca bütün haldeki içlerin ağırlığıdır.

- **Parçalanmış iç yüzdesi:** Parçalanmış içler, kabuğundan çıkartılmış ancak parçalanmış, zedelenmiş veya ezilmiş haldeki içlerdir. Parçalanmış iç yüzdesinin sifira yakın olması istenir. Bu değer, aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak bulunur:

$$PİY = (SAİA / SİTA) \times 100 \quad (1.4)$$

Burada;

PİY : Parçalanmış iç yüzdesi (%),

SAİA: Standardın veya normalin altındaki içlerin ağırlığı (g),

SİTA: Kabuğundan çıkartılmış olan içlerin (bütün + parçalanmış) toplam ağırlığı (g)' dir.

1.4 eşitliğindeki SAİA, kabuk kırma makinasından geçirilerek kabuğundan ayrılmış olan içlerin arasında bulunan kırılmış, zedelenmiş veya ezilmiş içlerin ağırlığına eşitliğidir.

- **Kabuğu kırılmamış tohum yüzdesi:** Kabuğu kırılmamış tohum yüzdesinin sıfıra yakın olması istenir. Bu değer, aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

$$KİY = (KKTA / STA) \times 100 \quad (1.5)$$

Burada;

KİY : Kabuğu kırılmamış tohum yüzdesi (%),

KKTA: Kabuğu kırılmamış tohumların ağırlığı (g),

STA : Makinaya beslenen sağlam tohum örneğinin ağırlığı (g)' dir.

KKTA, kabuk kırma makinasından geçirildikten sonra çıkan materyal içerisinde bulunan kabuğu kırılmadan sağlam kalan ya da bir kısmı bölünmüş tohumların toplam ağırlığına eşittir. Kabuğu kırılmamış tohumların belirlenmesinde tohum içinin tamamen kabuğundan dışarıya çıkmamış olması dikkate alınmalıdır. 1.5 numaralı eşitlikteki STA, kabuğu kırılacak orijinal tohum partisine ait örneğin kabuk kırma makinasından geçirilmesinden önceki ağırlığına eşittir.

- **Kabuğundan çıkartılmış iç yüzdesi:** Bu değer, kabuk kırma makinasının doğru ayarlanmasıyla artar. Aşağıdaki eşitlikten bulunur:

$$KÇİY = (SSİA / STA) \times 100 \quad (1.6)$$

Burada;

KÇİY : Kabuğundan çıkartılmış iç yüzdesi (%),

SSİA : Kabuğundan çıkartılan sağlam veya bütün haldeki içlerin ağırlığı (g),

STA : Makinaya beslenen sağlam tohum örneğinin ağırlığı (g)' dır.

1.6 numaralı eşitlikteki SSİA, kabuk kırmadan sonra kabuğundan çıkan ve zedelenmeden kalan bütün haldeki içlerin ağırlığına eşittir.

- **Toplam çıktı/girdi yüzdesi:** Toplam çıktı/girdi yüzdesi, kabuk kırma makinasına beslenen girdi materyalin kabuk kırma makinadan çıkan çıktı materyale oranı olarak tanımlanır. Bu değerin etkili bir çalışmada % 100' e yakın olması gerekir. Aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

$$TGKY = (\text{ÇMTA} / \text{STA}) \times 100 \quad (1.7)$$

Burada;

TGKY: Toplam çıktı/girdi yüzdesi (%),

ÇMTA: Çıktının toplam ağırlığı (g),

STA : Girdi veya makinaya beslenen sağlam tohum örneğinin ağırlığı (g)' dır.

Makinayla kabuk kırmadan sonraki çıktının toplam ağırlığı (ÇMTA); tozların, kabukların, sağlam tohumlar ile bütün ve parçalanmış haldeki içlerin ağırlığından oluşur (Pinson vd., 2014).

2. AYÇİÇEĞİ KABUK KIRMA MAKİNALARI

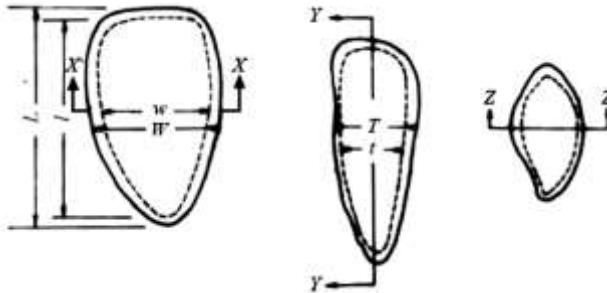
2.1. Ayçiçeğinin Bazı Fizikomekanik Özellikleri

Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.), önemli yağlı tohumlu bitkilerden birisidir. 2018 yılı FAO verilerine göre dünya yağ üretim miktarı yönünden 71 468 153 t ile ilk sırada palm yağı yer almaktadır. Bunu sırasıyla 56 512 719 t ile soya yağı, 24 579 588 t ile kanola yağı ve 18 409 217 t ile ayçiçeği yağı izlemektedir (Food and Agriculture Organization, 2021). Ayçiçeği tohumlarının yağlık ve çerezlik olmak üzere başlıca 2 çeşidi vardır (Şekil 2.1). Yağlık ayçiçeği tohumlarının hem boyutları hem de kabuk kalınlıkları, çerezlik veya kuru yemişlik ayçiçeği tohumlarından daha azdır.



Şekil 2. 1. Yağlık ve Kuru Yemişlik Ayçiçeği Tohumları (Indiamart, 2021; Jedds, 2020)

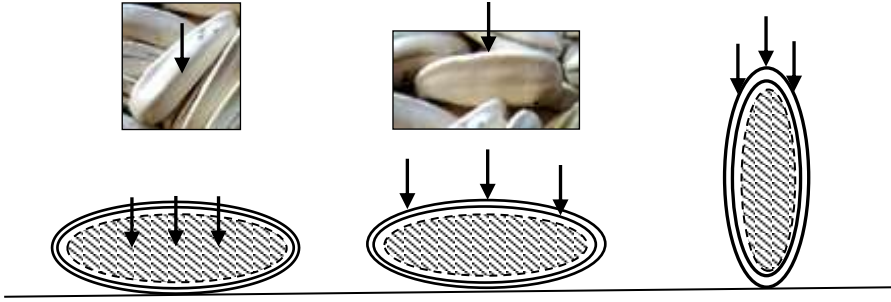
Şekil 2.2.' de ayçiçeği tohumu ve iinin farklı eksenlerindeki uzunluk (L, l), genişlik (W, w) ve kalınlık (T, t) boyutları gösterilmiştir. Kabuk ile i arasındaki boşluk miktarı, kabuğun kırılmasında çok etkilidir.



Şekil 2. 2. Ayçiçeği Tohum ve İinin Farklı Eksenlerindeki Uzunluk, Genişlik ve Kalınlık Boyutları (Gupta ve Das, 1997)

Ayçiçeği tohumlarının fizikomekanik özellikleri, çeşitlerine ve nem içeriklerine bağlı olarak değişir. Gupta ve Das (1997) tarafından Morden çeşidi ve nem içeriği % 6.2 olan ayçiçeği tohumlarıyla yapılan araştırma sonucunda; ayçiçeği tohumlarının ortalama uzunluklarının 9.52 mm, genişliklerinin 5.12 mm, kalınlıklarının 3.27 mm, kütlelerinin 0.049 g; içlerinin ise ortalama uzunluklarının 8.28 mm, genişliklerinin 4.09 mm, kalınlıklarının 2.43 mm ve kütlelerinin 0.034 g oldukları bulunmuştur. Ayrıca ayçiçeği tohumlarının ortalama eş değer çaplarının 5.39 mm, küresellik derecelerinin % 57; içlerinin ise ortalama eş değer çaplarının 4.32 mm ve küresellik derecelerinin ise % 53 oldukları belirlenmiştir. Nem içeriğinin % 4' den % 20' ye çıkması koşulunda tohumların hacim ağırlıklarının 464 kg m^{-3} ' den 434 kg m^{-3} ' e düştüğü, aynı koşulda içlerin hacim ağırlıklarının ise 574 kg m^{-3} ' den 628 kg m^{-3} ' e çıktığı bulunmuştur (Gupta ve Das, 1997).

Ayçiçeği tohumunun kabuğunun kırılması için gerekli olan kuvvetin büyüklüğü üzerinde çeşit, nem içeriği, uygulanan kuvvetin yönü ve tipi etkilidir. Dursun Gökür (1997) tarafından VNIIMK çeşidi, nem içeriği % 8-10 ve ortalama kabuk kalınlığı 0.58 mm olan ayçiçeği tohumlarıyla yapılan araştırma sonucunda; şak düzlemine dik konumdaki kabuk kırılma direncinin 13.75 daN, şak düzlemine paralel konumdaki kabuk kırılma direncinin 5.32 daN ve boylamasına konumdaki kabuk kırılma direncinin ise 5.17 daN olduğu bulunmuştur. Şak düzlemi, kabuğun bir çizgi halinde birbirine bağlandığı düzlemdir (Şekil 2.3). Bu sonuçlara göre ayçiçeği tohumunda en yüksek kabuk kırılma direncinin kuvvetin şak düzlemine dik konumda uygulanması koşulundan, en düşük kabuk kırılma direncinin ise kuvvetin boylamasına konumda uygulanması koşulundan elde edildiği anlaşılmaktadır. Ancak kuvvetin boylamasına konumda uygulanması koşulunda, parçalanmış iç yüzdesi artmaktadır. Bu nedenle ayçiçeği tohumu kabuğunun kırılması için kuvvetin şak düzlemine paralel konumda olacak şekilde uygulanması daha doğru olacaktır. Kabuk kırma makinalarında tüm tohumlara aynı konumda veya yönde kuvvet uygulanarak tohumların kabukların kırılması güçtür. Özellikle santrifüj etkili makinalarda tohumların kabukları, karşı yüzeye rastgele konumda çarparak kırılırlar.



Şekil 2. 3. Şak Düzlemine Dik, Şak Düzlemine Paralel ve Boylamasına Yönde Kuvvet Uygulanması

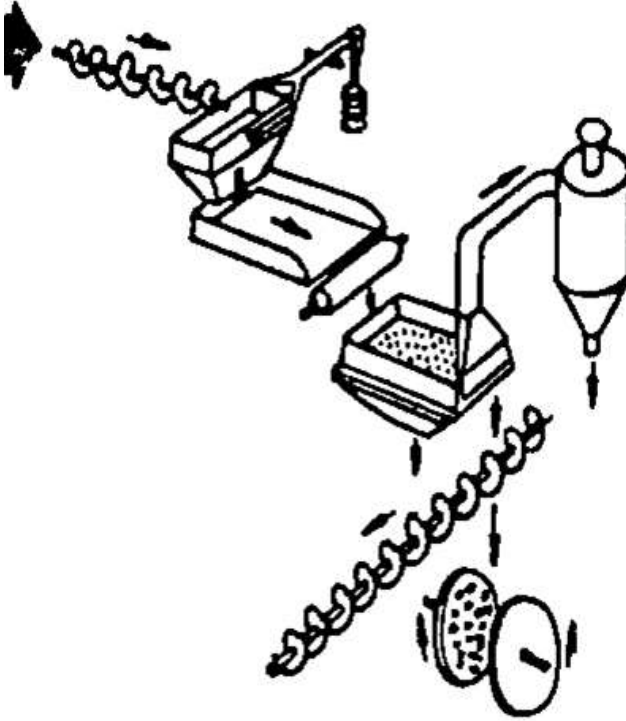
Selvam, Manikantan, Chand, Sharma ve Seerangurayar (2014) tarafından hibrit, nem içeriği % 6-18 arasında değişen ayçiçeği tohumlarıyla yapılan araştırma sonucunda, gerek tohumun gerekse de için veya bademin nem içeriği arttıkça ilk çatlama ve kırılma kuvvetlerinin azaldığı ancak kopma enerjisinin arttığı belirlenmiştir. İncelenen çeşit ve nem içeriğine bağlı olarak ayçiçeği tohumu kabuğunun kırılması için gereken kuvvetin 6.79-13.85 daN, içlerin parçalanması için gereken kuvvetin ise 1.94-7.29 daN arasında değiştikleri bulunmuştur. NIRMAL-196 çeşidi ayçiçeği sağlam tohum ve içleri için en yüksek kopma enerjilerinin sırasıyla 5.66 daN mm ve 2.77 daN mm oldukları açıklanmıştır.

2.2. Ayçiçeği Kabuk Kırma Makinalarının Sınıflandırılması

Ayçiçeği tohumlarının kabuklarının kırılmasında kullanılan çeşitli makina tipleri vardır. Bunlardan bazıları yalnızca ayçiçeğine özgüdür. Bazıları ise ayçiçeğinin yanı sıra diğer birçok ürünün de kabuklarını kırabilen makinalardır.

Ayçiçeği yağ fabrikalarında yağın çıkarılmasına ön hazırlık olarak tohumların kabukları kırılır. Kabukları kırılacak tohumların makinaya beslenmelerinden önce işleyici parçaların zarar görmemesi için tohum partisinde bulunan metal parçalar, mıknatıslar veya manyetik tamburlarla tohumlardan ayrılırlar. Daha sonra titreşimli elekler ve fanlarla iri taş, toprak, toz, saman gibi yabancı maddeler uzaklaştırılırlar. Son olarak tohumlarla aynı boyuttaki taşlar ayrılırlar. Şekil 2.4' de görülen tohum temizleme ve kabuk kırma iş akış şemasına göre tohumlar önce helezonlu götürücülerle 1. temizleme düzenine, daha sonra ikinci temizleme düzenine ve son olarak da

kabuk kırma makinasına iletilirler. 1. temizleme düzeninde taş, toprak gibi iri parçalar ayrılırlar. 2. temizleme düzeni, titreşimli elek ve siklondan oluşmuştur. Burada siklon tarafından tohumdan daha hafif olan kabuk gibi materyaller uzaklaştırılırlar. 2. temizleme düzeninden çıkan temizlenmiş ayçiçeği tohumları, helezonlu götürücülerle kabuk kırma makinasına iletilirler.



Şekil 2. 4. Ayçiçeği Yağ Fabrikasında Kabuk Kırmadan Önce Tohumların Temizlenmesi ve Çift Diskli Kabuk Kırma Makinası (Baltes, 1975; Gökür, 1990)

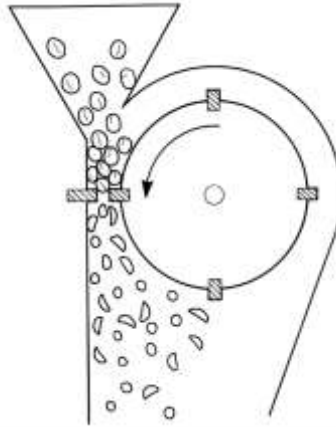
Ayçiçeği tohumlarının kabuklarının kırılmasında kullanılan kabuk kırma makinalarının başlıcaları:

- Pervazlı batörlü kabuk kırma makinaları,
- Pervazlı batör-kontrbatörlü kabuk kırma makinaları,
- Diskli kabuk kırma makinaları,
- Silindirik kabuk kırma makinaları,
- Santrifüj etkili kabuk kırma makinaları,
- Pnömatik kabuk kırma makinalarıdır.

2.2.1. Pervazlı batörlü kabuk kırma makinaları

Pervazlı batörlü kabuk kırma makinaları, genellikle kabuğu kolayca kırılmayan veya dış yüzeyi liflerle sarılmış sert kabuklu meyvelerin, yağlık ayçiçeği tohumlarının ve pamuk çığitlerinin kabuklarının kırılmasında kullanılırlar. Depo, besleme düzeni, pervazlı batör, sabit karşı pervaz, muhafaza, çatı, hareket iletim düzeni gibi parçalardan oluşurlar (Şekil 2.5). Dönü hareketli batörün üzerine uzunlamasına eksenini boyunca belirli aralıklarla olacak şekilde pervazlar yerleştirilmiştir (Pinson vd., 2014). Batör dönü yönünün karşısındaki düz yüzey üzerinde sabit karşı pervaz bulunur. Depodaki tohumlar, pervazlı batör ile karşı pervaz arasına beslenirler. Tohumların kabukları hem batör pervazlarının dövme etkisiyle hem de batör pervazı ile sabit karşı pervaz arasındaki ovalama etkisiyle kırılırlar.

Pervazlar arasındaki aralık miktarı, sabit karşı pervazın konumu değiştirilerek ayarlanır. Kabuk kırma etkinliği üzerinde batör dönü sayısı ve pervazlar arasındaki aralık miktarı etkilidir. Bu değer üzerinde pervazlar arasındaki aralık miktarının etkisi daha fazladır (Pinson vd., 2014). Aralık miktarı üzerinde ise tohumların boyutları, izdüşüm alanları ve nem içerikleri etkilidir. Aralık miktarının fazla olması koşulunda kabuk kırma etkinliği azalırken, aralık miktarının az olması koşulunda ise parçalanmış ya da zedelenmiş iç yüzdesi artar. Ancak uygun aralık ayarında dahi tohum boyutlarının birbirinden farklı olması, kabuk kırma etkinliğinin azalmasına neden olur. Bu nedenle kabuk kırmadan önce ürünün temizlenmesi ve boyutlarına göre sınıflandırılması gerekir.

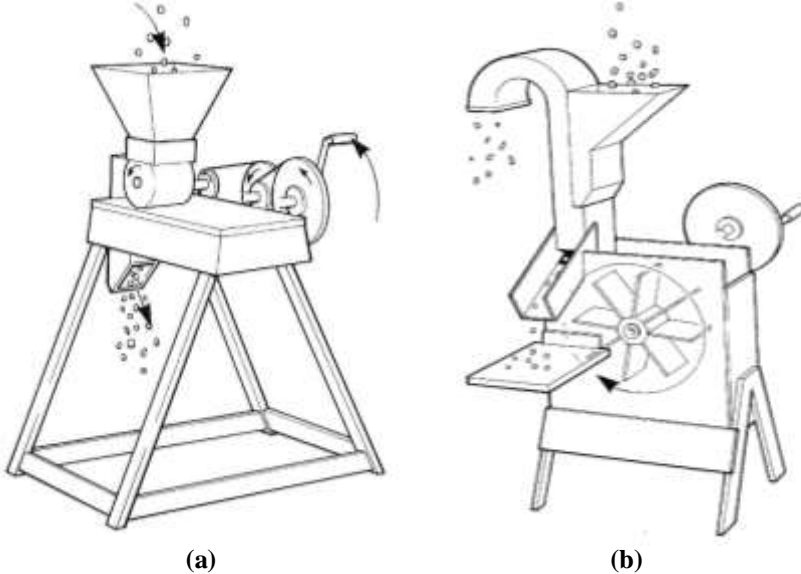


Şekil 2. 5. Pervazlı Batörlü Kabuk Kırma Makinası (Pinson vd., 2014)

Nem içeriği % 7.6 ve yağ içeriği % 38 olan ayçiçeği tohumlarıyla elle kumanda edilen ahşap pervazlı batörlü ve çeyrek daire şeklindeki statorlu (kontrbatörlü) kabuk kırma makinasıyla 24 kg h^{-1} besleme miktarında; metal pervazlı batörlü ve çeyrek daire şeklindeki statorlu kabuk kırma makinasıyla ise 18.1 kg h^{-1} besleme miktarında yapılan denemeler sonucunda; kabuğundan çıkartılmış iç yüzdesi sırasıyla % 76.6 ve % 77.8, sağlam ya da bütün haldeki iç yüzdesi % 82.5 ve % 83.2, toplam çıktı/girdi yüzdesi ise % 92.1 ile % 92.5 olarak bulunmuştur (Pinson vd., 2014).

Şekil 2.6.a' da, yağlık ayçiçeği tohumlarının kabuklarının kırılmasında kullanılan elle kumanda edilen pervazlı batörlü kabuk kırma makinası gösterilmiştir. Batör ahşaptan, pervazlar ise çelikten yapılmıştır. Batörün batör mili eksenine paralel yönde yerleştirilmiş olan 4 adet pervazı vardır. Pervazlar arasındaki aralık miktarı, tohum boyutlarına göre ayarlanabilmektedir.

Şekil 2.6.b' de görülen elle kumanda edilen temizleme makinasıyla kırma makinasından çıkan materyaller birbirinden ayrılır. Bu makinanın deposundan beslenen karışımdaki kabuklar, ufalanmış içler vb.' leri, vantilatör tarafından oluşturulan hava akımının etkisiyle ayrılırlar. Karışımdan uzaklaştırılan kabukların arasında bulunan ufalanmış içler ise basit eleklerle elenerek geri kazanılırlar (Şekil 2.7).



Şekil 2. 6. a. Ayçiçeği kabuk kırma makinası, **b.** Elle çalıştırılan basit temizleme ve sınıflandırma makinası (Pinson vd., 2014)

2.2.2. Pervazlı batör-kontrbatörlü kabuk kırma makinaları

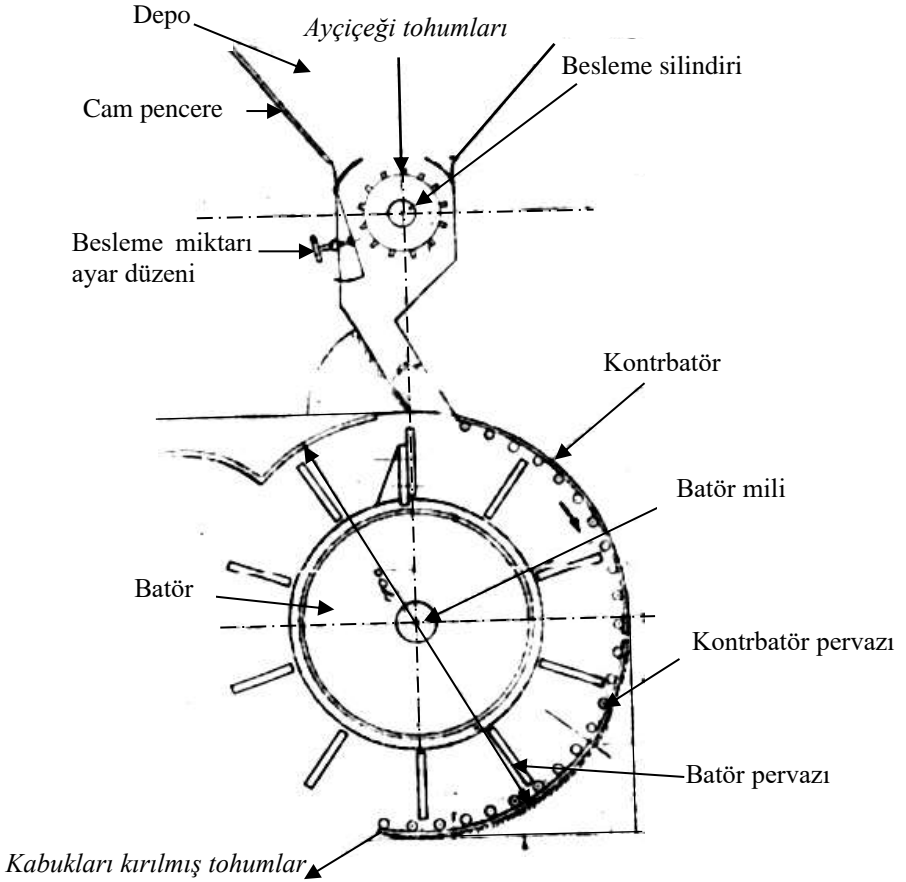
2.2.2.1. Baraban

Baraban; Azerice, Kırgızca, Kazakça veya Özbekçe kökenli bir sözcüktür. Eski Türklerde, “büyük davul” anlamına gelir (Sesli Sözlük, 2021). Batör yerine kullanılan İngilizce “*drum*” sözcüğü de davul anlamına gelmektedir. Baraban, pervazlı batör-kontrbatörlü bir kabuk kırma makinasıdır. “Çubuklu kırıcı” olarak da adlandırılır. Ayçiçeği yağ fabrikalarında, pres helezonlarının kısa sürede bozulmaması ve kabuğun yapısındaki mum kıvamındaki maddelerin yağa karışarak yağ kalitesinin azalmaması için prese gönderilen içler arasındaki kabuk düzeyi % 5-7 düzeyinde ya da % 10’ dan daha az olmalıdır (Özkaya, Göğüş ve Türker, 1983). Tohum temizleme ve sınıflandırma makinalarıyla kaba pisliklerinden ve tozlarından ayrılan ayçiçeği tohumları, elevatörlerle barabanın deposuna beslenirler. Batör-kontrbatörde tohumların kabukları kırılır (Şekil 2.7). İçler ve kabuklar, tohum temizleme ve sınıflandırma düzenleriyle ayrılırlar.

Baraban; depo, besleme silindiri, batör (kırıcı), kontrbatör (kırıcı gömleği), ayar düzenleri, üst ve yan muhafazalar, depo kapağı cam penceresi, hareket iletim düzenleri ve çatıdan oluşur (Şekil 2.8). Deponun alt kısmında çapı 200-250 mm, pervaz sayısı 12-13 adet ve devir sayısı 40-150 min⁻¹ arasında değişen bir besleme silindiri bulunur. Besleme silindirinin görevi, depodaki ayçiçeği tohumlarını düzgün bir akışla batör-kontrbatör arasına iletmektir. Depo kapağının üzerinde bulunan 750x260 mm ölçülerindeki cam pencere sayesinde tohum akışı kontrol edilir. Besleme miktarı, bu kapağın üzerinde bulunan iki adet dairesel kolla ayarlanır.



Şekil 2.7. Bir Ayçiçeği Yağ Fabrikasındaki Barabanlar



Şekil 2.8. Barabanın Parçaları ve Çalışma İlkesi

Batörün 10 adet düz yüzeyle, dikdörtgen kesitli pervazı vardır. Batör-kontrbatör arası aralık miktarı, her bir batör pervazının yatay düzlemde ileri geri alınmasıyla ayarlanır. Batör-kontrbatör arasındaki giriş ve çıkış aralıkları eşittir. Batörün çapı 650-700 mm, uzunluğu ise 1600-1650 mm kadardır. Kontrbatör, kör kontrbatör tipindedir. Batörün etrafını 1/2 oranında çevreleyen kontrbatörün içbükey yüzeyi üzerinde 8-10 mm çapında 24 adet çubuk (daire kesitli pervaz) bulunur (Şekil 2.9). Batör devir sayısı, 600-900 min^{-1} arasında değişir. Ayçiçeği tohumu kabuğunun kırılmasında önerilen batör devir sayısı, 600 min^{-1} ' dir. Batör-kontrbatörün ön kısmında bulunan kapağın açılmasıyla gerekli kontrol, bakım ve ayarlar yapılır.



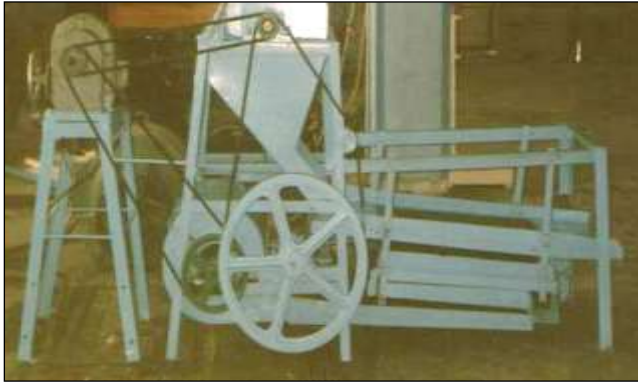
Şekil 2.9. Barabanın Batör ve Kontrbatörü

Barabanın çalışma ilkesi; depoya doldurulan ayçiçeği tohumlarının dönü hareketli besleme silindiri tarafından pervazlı batör-kontrbatör arasına beslenmeleri, burada batörün dönü hareketiyle pervazların tohumlara çarpmaları ve batör-kontrbatör pervazları arasındaki ovalama etkisiyle tohumların kabuklarının kırılması şeklindedir. Barabandan çıkan karışım; sağlam içler, iri kabuk parçaları, sağlam tohumlar, ufalanmış içler ve kabuklar ile zedelenmiş tohumlardan ibarettir. Bu karışım, elekler ve fanlardan oluşan ayırma düzenlerine iletilirler. Sağlam tohumlar, kabukları yeniden kırılmak üzere batör-kontrbatöre geri gönderilirler. Kabuğundan çıkartılmış bütün ve parçalanmış haldeki tüm içler, yağın çıkarılması amacıyla preslere iletilirler. Karışımdan ayrılan kabuklar ise ısı enerjisi elde etmek amacıyla bir buhar kazanına ya da daha sonra değerlendirilmek üzere bir depoya gönderilirler.

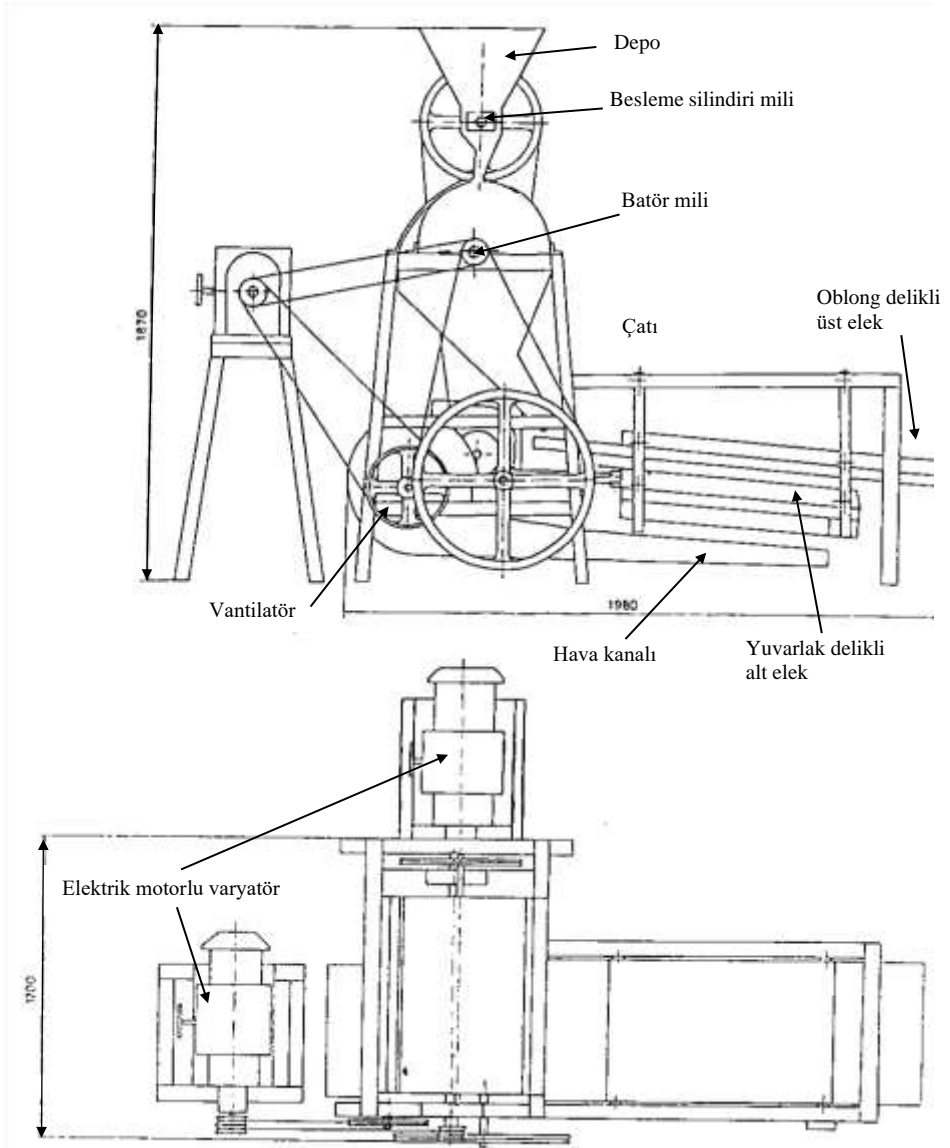
Göknur (1990) tarafından, ülkemizdeki bazı ayçiçeği yağ fabrikalarındaki barabanların kabuk kırma etkinliklerinin % 70-90, ufalanmış tohum yüzdelerinin % 15-45, zedelenmiş tohum yüzdelerinin % 4-16, sağlam tohum yüzdelerinin ise % 5-11 arasında değiştiği açıklanmıştır. İş başarısı 50 t gün⁻¹ olan bir barabanın motor gücü ihtiyacı 7.5 kW' dır. Barabanların iş başarıları, kapasitelerine bağlı olarak 50-300 t gün⁻¹ arasında değişir (Efege Mühendislik, 2017).

2.2.2.2. Pervazlı batör-kontrbatörlü kabuk kırma ve ayırma makinası

Göknur (1990) tarafından tasarlanarak imal edilen pervazlı batör-kontrbatörlü kabuk kırma ve ayırma makinası ile hem ayçiçeği tohumlarının kabukları kırılmakta hem de kırma ünitesinden çıkan karışım birbirinden ayrılmaktadır (Şekil 2.10). Hareketini bir elektrik motorundan alan makina; depo, besleme silindiri, pervazlı batör-kontrbatör, elekler, vantilatör, çatı, hareket iletim düzeni ve ayar düzenleri gibi parçalardan oluşur (Şekil 2.11).

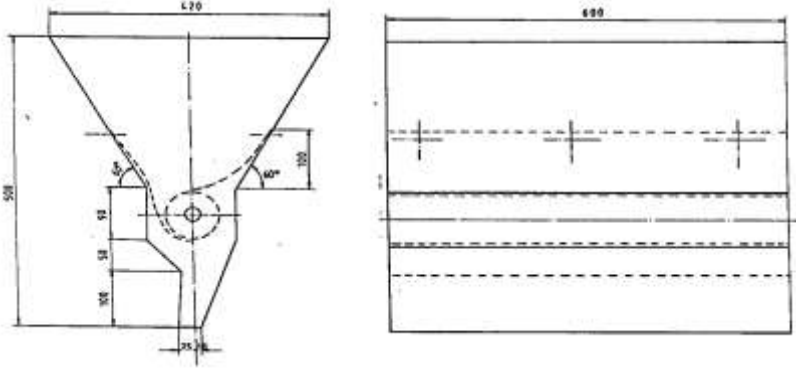


Şekil 2. 10. Pervazlı Batör-Kontrbatörlü Ayçiçeği Tohumu Kabuk Kırma-Ayırma Makinası (Göknur, 1990)

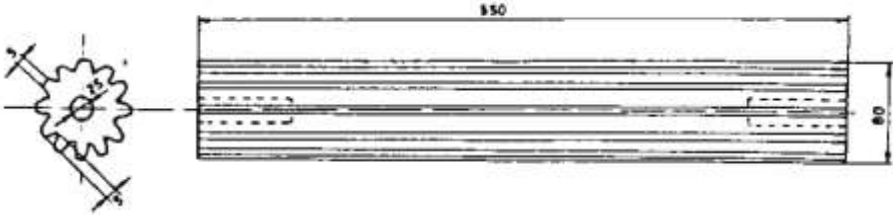


Şekil 2. 11. Pervazlı Batör-Kontrbatörlü Kabuk Kırma ve Ayırma Makinasının Parçaları (Göknur, 1990)

2 mm kalınlığındaki sac malzemeden yapılan deponun kapasitesi 13 kg' dır. Deponun içerisinde çapı 80 mm ve uzunluğu 550 mm olan bir besleme silindiri vardır (Şekil 2.12). Besleme silindirinin üzerine açılan kanallar sayesinde tohumların düzgün bir akışla batör-kontrbatöre doğru akmaları sağlanmaktadır (Şekil 2.13), (Göknur, 1990).

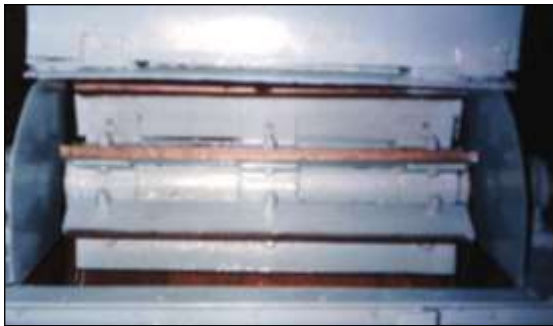


Şekil 2. 12. Depo ve Besleme Silindiri (Göknur, 1990)

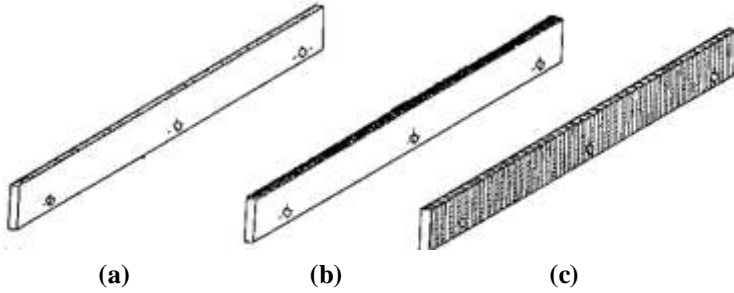


Şekil 2. 13. Besleme Silindiri (Göknur, 1990)

Batörün 7 adet, kontrbatörün ise 5 adet pervazı vardır. Batör pervazları, 15x60x600 mm ölçüsündeki lamalardan yapılmıştır (Şekil 2.14). Kırıcı yüzeyine hafif dış açılmış, kırıcı yüzeyi pürüzlü kauçuk malzemeyle kaplanmış ve tüm yüzeyi profilli lastik malzemeyle kaplanmış olmak üzere 3 farklı batör pervazı tipi vardır (Şekil 2.15). Kontrbatör pervazları ise 25x40x600 mm ölçüsündeki profillerden yapılmıştır (Şekil 2.16). Batör-kontrbatör pervazları arasındaki aralık miktarı, batör pervazlarının düşey eksenindeki konumlarının değiştirilmesiyle 2-8 mm arasında ayarlanabilmektedir.

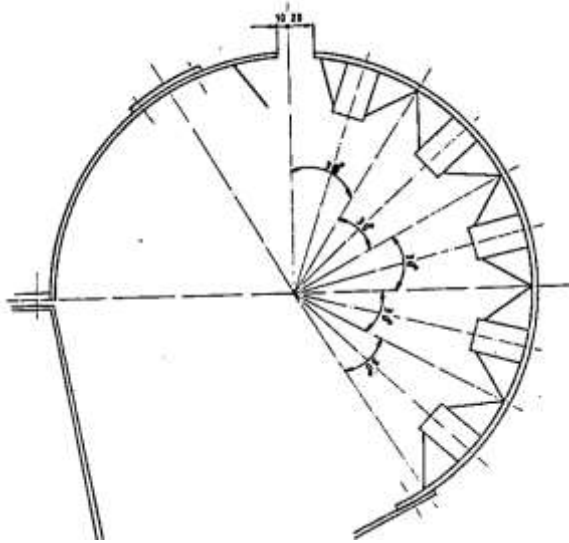


Şekil 2. 14. Kabuk Kırma Makinasının Pervazlı Batörü (Göknur, 1990)



a. Kırıcı yüzeyi hafif yivli, **b.** Kırıcı yüzeyi pürüzlü kauçuk malzemeye kaplı, **c.** Profilli lastik malzemeye kaplı.

Şekil 2. 15. Kabuk Kırma Makinasının Batör Pervazı Tipleri (Göknur, 1990)



Şekil 2. 16. Kabuk Kırma Makinasının Kontrbatörü (Göknur, 1990)

Pervazlı batör-kontrbatörlü kabuk kırma ve ayırma makinasının ayırma düzeni; oblong delikli üst elek, yuvarlak delikli alt elek, hava kanalı ve vantilatörden oluşur. Oblong delikli eleğin numarası 2.75 mm, yuvarlak delikli eleğin numarası ise 1 mm' dir. Batör-kontrbatörden çıkan karışım, doğrudan oblong delikli üst eleğin üzerine düşer. Üst elek üzerinden sağlam ve alta geçemeyen zedelenmiş tohumlar alınır. Diğer materyaller, alta geçerek yuvarlak delikli alt eleğin üzerine düşerler. Alt elek üzerinden içler ayrılırlar. Çok fazla ufalanmış içler ve kabuklardan oluşan tozlar ise alt eleğin altındaki kapalı bölmeye düşerler. Ayırma düzeninde bulunan vantilatörün hava çıkış ağzına, dikdörtgen kesitli bir hava kanalı yerleştirilmiştir. Vantilatörün ürettiği

hava akımı, hava kanalı içerisinde ilerleyerek her iki elekten aşağıya dökülen karışımdaki kabukları uzaklaştırır. Bunun sonucunda batör-kontrbatörden çıkan karışım; içler, sağlam ve zedelenmiş tohumlar ile kabuklar olmak üzere 3 gruba ayrılır.

Göknur (1990) tarafından kırıcı yüzeyi hafif yivli pervazlı batörle optimum çalışma koşulunda; makinanın besleme silindiri devir sayısının 30 min^{-1} , batör devir sayısının 1500 min^{-1} , batör-kontrbatör pervazları arasındaki aralık miktarının 2 mm, vantilatör devir sayısının 480 min^{-1} ve elek eksantrik devir sayısının ise 215 min^{-1} olduğu belirtilmiştir. Nem içeriği % 5-8 arasında olan yağlık ayçiçeği tohumlarıyla optimum koşulda çalışma sonucunda; kabuk kırma etkinliğinin % 80, ufalanmış tohum yüzdesinin % 24, zedelenmiş tohum yüzdesinin % 8 ve sağlam tohum yüzdesinin ise % 15 olduğu bildirilmiştir. Sağlam tohumların yeniden kabuk kırma ünitesinden geçirilmesi durumunda kabuk kırma etkinliği % 90-95'e ulaştığı açıklanmıştır. Makinanın boşta çalışmadaki güç ihtiyacının 1.4 kW, kabuk kırma ve ayırmadaki güç ihtiyacının 1.6 kW, iş kapasitesinin ise $1000-1500 \text{ kg h}^{-1}$ arasında değiştiği bildirilmiştir (Göknur, 1990).

2.2.4. Diskli kabuk kırma makinaları

Özellikle ayçiçeği tohumu ile pamuk çekirdeklerinin ya da çığitlerinin kabuklarının kırılmasında kullanılan diskli değirmenlere benzeyen diskli kabuk kırma makinalarının düşey ve yatay diskli olmak üzere başlıca iki tipi vardır (Şekil 2.17).

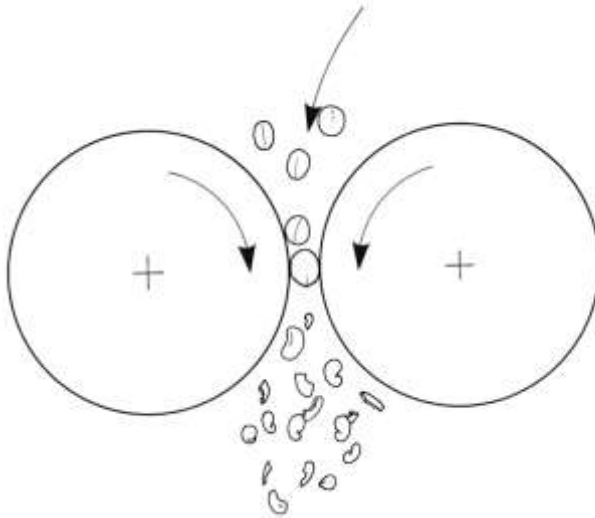


Şekil 2. 17. Düşey ve Yatay Diskli Kabuk Kırma Makinaları (Advanced Geoscience Instruments Company [AGICO], 2018)

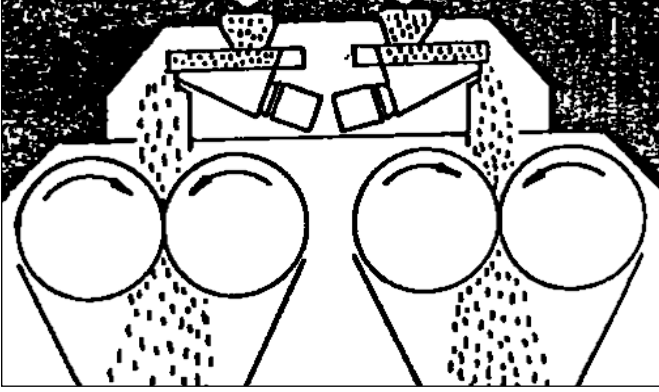
Şekil 2.17’ de görülen yatay diskli ayçiçeği kabuk kırma makinası; yatay konumda, birbirine göre paralel olarak yerleştirilmiş olan iki adet diskten oluşmuştur. Alt disk dönü hareketli, üst disk ise sabittir. Çalışma ilkesi, üst diskin göbeğinden beslenen ayçiçeği tohumlarının birisi sabit diğeri dönü hareketli olan disklerin arasından geçerken ovalama veya sürtünme etkisiyle kabuklarının kırılması şeklindedir. Diskler arasındaki giriş ve çıkış aralıkları birbirine eşittir. Aralık miktarı ve hareketli diskin dönü sayısı ayarlanabilir. Tohum nem içeriği arttıkça ezilen tohum yüzdesi artar. Ancak nem içeriğinin azalması halinde ufalanmış tohum yüzdesi artar.

2.2.5. Silindirli kabuk kırma makinaları

Silindirli ya da valsli kabuk kırma makinalarının işleyici parçaları, uzunlamasına eksenleri boyunca aralarında belirli bir aralık olacak şekilde paralel konumda yerleştirilmiş iki adet silindirden oluşur (Şekil 2.18). Genellikle birbirlerine göre ters yönde dönü hareketi yapan silindirlerin yüzeyleri, düz ya da yivlidir (Şekil 2.19). Çalışma ilkeleri, depodan silindirlerin arasına düşen tohumların kabuklarının eşit çevre hızıyla dönen silindirlerde sıkıştırma ya da basınç etkisiyle, farklı çevre hızıyla dönen silindirlerde ise ovalama etkisiyle kırılması şeklindedir.



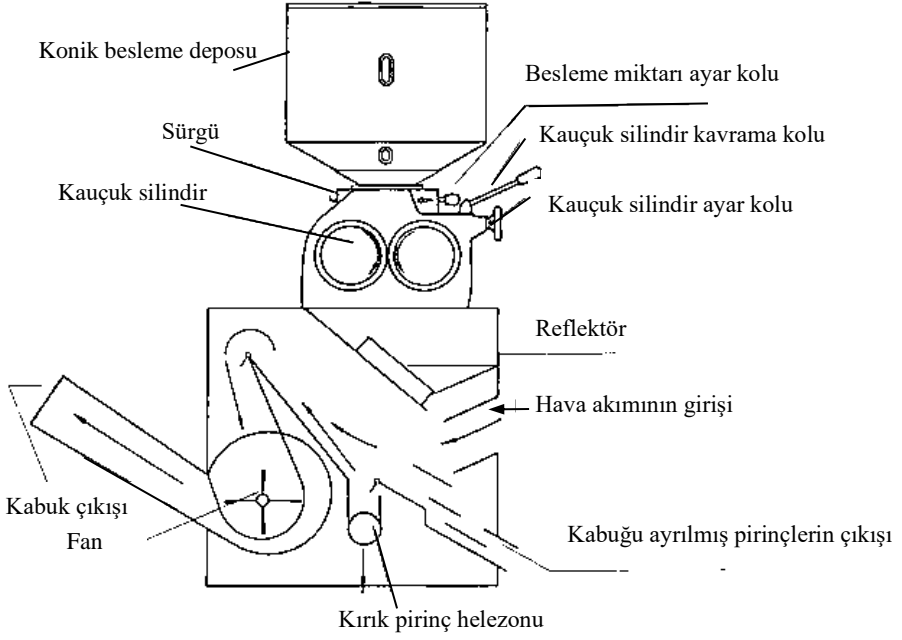
Şekil 2. 18. Silindirli Kabuk Kırma Makinasının Çalışma İlkesi (Pinson vd., 2014)



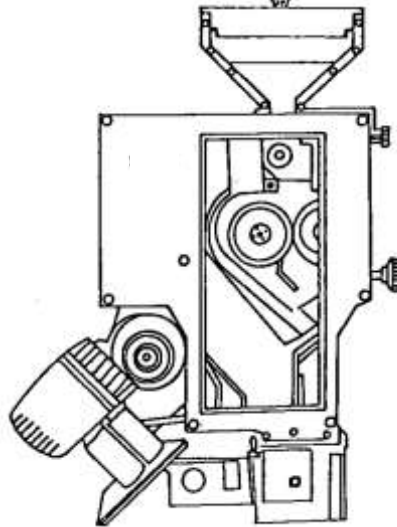
Şekil 2. 19. Düz Yüzeyle Silindirli Kabuk Kırma Makinası (Baltes, 1975; Göknur, 1990)

Çeltik kabuğunun soyulmasında kullanılan bu makinalarla kuru yemişlik ayçiçeği tohumlarının kabukları da kırılabilir. Kuru yemişlik ayçiçeği içlerinin zarar görmemesi için silindirler ya kauçuktan yapılırlar ya da yumuşak kumaşla kaplanırlar (Gupta ve Das, 1999). Şekil 2.20’ de görülen paralel silindirli çeltik kabuk soyma makinasının kauçuk silindirleri, birbirlerine göre ters yönde dönü hareketi yaparlar. Besleme miktarı, konik besleme deposunun altında yer alan bir sürgüyle ayarlanır. Konik depodan kauçuk silindirlerin arasına düşen çeltik tohumlarının kabukları, ovalama etkisiyle kırılırlar. Silindirler arasındaki aralık miktarı, bir ayar koluyla ayarlanır. Kırma ünitesinden çıkan karışımdaki kabuklar, hava akımının etkisiyle uzaklaştırılırlar. Sağlam pirinçler ve kırık içler ise eleklerle ayrılırlar.

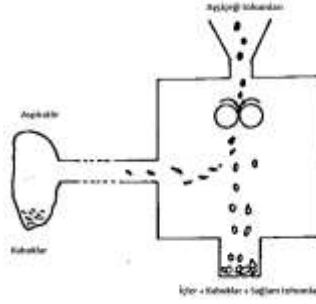
Şekil 2.21’ de görülen laboratuvar tipi ayçiçeği kabuk kırma makinasının silindirleri birbirine göre ters yönde dönü hareketi yaparlar. Aslında çeltik kabuğunun soyulmasında kullanılan bu makinayla kuru yemişlik ayçiçeği tohumlarının kabukları da kırılabilir. Bu amaçla silindirlerin yüzeyleri krep kumaşla kaplanır. Silindirlerin dönü sayıları azaltılır. Aspiratörün hava hızı, ayçiçeği tohumlarına göre ayarlanır. Makinanın çalışma ilkesi, silindirlerin arasından geçen ayçiçeği tohumlarının kabuklarının ovalama etkisiyle kırılması, daha sonra aspiratör tarafından oluşturulan hava akımıyla kabukların içlerden ayrılması, toplama kabında toplanan karışımdaki kabukların daha sonra bir vantilatörün oluşturduğu hava akımıyla uzaklaştırılması ve sağlam tohumların elle ayrılması şeklindedir (Şekil 2.22).



Şekil 2. 20. Silindirli Çeltik Kabuk Soyma Makinası (Tw Grandeur Machinery, 2021)



Şekil 2. 21. Laboratuvar Tipi Silindirli Ayçiçeği Kabuk Kırma Makinası (Baltes, 1975; Göknur, 1990)

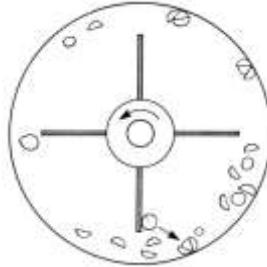


Şekil 2. 22. Ayçiçeği Tohumu Kabuk Kırma Makinasının Çalışma İlkesi (Göknur, 1990; Ribailier, 1981)

Silindirli kabuk kırma makinalarında özellikle silindirin dönü sayısı ve silindirler arası aralık miktarı, kabuk kırma etkinliği üzerinde etkilidir. Ribailier (1981) tarafından silindirli kabuk kırma makinasıyla çalışmada, kabuk kırmadan önce ayçiçeği tohumlarının 10 dakika sıvı azot içerisinde bekletilmesinin makinanın kabuk kırma etkinliğini artırdığı belirtilmiştir.

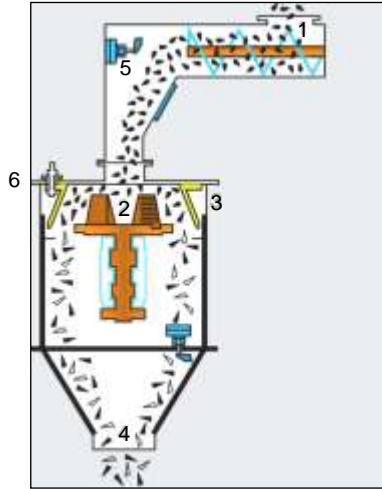
2.2.6. Santrifüj etkili kabuk kırma makinaları

Santrifüj ya da çarpma etkili kabuk kırma makinaları; ayçiçeği, kaju fıstığı, pamuk, soya, kavun, palm ve tung yağı ağacı gibi bitkilerin tohum ya da sert kabuklu meyvelerinin kabuklarının kırılmasında kullanılırlar. Çeşitli tipleri vardır. İşleyici parçaları, genel olarak dönü hareketi yapan radyal kanatlı bir çark ve bu çarkı çevreleyen sert karşı yüzeyden oluşur. Çalışma ilkeleri, dönü hareketli çarkın merkezinden beslenen ürüne çark kanatlarının çarpmasıyla ürünün radyal ivme kazanması ve bunun sonucunda hızla savrulurken sert karşı yüzeye çarparak kabuğunun kırılması şeklindedir (Şekil 2.23), (Figueiredo vd., 2014; Pinson vd., 2014).



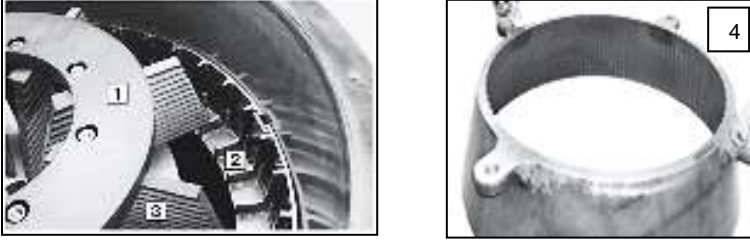
Şekil 2. 23. Santrifüj Etkili Kabuk Kırma Makinasının Çalışma İlkesi (Pinson vd., 2014)

Şekil 2.24' de, endüstriyel tip düşey milli çarpma etkili ayçiçeği kabuk kırma makinası gösterilmiştir. Bu makinayla ayçiçeğinin yanı sıra pamuk çiğidi ve soya tohumunun kabukları da kırılabilir. Makina; besleme helezonu, mıknatıslar, çark ya da rotor, çarpma konisi, çark ile çarpma konisi arası aralık ayar düzeni, muhafaza ve boşaltma açıklığından oluşur. Çark çapı, 600 mm' dir. Çarkın kanat sayısı 8 adettir. Çarkın giriş ve çıkışlarına yerleştirilen mıknatısların görevi, tohumların arasında bulunan metal parçalarının ayrılmasını sağlamaktır. Kabuk kırma yüzdesi, çark ile çarpma konisi arasındaki aralığın değiştirilmesiyle ayarlanır. Çark kanatlarının karşısında aşınma plakaları yer alır (Şekil 2.25). Çarpma konisinin düz ve yivli yüzeyli olmak üzere 2 tipi vardır. Düz yüzeyli çarpma konisi ayçiçeği tohumlarına, yivli yüzeyli çarpma konisi ise pamuk çiğidi ve soyaya uygundur (Şekil 2.25). Makinanın çalışma ilkesi, depodan helezonla çarka beslenen ayçiçeği tohumlarının dönü hareketli çarkın yivli kanatları tarafından santrifüj kuvvetle savrulmaları ve çarpma konisine çarparak kabuklarının kırılması şeklindedir. Makinanın günlük iş verimi; ayçiçeğinde 150-180 t, maksimum % 4 hav içeren pamuk çiğitleri ile soya tohumlarında ise 120-150 t arasında değişmektedir. Makina, özellikle nem içeriği yüksek olan tohumlarla çalışmada daha başarılıdır. Toplam güç ihtiyacı, 15-22 kW arasında değişmektedir (Bühler AG, 2014).



1. Besleme helezonu, 2. Çark, 3. Çarpma konisi, 4. Boşaltma açıklığı, 5. Mıknatıs, 6. Aralık miktarı ayar düzeni.

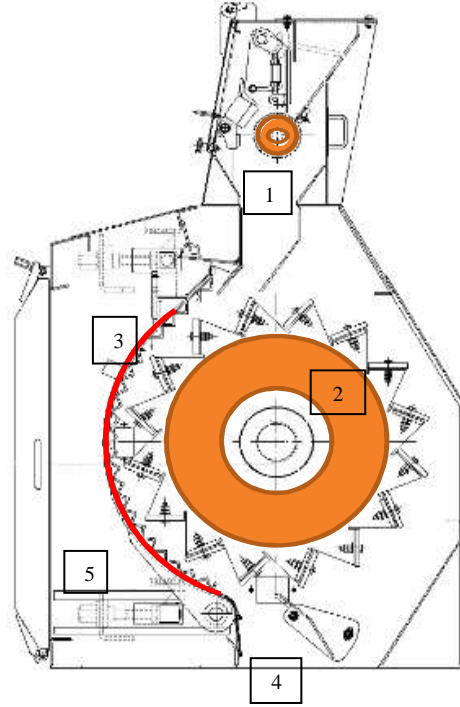
Şekil 2. 24. Endüstriyel Tip Düşey Milli Çarpma Etkili Kabuk Kırma Makinası (Bühler AG, 2014)



1. Rotor, 2. Aşındırma plakası, 3. Rotor kanadı, 4. Yivli çarpma konisi.
Şekil 2. 25. Düşey Milli Çarpma Etkili Kabuk Kırma Makinası (Bühler AG, 2014)

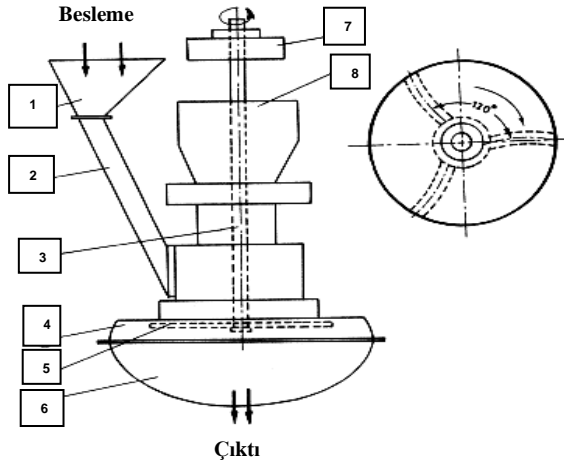
Şekil 2.26’ da, endüstriyel tip yatay milli çarpma etkili ayçiçeği kabuk kırma makinası gösterilmiştir. Bu makinayla yalnızca ayçiçeği tohumlarının kabukları kırılabilir. Makina; besleme düzeni, mıknaş, rotor, çarpma kasası, rotor ile çarpma kasası arası aralık ayar düzeni, muhafaza ve boşaltma açıklığından oluşur. Rotorun çapı 800 mm, uzunluğu 2150 mm ve kanat sayısı ise 16 adettir. Mıknaşın görevi, metal parçalarını tohumlardan ayırmaktır. Kabuk kırma yüzdesi, rotor ile çarpma kasası arasındaki aralık miktarının değiştirilmesiyle ayarlanır. Makinanın çalışma ilkesi, depodaki besleme silindiri aracılığıyla kabuk kırma düzenine beslenen ayçiçeği tohumlarının dönü hareketli rotorun kanatları tarafından santrifüj kuvvetle savrulmaları ve çarpma kasasının kanatlarına çarparak kabuklarının kırılması şeklindedir. Burada çarpma etkisinin yanında ovalama etkisi de vardır. Makinanın günlük iş verimi, ayçiçeğinde 150-180 t arasında değişmektedir. Yatay milli kabuk kırma makinası, özellikle nem içeriği düşük olan ayçiçeği tohumlarıyla çalışmada daha başarılıdır. Toplam güç ihtiyacı, 18 kW’ dır (Bühler AG, 2014).

Şekil 2.27’ de, helisel kanatlı santrifüj etkili ayçiçeği kabuk kırma makinası gösterilmiştir. Makina; depo, besleme düzeni, düşey mil, çark, çarpma kasası ve hareket iletim düzeninden oluşur. Besleme düzeni, titreşimlidir. Besleme miktarı ayarlanabilir. Düşey milin üzerine bir çark yerleştirilmiştir. Mil, üst kısımdaki kasnak aracılığıyla 0.75 kW motor gücündeki varyatörlü elektrik motorundan hareket alır. Dönü hareketli çark ve sabit çarpma kasası, eş merkezli olarak yerleştirilmiştir. Metal çarpma kasasının iç yüzeyi, sert ve kalın kauçukla kaplanmıştır. Makinanın çalışma ilkesi, çarkın göbeğinden beslenen ayçiçeği tohumlarının çarkın helisel kanatları aracılığıyla çarpma kasasına çarpmaları sonucunda çarpma ve kesme kuvvetlerinin etkisiyle kabuklarının kırılması şeklindedir.



1. Besleme düzeni, 2. Rotor, 3. Çarpma kasası, 4. Boşaltma açıklığı, 5. Rotor ile çarpma kasası arası aralık miktarı ayar düzeni.

Şekil 2. 26. Yatay Millî Çarpma Etkili Kabuk Kırma Makinası (Bühler AG, 2014)



1. Depo, 2. Besleme oluğu, 3. Merkezi mil, 4. Çarpma kasası, 5. Çark, 6. Boşaltma haznesi, 7. Kasnak, 8. Mil muhafazası.

Şekil 2. 27. Helisel Kanatlı Çarpma Etkili Ayçiçeği Kabuk Kırma Makinası (Gupta ve Das, 1999)

Gupta ve Das (1999) tarafından yapılan araştırma sonucunda, kabuk kırma etkinliğinin besleme miktarı ve tohum nem içeriğinin artması koşulunda azaldığı ancak çarkın çevre hızının artması koşulunda ise arttığı bildirilmiştir. Tohum nem içeriğinin % 4, besleme miktarının 20 kg h⁻¹ ve çark çevre hızının 54.5 m s⁻¹ olması durumunda, kabuk kırma etkinliğinin % 93 olduğu bulunmuştur. Tohum nem içeriği ve çark çevre hızı arttıkça özgül enerji tüketimi artmaktadır. Nem içeriği % 5.3-8.0 arasında değişen, orta boy ayçiçeği tohumlarıyla 100 kg h⁻¹ besleme miktarında ve 40.7-44.5 m s⁻¹ çark çevre hızında çalışmada, kabuk kırma etkinliğinin % 69-77, geri dönüşmeyen ya da çok fazla ufalanmış iç yüzdesinin % 4-6 ve özgül enerji tüketiminin ise 3.1-3.8 kJ kg⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir.

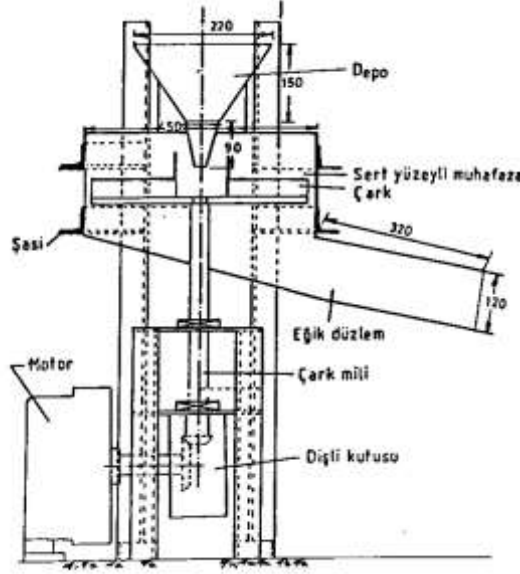
Çarpma etkili kabuk kırma makinalarında santrifüj kuvvetin büyüklüğü üzerinde ürünün kütlesi, dönme dairesi yarıçapı ve çarkın çevre hızı etkilidir. Santrifüj kuvvet, kabuğu kırmaya yetecek ancak içe ya da bademe zarar vermeyecek miktarda olmalıdır.

Çarpma etkili kabuk kırma makinalarının iş kalitelerinin yüksek olması için sert kabuklu meyve veya yağlı tohumun kabuğu gevrek olmalı, nem içeriği düşük olmalı ve kabuğun dış yüzeyi lifle sarılmış olmamalıdır (Pinson vd., 2014). Ürünün nem içeriği, iç ile kabuğun birbirinden ayrılmasına izin verecek düzeyde olmalıdır. Nem içeriğinin gereğinden çok az olması durumunda içler ve kabuklar aşırı düzeyde parçalanırlar. Bunun sonucunda makina tıkanabilir, kalite azalır ve ayırma güçleşir.

Şekil 2.28' de görülen çarpma etkili ayçiçeği tohumu kabuk kırma makinasının çalışma ilkesi, dönü hareketli çark tarafından tohumların hızla sert yüzeyli muhafaza ya da çark kasasına çarptırılarak kabuklarının kırılması şeklindedir.

Nag vd. (1983) tarafından Şekil 2.28' de görülen çarpma etkili kabuk kırma makinasıyla çark kanadı ucundaki çevre hızının 48.33 m s⁻¹ ve besleme miktarının 120-240-340 kg h⁻¹ olması koşulunda, nem içeriği % 6.7-12.2 arasında değişen ayçiçeği tohumlarıyla yapılan denemeler sonucunda; besleme miktarı ve tohum nem içeriği azaldıkça kabuk kırma etkinliğinin arttığı belirtilmiştir. Tohum nem içeriğinin % 12.2' den % 6.7' ye düşmesi durumunda kabuk kırma etkinliğinin 120 kg h⁻¹ besleme miktarında % 18, 240 kg h⁻¹ besleme miktarında % 17, 340 kg h⁻¹ besleme miktarında ise % 10 arttığı açıklanmıştır. 120 kg h⁻¹ lik besleme miktarında % 6.7 nem içeriğindeki

tohumlarla çalışmada, çark kanadı çevre hızının 22 m s^{-1} ' den 48.33 m s^{-1} ' e çıkması halinde kabuk kırma etkinliğinin % 65 düzeyinde arttığı belirlenmiştir. Çark kanadı hızının 48.33 m s^{-1} ' yi aşması halinde zedelenmiş tohum yüzdesinin arttığı bildirilmiştir. Çark kanadı çevre hızı için $33-43 \text{ min}^{-1}$ değerleri önerilmiştir (Göknur, 1990; Nag vd., 1983).

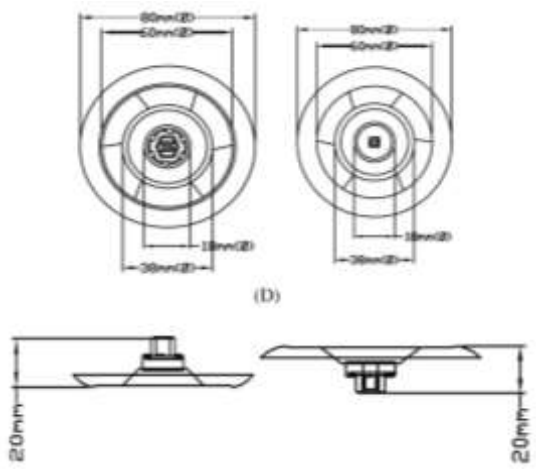


Şekil 2. 28. Çarpma Etkili Ayçiçeği Tohumu Kabuk Kırma Makinası (Nag, Singh ve Bhandari, 1983)

Şekil 2.29' da, ayçiçeği tohumlarının kabuklarının kırılmasında kullanılan tek diskli ya da çarklı, laboratuvar tipi çarpma etkili bir kabuk kırma makinası gösterilmiştir. Diskin dış çapı 80 mm, kanat dairesi çapı 60 mm ve kalınlığı 20 mm' dir (Şekil 2.30). Makinanın çalışma ilkesi, ayçiçeği tohumlarının diskin dönü hareketiyle 30 s süreyle düşük çevre hızında mikser gibi hareketlendirilmesi sonucunda kabuklarının kırılması şeklindedir. Makinadan çıkan karışım; içler, kabuklar ve kabuğu kırılmayanlar şeklinde ayrılırlar. Kabuğu kırılmamış tohumlar yeniden kırma ünitesinden geçirilirler. Muttagi ve Joshi (2017) tarafından makinadan ilk geçişten sonraki iç yüzdesinin % 60, kabuk yüzdesinin % 31.15 ve firenin ise % 8.85 olduğu belirtilmiştir. Elle kabuk kırmada, bu değerlerin sırasıyla % 68.85, % 31.15 ve % 0 olduğu açıklanmıştır.



Şekil 2. 29. Tek Diskli Kabuk Kırma Makinasının Diskinin Üstten ve Alttan Görünüşü (Muttagi ve Joshi, 2017)

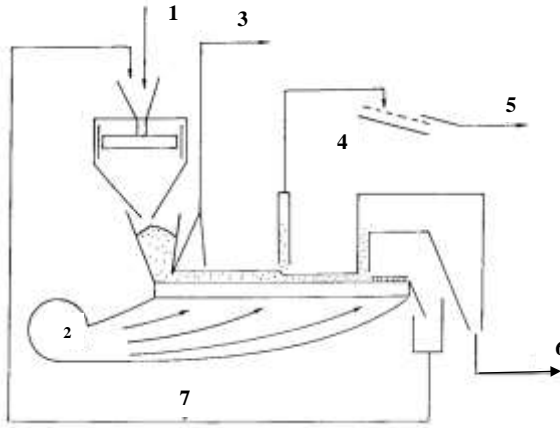


Şekil 2. 30. Tek Diskli Kabuk Kırma Makinasının Diski (Muttagi ve Joshi, 2017)

Ayçiçeği kabuk kırma makinalarında eğer makinanın ayırma ya da temizleme düzeni yoksa makinadan çıkan karışımın ayrılmasında akışkan yataklı ayırıcı ve silindirik elek gibi çeşitli ayırma düzenlerinden yararlanılır.

Şekil 2.31' de bir çarpma etkili kabuk kırma makinası ve akışkan yataklı ayırıcı görülmektedir. Burada önce çarpma etkili kabuk kırma makinası tarafından ayçiçeği tohumlarının kabukları kırılmakta, daha sonra çıkan karışım akışkan yataklı ayırıcıda birbirinden ayrılmaktadır. Akışkan yataklı ayırıcı, vantilatör ve eleklerden oluşmaktadır. Karışımındaki tozlar, ilk aspiratörle uzaklaştırılmaktadır. Tozlardan daha ağır olan kabuklar, 2. aspiratör tarafından emilerek eleklerle gönderilmektedir. Burada kabuklar ayrılmaktadır. İçler, eleğin son kısmından dışarıya alınmaktadır. Elek üzerindeki ağırlığı en fazla

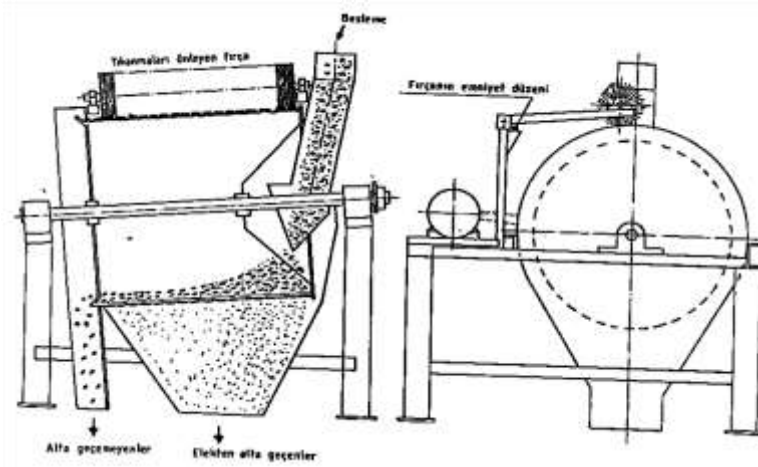
olan sağlam tohumlar ise eleğin en sonundan alınarak kabuklarının yeniden kırılması için kabuk kırma makinasına yeniden gönderilmektedir.



1. Sağlam tohumlar, 2. Vantilatör, 3. Tozlar, 4. Elekler, 5. Kabuklar, 6. İçler, 7. Geri dönüş.

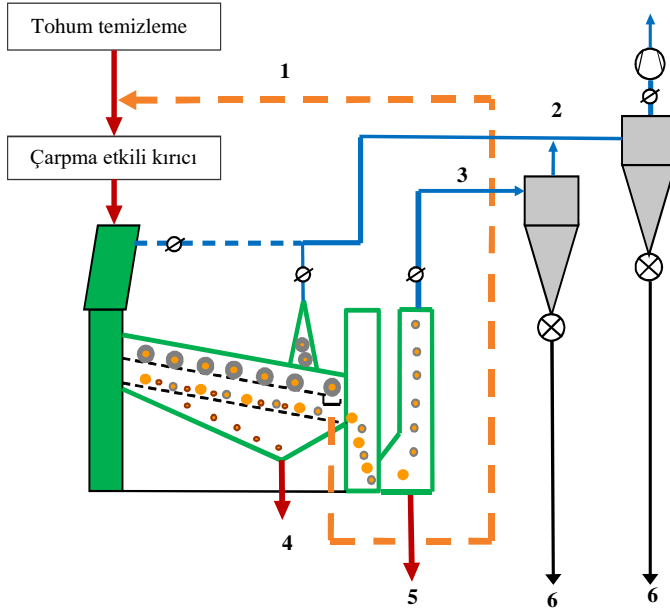
Şekil 2. 31. Çarpma Etkili Kabuk Kırma Makinası ve Akışkan Yataklı Ayırıcı (Techmachine, 1989)

Şekil 2.32' de görülen silindirik elek kabuk kırma makinasından çıkan karışımdaki ufalanmış kabuk ve iç parçacıkları içlerden ayrılır. Silindirik eleğe beslenen karışımdaki içlerden küçük olan parçacıklar eleğin deliklerinden alta geçerken, içler ise eleğin üzerinden bir dışarıya alınırlar.



Şekil 2.32. Silindirik Elek (Techmachine, 1989)

Şekil 2.33' de görülen ayırma düzeninde, çarpma etkili kabuk kırma makinasından çıkan karışımdaki kaba ve ince kabuklar, aspiratörlerle uzaklaştırılırlar. Buna rağmen birbirinden ayrılmamış kabuklar ile içler, ayrılmak üzere eleklerle gönderilirler. Kabuğu kırılmamış tohumlar, kabuklarının kırılması amacıyla yeniden kabuk kırma makinasına geri iletilirler.



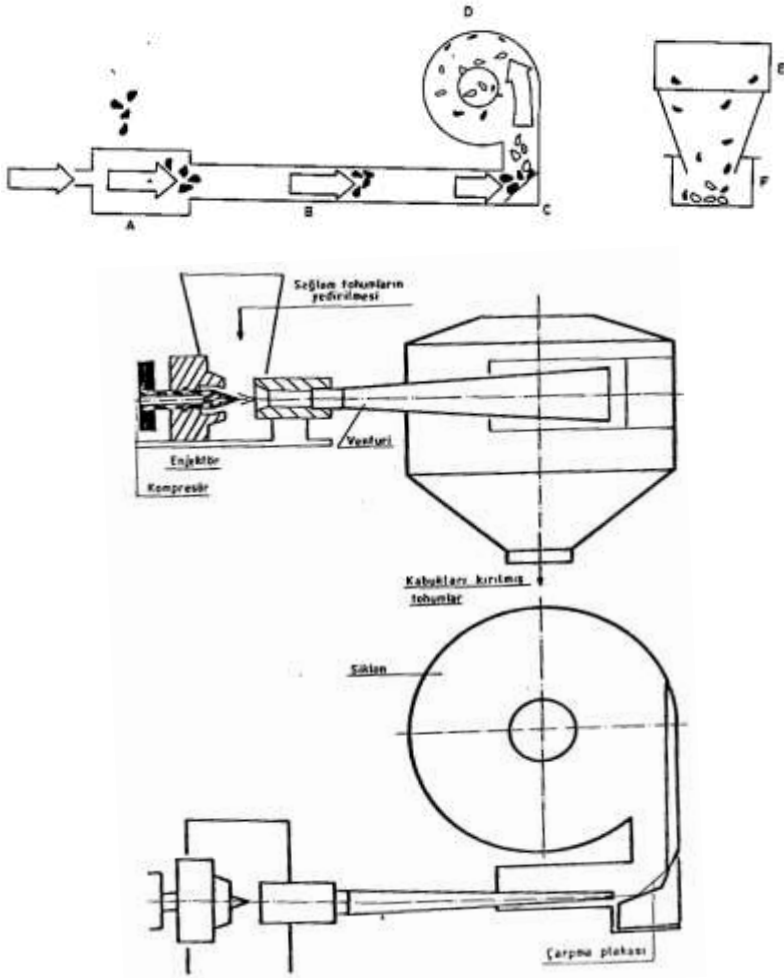
1. Kabuğu kırılmamış tohumların kabuk kırma ünitesine geri dönüşü, 2. Kaba kabuklar, 3. İnce kabuklar, 4. İnce içler (toz), 5. Kabuğu soyulmuş içler, 6. Eleklerle gönderilen kabuklar.

Şekil 2. 33. Ayırma Düzeninin Çalışma İlkesi (Bühler AG, 2014)

2.2.7. Pnömatik kabuk kırma makinaları

Pnömatik kabuk kırma makinaları, tohum kabuklarının yüksek basınçlı hava akımı ile kırılması ilkesine göre çalışırlar. Genel olarak kompresör, enjektör, hızlandırma borusu, çarpma plakası ve siklondan oluşurlar (Şekil 2.34). Çalışma ilkeleri; depodaki ayçiçeği tohumlarının kompresörün oluşturduğu ve enjektörden (A) basılan hava akımının önüne düşmeleri, buradan bir venturiye girerek hızlarının artması, daha sonra namlunun (B) içerisinde hızla ilerleyerek namlunun son kısmında bulunan çarpma plakasına (C) çarparak kabuklarının kırılması şeklindedir. Kabukları kırılan tohumlar, basınçlı hava akımının etkisiyle siklonun (D) içerisine girerler. Siklonun içerisine giren karışımdaki hafif içler ve kabuklar siklonun üst kısmından (E)

dışarıya alınırken daha ağır olan içler, kabuklar, zedelenmiş ve sağlam tohumlar ise alttaki toplama kabında (F) toplanırlar. Toplama kabındaki içlerin arasında bulunan kabuklar, zedelenmiş tohumlar, sağlam tohumlar, daha sonra elle ya da hava akımıyla içlerden ayrılırlar.



A. Enjektör, B. Namlu, C. Çarpma plakası, D. Siklon, E. Depo, F. Toplama kabı.

Şekil 2. 34. Pnömatik Kabuk Kırma Makinası ve Çalışma İlkesi (Göknur, 1990; Techmachine, 1989)

Kabuk kırma etkinliğinin artması için kabuğun gevrekliğinin artması gerekir. Bu amaçla tohumlara soğutma-ısıtma-soğutma şeklindeki ısıl işlemler uygulanmakta veya tohumlar belirli süre sıvı azot içerisinde bekletilmektedir.

Ancak sıvı azotun sağlanması güç olması, satın alma bedelinin yüksekliği ve tehlikeli olması gibi sakıncaları vardır. Tablo 2.1’ de çeşitli sürelerle soğutma-ısıtma-soğutma işlemleri uygulanmış ayçiçeği tohumlarıyla pnömatik kabuk kırma makinasında farklı hava basınçlarında ($6-8 \text{ kg cm}^{-2}$) yapılan bir denemenin sonuçları verilmiştir. Buna göre pnömatik kabuk kırma makinasında kompresör hava basıncının artması halinde kabuk kırma etkinliği artar. En düşük kabuk kırma etkinliği (% 73.9); 4 h süreyle $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de, 15 min süreyle $150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de ve 15 h süreyle $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de bekletilen tohumlarla 6 kg cm^{-2} basınçta çalışmadan; en yüksek kabuk kırma etkinliği (% 92.8) ise; 4 h süreyle $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de, 1 h süreyle $150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de ve 15 h süreyle $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de bekletilmiş tohumlarla 8 kg cm^{-2} basınçta çalışma koşulundan elde edilmiştir (Tablo 2.1).

Tablo 2. 1. Pnömatik Kabuk Kırma Makinasıyla Isıl İşlem Görmüş Ayçiçeği Tohumlarıyla Farklı Hava Basınçlarında Yapılan Kabuk Kırma Makinası Denemesi Sonuçları (Göknur, 1991; Molinard ve Ribailier, 1983)

Tohumlara uygulanan ısıl işlem	Hava basıncı (kg cm^{-2})	Kabuk kırma etkinliği (%)
4 h $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de + 15 min $150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de + 15 h $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de bekletme	6	73.9
4 h $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de + 30 min $150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de + 15 h $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de bekletme	6	80.3
4 h $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de + 1 h $150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de + 15 h $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de bekletme	7	83.3
4 h $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de + 30 min $150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de + 15 h $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de bekletme	8	89.2
15 h $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de + 1 h $150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de + 4 h $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de bekletme	8	90.2
4 h $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de + 1 h $150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de + 15 h $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ de bekletme	8	92.8

Göknur (1991) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, ısıl işlem görmemiş yağlık ayçiçeği tohumlarıyla 11.5 kg cm^{-2} hava basıncındaki pnömatik kabuk kırma makinasında kırıcı yüzeyi pürüzlü sac çarpma plakasıyla çalışmada; kabuk kırma etkinliğinin % 60 olduğu, ısıl işlem görmüş tohumlarla çalışmada ise kabuk kırma etkinliğinin % 90’ a ulaştığı bildirilmiştir.

3. YER FISTIĞI KABUK KIRMA MAKİNALARI

3.1. Yer Fıstığının Bazı Fizikomekanik Özellikleri

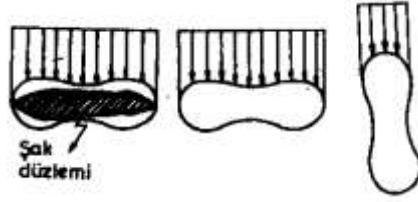
Yer fıstığı, baklagiller familyasından tek yıllık bir bitkidir. Tohumları, toprak altında köklerinde oluşur Kapsülü içerisinde genellikle 2-3 adet iç bulunur (Şekil 3.1). Yüksek oranda (% 45-60) yağ içeren tohumlarından kuru yemiş veya yağ çıkarma amacıyla yararlanılır. Kabuğun kırılmasından sonra içlerden ayrılan kabuklardan yem dolgu maddesi, yakacak, hayvan yetiştirmede altlık vb. çeşitli amaçlarla yararlanılır. Yer fıstığını üreten en büyük ülkeler, Çin ve Hindistan' dır.



Şekil 3. 1. Yer Fıstığı Bitkisi (Vectorstock,2023), Kapsülü, İçi ve Kabuğu

Akçalı, Çetinel ve Güzel' e (1988) göre yer fıstığı kapsülünün ortalama uzunluğu yaklaşık olarak 25-40 mm, eşdeğer çapı 13-18 mm; kabuksuz iç fıstığın ortalama uzunluğu 15-20 mm, çapı 7-10 mm ve kabuk kalınlığı ise 0.75-1 mm arasında değişir. Olajide ve Igbeka (2003) tarafından % 4.6 nem içeren yer fıstığı içinin ortalama uzunluğunun 11.21 mm, genişliğinin 7.56 mm, kalınlığının 6.93 mm, eşdeğer çapının 8.67 mm, küresellik derecesinin 0.76, hacminin 0.37 cm³, özgül ağırlığının 1.01 g cm⁻³, doğal yığılma açısının 17° ve galvanize çelik yüzey üzerindeki statik sürtünme katsayısının ise 0.47 olduğu belirtilmiştir.

Yer fıstığı kapsülünün şak düzlemine dik konumdaki kabuk kırılma direnci 3.02-10.06 daN, şak düzlemine paralel konumdaki kabuk kırılma direnci 2.67-7.12 daN ve boylamasına konumdaki kabuk kırılma direnci ise 2.43-6.68 daN arasında değişmektedir (Şekil 3.2) (Dursun Göknur, 1997).



Dik Paralel Boylamasına

Şekil 3. 2. Yer Fıstığı Tohumlarının Şak Düzlemine Göre Yüklenme Konumları (Akçalı vd., 1988; Dursun Gökür, 1997)

Bagheri, Payman ve Rahimi-Ajdadi' ye (2011) göre yer fıstığı kapsülünün şak düzlemine dik yöndeki kopma kuvveti, 6.1-8.6 daN arasında değişmektedir. İç fıstığın aynı yöndeki kopma kuvveti ise yaklaşık olarak 2-3 daN' dur. Bu değerler, tohum çeşidi ve nem içeriğine bağlı olarak değişir. İç yer fıstığında genel olarak kopma kuvveti, nem içeriği arttıkça artmakta ancak belirli bir değerden sonra azalmaktadır.

3.2. Yer Fıstığı Kabuk Kırma Makinalarının Sınıflandırılması

Yer fıstığı kapsülü kabuğunun kırılmasında, en ilkel yöntem olan elle veya basit el aletleriyle kabuk kırmadan başlayarak gelişmiş makinalara kadar çeşitli kabuk kırma makinalarından yararlanır. Yer fıstıkları elle kırıldığında zedelenmiş iç yüzdesi azalır. Ancak elle kabuk kırmanın zaman ihtiyacının ve işçilik giderlerinin artması, işin yorucu ve sıkıcı olması, uzun süreli çalışan işçilerde bazı sağlık sorunlarının ortaya çıkması gibi sakıncaları vardır. Elle çalışmadaki iş başarısı, koşullara göre değişmekle birlikte yaklaşık olarak 1-3 kg h⁻¹ kadardır. Makinayla çalışmanın birçok üstünlüğü bulunur. Kabuk kırmadan önce yer fıstığı kapsül nem içeriğinin % 5-10' a gelecek şekilde tav ya da ıslatma makinalarında ıslatılmaları önerilir. Bu sayede içlerin zarar görmeleri önlenir (Kaçmaz, 2006).

Güç kaynaklarına göre yer fıstığı kabuk kırma makinaları;

- Elle kas gücüyle çalıştırılanlar,
- Bir motordan hareketlendirilenler olmak üzere 2' ye ayrılırlar.

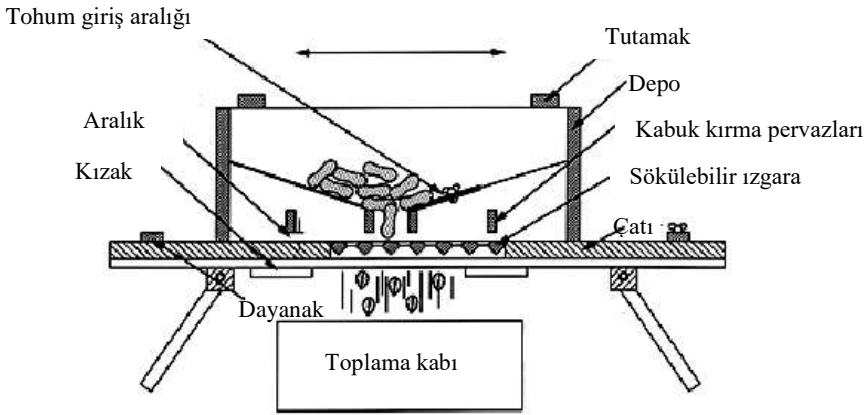
İşleyici parçalarının hareketine göre ise bu makinalar;

- Alternatif hareketliler ya da salınımlı tipler,
- Dönü hareketliler olmak üzere 2 grup altında toplanabilirler.

3.2.1. Alternatif hareketli ya da salınımlı yer fıstığı kabuk kırma makinaları

3.2.1.1. Elle çalıştırılan düz işleyici yüzeyli kabuk kırma makinası

Elle çalıştırılan alternatif hareketli ahşap yer fıstığı kabuk kırma makinası; depo, ızgara, toplama kabı, pervazlar, çatı, tutamak ve dayanaklardan oluşur (Şekil 3.3). Bu makinanın iş kalitesi, tohumların boyutlarından etkilendiğinden yer fıstıkları, kabuk kırmadan önce eleklerden geçirilerek sınıflandırılırlar.



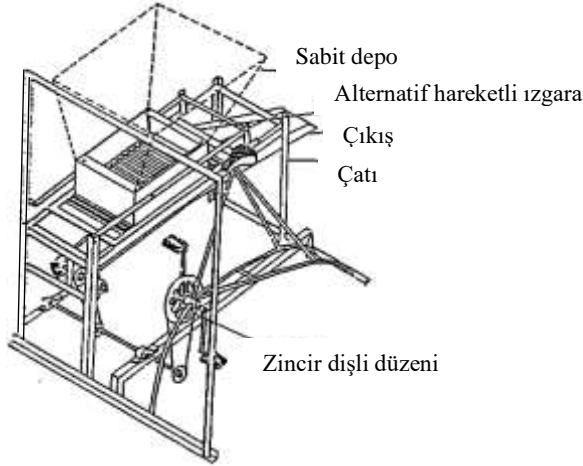
Şekil 3. 3. Elle Çalıştırılan Ahşap Yer Fıstığı Kabuk Kırma Makinası (Food and Nutrition Library, 1992)

Makinanın sağında ve solunda duran iki kişi, deponun her iki yanındaki tutamaklardan tutarak depoyu sağa ve sola doğru çekerek deponun hareket etmesini sağlarlar. Deponun alternatif ya da git-gel hareketi, çatının üzerinde bulunan 2 adet dayanakla sınırlandırılmıştır. Ahşap depoya doldurulan yer fıstığı kapsülleri, deponun alt kısmındaki giriş aralığından geçerek alttaki ızgaranın üzerine düşerler. Deponun alt kısmında kabuk kırma pervazları vardır. Izgara sabit, depo ve pervazlar alternatif hareketlidir. Pervazlar ile ızgara arasında kalan yer fıstığı kapsüllerinin kabukları, yer fıstıklarına karşı deponun sağa ve sola hareket ettirilmesi ve pervazlar ile ızgara yüzeyi arasında sıkışmalarının etkisiyle kırılırlar. Kabuğu kırılan içler, kabuklar, zedelenmiş içler vb.'leri ızgaranın açıklıklarından alta geçerek toplama kabında toplanırlar.

Bu makinada tohum besleme miktarı, giriş aralığı değiştirilerek ayarlanır. Izgaranın sökülebilir olması sayesinde farklı yer fıstığı çeşitlerinin kabukları kırılabilir. Çeşitli koşullara göre değişmekle birlikte makinanın iş verimi $21-42 \text{ kg h}^{-1}$, görünür zedelenmiş iç yüzdesi % 10 ve sağlam iç yüzdesi ise % 92-96 arasında değişir. Makinanın iş genişliğinin artırılması, iş verimini 2 kat artırırken, sağlam iç yüzdesi ise benzer düzeyde kalmaktadır.

3.2.1.2. Pedalla çalıştırılan düz işleyici yüzeyli kabuk kırma makinası

Makinanın işleyici parçası, ızgara tabanlı sabit bir depo ve alternatif hareketli bir ızgaradan oluşur (Şekil 3.4). Deponun içerisinde yay baskısı altında yerleştirilmiş olan kırıcı çubuklar vardır. Makina, pedalla çalıştırılır. İş kapasitesi, $40-80 \text{ kg h}^{-1}$ arasında değişir.

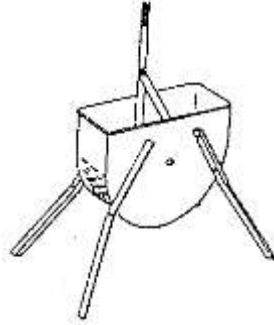


Şekil 3. 4. Alternatif Hareketli Izgaralı Yer Fıstığı Kabuk Kırma Makinası (Gore, Gupta ve Singh, 1990)

Makinanın yan tarafındaki oturakta oturan işçinin pedalları çevirmesiyle sabit deponun çubukları ile alttaki karşılıklı ya da alternatif hareketli ızgaranın arasında sıkışan yerfıstıklarının kabukları kırılır. Kabukları kırılan içler ve kabuklar makinanın altındaki çıkış ağzından dışarıya çıkarlar. İçler ve kabuklar, bir vantilatörün oluşturduğu hava akımı yardımıyla birbirinden ayrılabilirler.

3.2.1.3. Elle çalıştırılan yarı dairesel işleyici yüzeyli kabuk kırma makinası

Şekil 3.5' de görülen bu makina; depo, tel örgü elek ya da ızgara, kırıcı çubuklu salınımlı parça ve hareket kolundan oluşur (Gore vd., 1990). Depo, yarım daire yapısındadır. Sabit tel örgü elek, deponun alt kısmına yerleştirilmiştir. 6 adet çelik borudan yapılmış olan yarım daire şeklindeki salınımlı parça, hareket kolunun en alt kısmına bağlanmıştır. Bu parça, hareket koluna bağlı olarak salınım hareketi yapar.



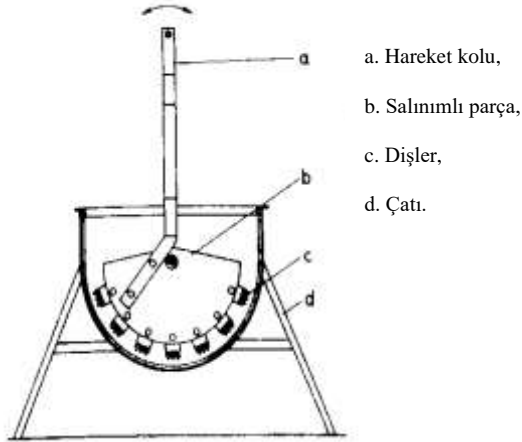
Şekil 3. 5. Elle Çalıştırılan Yarı Dairesel İşleyici Yüzeyli Yer Fıstığı Kabuk Kırma Makinası (Gore vd., 1990)

Makinanın çalışma ilkesi, deponun içerisine doldurulan yer fıstığı kapsüllerinin ortadaki hareket kolun bir işçi tarafından sağa ve sola hareket ettirilmesiyle birlikte kolun alt kısmındaki salınımlı parça ile sabit tel örgü eleğin arasında sıkışan kapsüllerin kabuklarının kırılması şeklindedir (Şekil 3.6). Kabukları kırılan içler, kabuklar, zedelenmiş içler gibi materyaller makinanın altında toplanırlar. Toplanan karışımdaki kabuklar, rüzgârla ya da fanlarla savrulurarak ayrılırlar. Basit yapılı olan bu makina, küçük işletmelere yöneliktir. Bu makinayla yapılan bir araştırmaya göre iki işçiyle 100 kg yer fıstığı kapsülünün kabuğu 28 dakikada kırılmaktadır. Bir başka deyişle iş verimi, 214.2 kg h^{-1} dir. Aynı miktardaki yer fıstığının kabuğu, iki işçi tarafından elle 64 saatte kırılabilir. Buna göre elle kabuk kırmadaki iş verimi, 1.56 kg h^{-1} dir. Makinadan çıkan sağlam iç miktarı 69.56 kg, kabuğu kırılmamış kapsül miktarı ise 2.72 kg' dır. Sağlam iç yüzdesi % 64, zedelenmiş iç yüzdesi % 34, kabuk yüzdesi % 0.7 ve yabancı madde yüzdesi ise % 1 olarak bulunmuştur (Selon Les Pays, 1967).



Şekil 3. 6. Elle Çalıştırılan Yer Fıstığı Kabuk Kırma Makinasında İşçiler Tarafından Kabukların Kırılması (Selon Les Pays, 1967)

Kabir ve Fedele (2017) tarafından ise elle çalıştırılan bir salınımlı yer fıstığı kabuk kırma makinasının alt kısmında dişli pervazları bulunan salınımlı parça, sabit elek ya da ızgara, hareket kolu ve çatıdan oluştuğu belirtilmiştir (Şekil 3.7). Şekil 3.7’ de görülen makinanın çalışma ilkesi, hareketli koldan tutularak yarım daire dilimi şeklindeki dişli pervazlı salınımlı parçanın hareketlendirilmesi ve bu sayede sabit elek ile salınımlı parça arasında sıkışan yer fıstıklarının kabuklarının kırılması şeklindedir.



Şekil 3. 7. Elle Çalıştırılan Salınımlı Yer Fıstığı Kabuk Kırma Makinası (Kabir ve Fedele, 2017)

3.2.1.4. Motordan hareket alan yarı dairesel işleyici yüzeyli kabuk kırma makinası

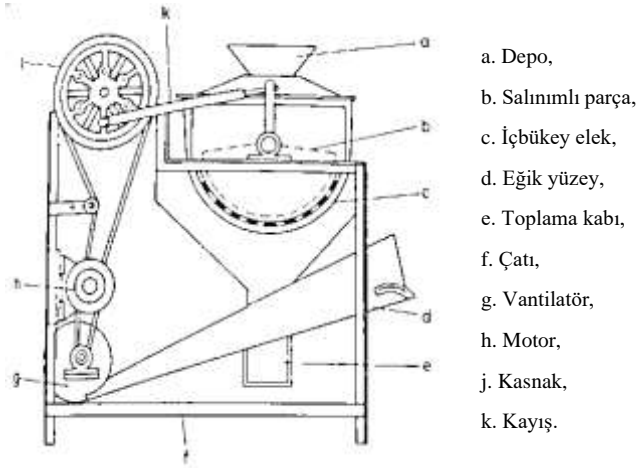
Salınımlı hareketli kabuk kırma makinaları, özellikle yer fıstığı kapsüllerinin kabuklarının kırılmasında kullanılırlar. Elle çalıştırılan ya da bir motordan hareket alan çeşitli tipleri vardır (MBoya, 2005). Yapısal olarak üst kısımda yer alan üzerinde dişler bulunan salınımlı dışbükey parça, bu parçanın alt kısmında yer alan sabit içbükey elek, çatı, tutacak, hareket iletim düzeni gibi parçalardan oluşurlar.

Çalışma ilkeleri; salınımlı dışbükey lastik ya da kauçuk parça ve bunu saran içbükey sabit elek arasındaki aralığa giren kapsüllerin, dışbükey parçanın üzerindeki dişlere göre karşı yönde hareket etmeleri sonucunda kabukların giderek artan şekilde kırılmaları şeklindedir. Kabuk kırma, darbe ve kesme kuvvetlerinin etkisi altında gerçekleşir. Kabuğu kırılan içler ve kabuklar, içbükey eleğin altından aşağıya düşerler (Şekil 3.8).



Şekil 3. 8. Salınımlı Yer Fıstığı Kabuk Kırma Makinasının Çalışma İlkesi (Pinson vd., 2014)

Şekil 3.9’ da, 0.75 kW gücündeki bir elektrik motorundan hareket alan salınımlı tip yer fıstığı kabuğu kırma makinası gösterilmiştir. Bu makinanın hem kabuk kırma hem de ayırma düzeni vardır. Makina; depo, salınımlı parça, içbükey elek, vantilatör, hareket iletim düzeni ve çatıdan oluşur. Motor milinin dönü hareketi, alternatif harekete çevrilerek salınımlı parçanın salınım hareketi yapması sağlanır. Depodan beslenen yer fıstığı tohumlarının kabukları, salınımlı parça ile yuvarlak delikli sacdan yapılan içbükey eleğin arasında sıkıştırılarak kırılır. Çıkan karışımdaki kabuklar, vantilatör sayesinde ayrılır. İçler, toplama ağzından dışarıya alınır.



Şekil 3. 9. Motordan Hareket Alan Salınlı Yer Fıstığı Kabuk Kıırma Makinası (Asiedu, 1989)

Makinanın besleme miktarı, kabuk kırma etkinliği üzerinde etkilidir. Salınlı parça ile içbükey elek arasındaki aralık miktarı ayarlanabilir. Makinanın iş kapasitesi, 260-400 kg h⁻¹ arasında değişir. Kabuk kırma etkinliği ortalama olarak % 95, zedelenmiş tane yüzdesi % 4.5 ve temizleme etkinliği ise % 98' dir.

3.2.2. Dönü hareketli yer fıstığı kabuk kırma makinaları

3.2.2.1. Sincap kafesli kabuk kırma makinası

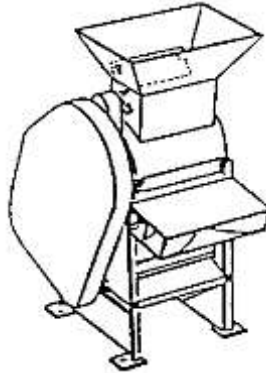
Elle çalıştırılan bu makinanın yalnızca kabuk kırma düzeni olan ve hem kabuk kırma düzeni hem de ayırma düzeni bulunan olmak üzere 2 tipi vardır (Şekil 3.10). Makinanın işleyici parçası, batör-kontrbatörden oluşur. Batör dönü hareketli, kontrbatör ise sabittir. Batörün dönü hareketi, bir hareket kolunun elle çevrilmesiyle sağlanır. Depodan batör-kontrbatörün arasına beslenen yer fıstığı kapsüllerinin kabukları, batör-kontrbatör arasında sıkıştırılmaları ve batörün dönü hareketi yapması sayesinde kırılırlar. Ayırma düzeni olmayan makinada, kabuklar daha sonra hava akımının etkisiyle içlerden ayrılırlar. Ayırma düzeni olan makinada ise vantilatörün oluşturduğu hava akımının önüne düşen kabuklar bir kanaldan dışarıya alınırken daha ağır olan içler ise ayrı bir toplama kanalından dışarıya alınır.



Şekil 3. 10. Elle Çalıştırılan Sincap Kafesli Batörlü Yer Fıstığı Kabuk Kırma Makinaları (Selon Les Pays, 1967)

3.2.2.2. Otomatik yer fıstığı kabuk kırma makinası

Otomatik yer fıstığı kabuk kırma makinası; depo, besleme silindiri, batör-kontrbatör, vantilatör, çatı ve hareket iletim düzeninden oluşur (Şekil 3.11). Deponun içerisinde nervürlü besleme silindiri bulunur. Besleme silindirinin görevi, kabuklu yer fıstıklarını kabuk kırma düzenine doğru iletmektir. Kabuk kırma düzeni, dönü hareketli esnek batör ve delikli çelik elekten yapılmış olan silindirik kontrbatörden oluşur. Kabukları kırılan içler ve kabuklar kontrbatörün deliklerinden aşağıya bir tel örgünün üzerine düşerler. Vantilatörün tel örgünün alt kısmından oluşturduğu hava akımı sayesinde kabuklar dışarıya alınırlar. Vantilatör tarafından üretilen hava akımının hızı ve debisi, kabukları dışarıya atacak ancak içleri ise tel örgünün üzerinden dışarıya alacak büyüklükte olmalıdır.



Şekil 3. 11. Otomatik Yer Fıstığı Kabuk Kırma Makinası (Gore vd., 1990)

Gore vd. (1990) tarafından geliştirilen benzeri bir diğer otomatik yer fıstığı kabuk kırma makinasının işleyici parçası, pervazlı batör ve batörün ½' sini saran tel örgü ya da ızgara şeklindeki kontrbatörden oluşur (Şekil 3.12). Izgaralı kontrbatörün 9 mm aralıklarla yerleştirilmiş radyal çubukları bulunur. İşleyici yüzeyi kaplı olmayan pervazlı batörle çalışma koşulunda zedelenmiş iç yüzdesi arttığından batör pervazlarının işleyici yüzeyleri kauçukla kaplanmıştır. Batör dönü hareketli, kontrbatör ise sabittir. Depodaki yer fıstığı kapsüllerinin kabukları, batör-kontrbatör arasına beslenmeleri ve bu aralıkta sıkıştırılmaları ve batörün dönü hareketi yapması sayesinde kırılırlar.



Şekil 3. 12. Batör, Tel Örgü ve Izgara Tipi Kontrbatörler (Gore vd., 1990)

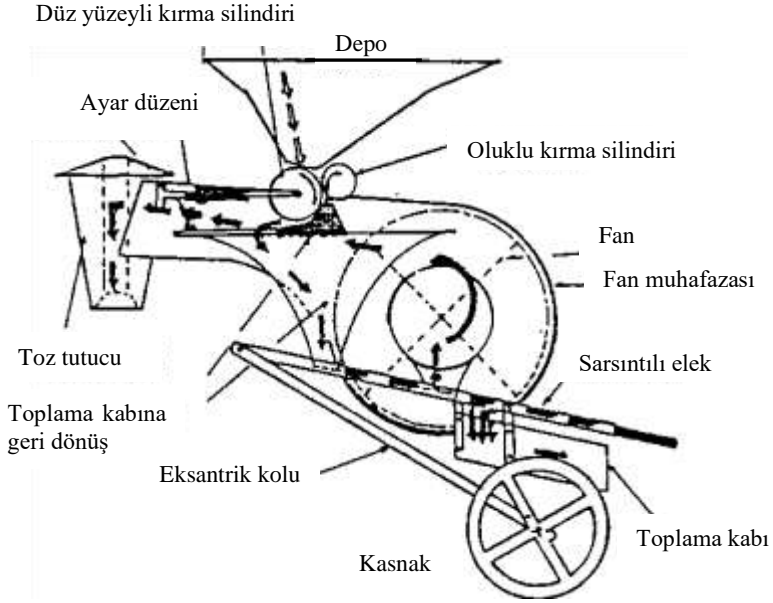
Bu makinayla çalışmada önerilen batör dönü sayısı 208 min^{-1} ve bu koşuldaki batör mili dönü sayısı ise 180 min^{-1} dır. Yer fıstığı kapsülleri için önerilen nem içeriği, % 10-15' dir. Makinanın kabuk kırma etkinliği % 96.04-98.10, zedelenmiş tohum yüzdesi % 5.16-17.92 arasında değişir. İş verimi ise $280 \text{ kg-ıç fıstık h}^{-1}$ dır (Gore vd., 1990).

3.2.2.3. Çift silindirli kabuk kırma makinası

Makinanın kabuk kırma ve ayırma düzeni vardır. Kabuk kırma düzeni, farklı çaplara sahip olan ve birbirine göre ters yönde dönü hareketi yapan iki adet silindirden oluşur (Şekil 3.13). Büyük çaplı silindir düz yüzeyli, küçük çaplı silindir ise olukludur. Silindirler arasındaki aralık miktarı, ayarlanabilir. Ayırma düzeni, bir vantilatör ve sarsıntılı elekten oluşur.

Makinanın çalışma ilkesi, depoya doldurulan yer fıstıklarının kabuklarının silindirlerin arasından geçerlerken ovalama etkisiyle kırılması şeklindedir. Kabukları kırılmış olan karışımdaki toz ve kabuklar, bir vantilatör tarafından oluşturulan hava akımı sayesinde ayrılırlar. İçler ve kabuğu kırılmamış tohumlar ise sarsıntılı eleğin üzerine gelirler. İçler, eleğin altına

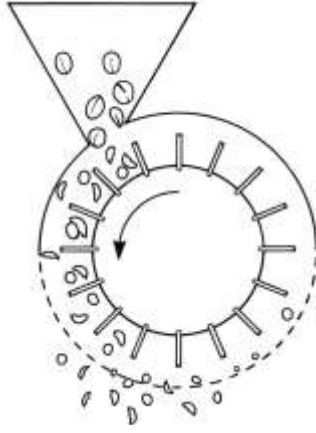
geçerler. Kabukları kırılmamış yer fıstıkları ise eleğin üzerinden dışarıya alınır. Makinanın iş verimi, 30 kg h^{-1} ' dir. 2.2 kW gücündeki elektrik motorundan hareket alır.



Şekil 3.13. Çift Silindirli Yer Fıstığı Kabuk Kırma Makinası (Gore vd., 1990)

3.2.2.4. Parmaklı batör ve delikli kontrbatörlü kabuk kırma makinası

Parmaklı batörlü kabuk kırma makinaları, genellikle kabuk kırılma dirençleri daha az olan ayçiçeği ve yer fıstığında tercih edilirler. Kırma ünitesi, parmaklı batör ve delikli kontrbatörden oluşur (Şekil 3.14). Batör parmakları, ahşap ya da çelikten olabilir. Besleme düzeni tarafından kırma düzenine iletilen yer fıstığı kapsülleri, dönü hareketli batör parmaklarının çarpma etkisiyle birlikte batör-kontrbatör arasında batörle birlikte dönü hareketi yaparlar. Parmakların tohumlara uyguladıkları darbe etkisi, santrifüj etkili kabuk kırma makinasındaki çarpma etkisi kadar şiddetli değildir. Bu makinalarla kabukları kolayca kırılabilen tohumlarla çalışmada, düşük batör dönü sayılarında dahi başarılı sonuçlar alınmaktadır. Kabuğu kırılan içler ve kabuklar, kontrbatörün alt kısmındaki deliklerden aşağıya düşerler (Pinson vd., 2014).

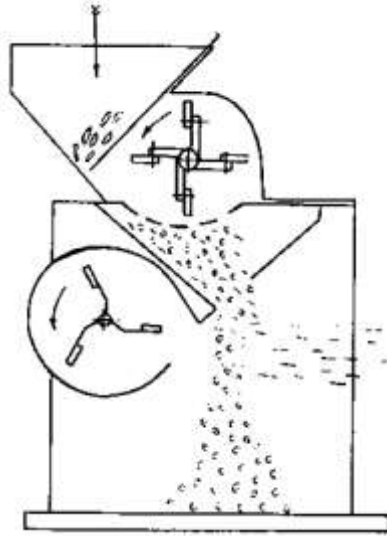


Şekil 3. 14. Parmaklı Batör-Delikli Kontrbatörlü Kabuk Kırma Makinası (Pinson vd., 2014)

3.2.2.5. Ahşap kanatlı batör ve ızgara kontrbatörlü kabuk kırma makinası

Kabuk kırma ve ayırma düzenleri bulunan bu makina, bir elektrik motorundan hareket alır (Şekil 3.15). Pervane tipindeki batör, ahşaptan yapılan 730x90 mm ölçüsündeki kanatlar oluşur. 4 adet kanadı bulunan batörün uzunluğu 730 mm' dir. Kontrbatör ise 80x25 mm' lik 24 adet lama ile 2 adet köşebentten yapılmış olan ızgara şeklindedir. Kontrbatörün batörü sarım açısı, 270°' dir. Ayırma düzeni, bir vantilatör ile sarsıntılı elekten oluşur. Vantilatörün 740x100 mm boyutlarında 3 adet ahşap kanadı vardır. Motorun hareketi bir eksantrik mekanizmasıyla sarsıntılı eleğe hareket iletilir. Eleğin stroğu, 350 adet min⁻¹' dir. Tel dokuma eleğin, 10x10 mm ölçülerinde açıklıkları vardır (Kadayıfçılar ve Uslu, 1981).

Makinanın çalışma ilkesi, batörün dönmesiyle birlikte besleme ağzından batörün kanatları arasındaki boşluktan batörün merkezine doğru düşen yer fıstığı kapsüllerinin daha sonra santrifüj kuvvetin etkisiyle çevreye doğru savrulmaları, batör kanatları ile kontrbatör ızgaraları arasında kabuklarının kırılması şeklindedir. Kabuğu kırılan tohumlar, kontrbatörün açıklıklarından alta geçerek sarsıntılı eleğin üzerine düşerler. Bu sırada vantilatörün oluşturduğu hava akımının etkisiyle kabuklar ayrılırlar. İç fıstıklar, eleğin aralıklarından geçerek alta düşerler. Elek altına geçemeyecek büyüklükteki kabuğu kırılmayan yer fıstığı kapsülleri ise elek üzerinden dışarıya alınırlar.



Şekil 3. 15. Ahşap Kanatlı Batör ve Izgaralı Kontrbatörlü Kabuk Kırma Makinası (Kadayıfçılar ve Uslu, 1981)

Kadayıfçılar ve Uslu (1981) tarafından bu makinayla yapılan denemeler sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır. Buna göre;

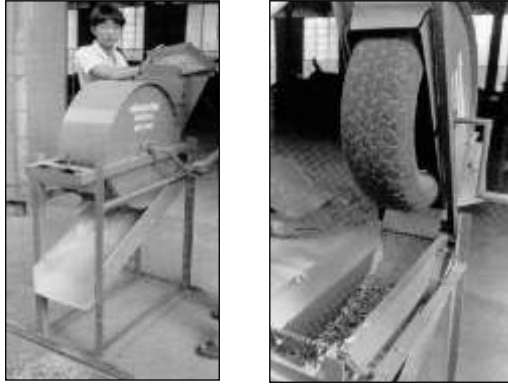
- Yer fıstığı kapsüllerinin ölçüleri, besleme ağzının açıklığı, fıstıkların daha önceden sınıflandırılmış olup olmaması makinanın etkin çalışması yönünden önemlidir.
- Kabuk kırma etkinliği ve fıstıkların ortadan ayrılma özellikleri üzerinde yer fıstığı kapsülü kabuğunun ve içinin nem içeriği etkilidir. Önerilen kabuk nem içeriği, % 25-30' dur.
- En uygun çalışma koşulunda batör dönü sayısı 350 min^{-1} , vantilatör dönü sayısı 1000 min^{-1} ; batör-kontrbatör arası aralık miktarı 35 mm ve kontrbatör ızgara lamaları arasındaki aralık miktarı 10 mm' dir. Bu koşulda, makinanın kabuk kırma etkinliği % 91, ortalama iş verimi 140 kg h^{-1} ve güç gereksinimi ise 2.1 kW' dır.

3.2.2.6. Lastik tekerlekli kabuk kırma makinası

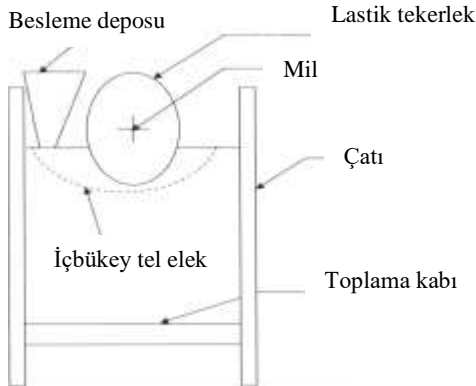
Elle çalıştırılan lastik tekerlekli yer fıstığı kabuk makinasının işleyici parçası, aşınmış eski lastik tekerlek ile bunu 1/2 oranında saran içbükey tel elekten oluşur (Şekil 3.16). Bu makinada kullanılacak lastik tekerleğin dişleri belirgin ise kapsüllerin kaymalarını engellemek ve tutunmayı artırmak için

dişlerin kesilmesi önerilmektedir. Bu amaçla iç lastik ya da jant da kullanılabilir. İç lastiğin kullanım amacı, uygun lastik hava basıncının sağlanmasıdır. Chinsuwan (1983) tarafından yapılan bir araştırmada, 0.35-0.84-1.26 kg cm⁻² lastik hava basınçlarının 2 çeşit yer fıstığı kapsülü kabuğunun kırılması üzerindeki etkisini araştırmıştır. Araştırma sonucunda, besleme miktarına göre lastik hava basıncının ve aralık miktarının kabuk kırma etkinliği ve zedelenme miktarı üzerinde daha fazla etkili olduklarını belirlemişlerdir.

Lastik tekerlek ile içbükey tel elek (11x11 mm) arasındaki aralık miktarı; giriş ve çıkışta fazla, ortada ise daha azdır (MBoya, 2005). Lastik tekerlek ile içbükey tel elek arasındaki aralık miktarı, lastik tekerleği düşey yönde hareket ettirilmesiyle değiştirilir (Şekil 3. 17).



Şekil 3. 16. Makinanın Genel Görünümü ile Kabuk Kırma Düzeni (Marchand, 1986)



Şekil 3. 17. Lastik Tekerlekli Kabuk Kırma Makinası (MBoya, 2005)

Besleme deposuna doldurulan yer fıstığı kapsülleri, lastik tekerlek ile içbükey tel dokuma elekten oluşan kabuk kırma düzenine düşerler. Lastik tekerlek, bir kolun elle çevrilmesiyle hareketlendirilir. Dönü hareketli lastik tekerlek ile içbükey tel dokuma elek arasında sıkışan yer fıstığı kapsüllerinin kabukları sürtünme veya ovalama etkisiyle kırılırlar. Kabukları kırılan içler ve kabuklar, içbükey tel eleğin açıklıklarından aşağıya düşerler.

Lastik tekerlek sayesinde zedelenmiş iç yüzdesi azalır. Kuru yemişlik yer fıstığı içlerinin şak düzlemine paralel yönde ikiye bölünmesi, ürünün ekonomik değerini düşürür. Kabuk kırma etkinliği üzerinde lastik tekerleğin hava basıncı, lastik tekerlek ile içbükey tel elek arasındaki aralık miktarı, içbükey tel dokuma elek özellikleri ve besleme miktarı etkilidir.

4. FINDIK KABUK KIRMA MAKİNALARI

4.1. Fındığın Bazı Fizikomekanik Özellikleri

Sert kabuklu meyvelerden birisi olan fındığın anavatanı ülkemizdir. Türkiye, Dünya fındık üretiminde birinci sırada yer alır (Güner, E. Dursun ve İ. G. Dursun, 2003). Fındık bitkisi, 3-5 m boyunda boylanabilen çalı formunda bir ağaççıktır. Fındığın sert kabuklu meyvesinin üzeri, yeşil renkli etli bir dış kabukla ya da zurufla sarılmıştır (Şekil 4.1). Zuruf, harman döneminde kahverengi renk alır. Harmandan sonra geriye kalan zuruflar, kompost olarak değerlendirilebilir. Fındık bitkisinde, üzerinde birçok fındık bulunan dala “çotanak” adı verilir (Türk Dil Kurumu, 2019). Zurufun meyveli şekli olan çotanaklar; tekli, ikili, üçlü, dördü, beşli, altılı veya yedili sayıda olabilirler (Yıldız, 2020).

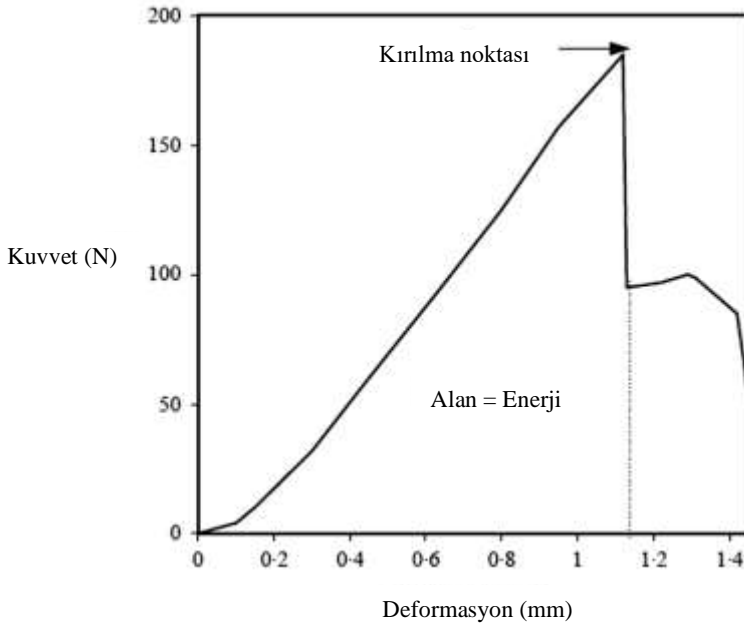


Şekil 4. 1. Fındık Çotanağı ve Zurufu (Şeker, 2021)

Ülkemizde yetiştirilen başlıca fındık çeşitleri; yuvarlak (tombul), sivri ve badem fındıklar olmak üzere 3 grup altında toplanırlar. Yuvarlak fındıkların uzunluk, genişlik ve kalınlıkları birbirine yakındır (Giresun Ticaret Borsası [GTB], 2021). Küresellik dereceleri, % 85-95 arasında değişir. Sivri ve badem fındıkların uzunlukları, genişlik ve kalınlıklarından daha fazladır (GTB, 2021). Söz konusu fındık çeşitlerinin küresellik dereceleri, yuvarlak fındıklardan daha azdır. Badem fındıkların uzunlukları, sivri fındıklardan daha fazladır (GTB, 2021). Kabuk kırmaya uygunluk yönünden en elverişli çeşitler yuvarlak fındıklar, en elverişsiz çeşitler ise badem fındıklardır (GTB, 2021). Kabuklu yuvarlak fındıkların uzunlukları ortalama 17-18 mm, genişlikleri 17 mm; kabuklu sivri fındıkların uzunlukları 20-21 mm, genişlikleri 14-15 mm;

kabuklu badem fındıkların uzunlukları 24-25 mm ve genişlikleri ise 15 mm kadardır (Terme Ticaret Borsası, 2016). Fındık kabuğunun kalınlığı, ortalama olarak 1-1.5 mm arasında değişir. İnce kabuklu ve içe yapışmamış fındıkların kabukları daha kolay kırılır.

Fındık kabuğunun kırılması için gereken kuvvetin büyüklüğü üzerinde kabuğun kalınlığı, nem içeriği, kuvvetin uygulanma şekli ve yeri gibi faktörler etkilidir. Güner vd. (2003) tarafından nem içeriği % 6-18 arasında değişen bazı fındık çeşitleriyle (Acı Fındık, Çakıldak, Tombul, Güney Karası) yapılan bir araştırmada, kabuklu fındığın kuvvet-deformasyon eğrisinin Şekil 4.2' de görüldüğü gibi değiştiği açıklanmıştır.



Şekil 4. 2. Kabuklu Fındıkta Kuvvet-Deformasyon Eğrisi (Güner vd., 2003)

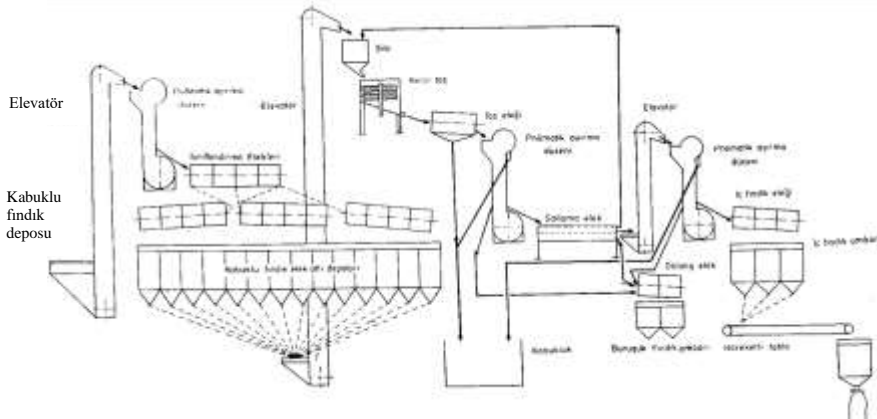
Şekil 4.2' ye göre fındığa uygulanan sıkıştırma kuvvetinin artmasına bağlı olarak kırılma noktasına kadar deformasyonun artmaktadır. Kırılma noktasına karşı gelen sıkıştırma kuvveti, yaklaşık olarak 18.5 daN kadardır. Bu noktadan sonra uygulanan kuvvet, hızla azalır. Kuvvet-deformasyon eğrisinin altında kalan alanın büyüklüğü, kırılma enerjisine karşılık gelir.

4.2. Fındık Kabuk Kırma Makinalarının Sınıflandırılması

Fındık kabuk kırma makinaları;

- Diskli (taşlı) kabuk kırma makinaları,
- Silindirli kabuk kırma makinaları,
- Çarpırtmalı kabuk kırma makinaları,
- Konik kabuk kırma makinaları,
- Diğer kabuk kırma makinaları şeklinde sınıflandırılabilir.

Fındık kabuğunu kıran tesislerde, kabuk kırma makinaları ile temizleme ve sınıflandırma düzenleri bir arada kullanılırlar Fındıklar, hem kabukları kırılmadan önce hem de kabukları kırıldıktan sonra temizleme ve sınıflandırma işlemlerine tabi tutulurlar (Şekil 4.3).



Şekil 4. 3. Bir Fındık Kabuk Kırma Tesisindeki İş Akışı Şeması (Pınar ve Beyhan, 1990)

Şekil 4.3' den anlaşılacağı gibi fındık kabuk kırma tesisi başlıca 7 parçadan oluşur:

- Kabuklu fındıkları sınıflandıran döner elekler,
- Kabuk kırma makinası,
- Pnömatik ayırma düzeni,
- Sarsıntılı elek,
- İç fındıkları sınıflandıran döner elek,
- Buruşuk fındıkları sınıflandıran döner elek,
- Hareketli tabladır.

Şekil 4.3' de görülen tesiste önce depodaki kabuklu fındıklar, elevatör tarafından pnömatik ayırma düzenine iletilirler. Pnömatik ayırma düzeninde bulunan kabuklu fındıklardan daha hafif olan yabancı maddeler ayrılırlar. Kabuklu fındıklar, buradan çaplarına göre sınıflandırılmak üzere yuvarlak delikli döner eleklerle iletilirler. Yatay düzleme göre belirli bir açı altında yerleştirilmiş olan döner sınıflandırma eleklerinin dönü sayıları $9-11 \text{ min}^{-1}$ arasında değişmektedir. Kabuklu fındıklar burada 12.5-18.5 mm arasında olmak üzere 0.5 mm' lik aralıklarla çaplarına göre sınıflandırılırlar. Sınıflandırılan kabuklu fındıklar, elek altı depolarında ayrı ayrı toplanırlar. Her bir sınıftaki kabuklu fındıklar, elevatörlerle siloya iletilirler. Kabuklu fındıklar buradan kabuk kırma makinasının diskleri arasına beslenirler. Diskli (taşlı) kabuk kırma makinasının sabit üst disk ve dönü hareketli alt disk olmak üzere 2 adet diski vardır. Kabuklu fındıklar, üstteki sabit diskin göbeğinden beslenirler. Sabit ve dönü hareketli disklerin arasına giren fındıkların kabukları, bu aralıktan geçerlerken kırılır. Kabuk kırma makinasından çıkan sağlam iç fındıklar, zedelenmiş iç fındıklar (vurgun + kırık + ezik), buruşuk fındıklar (cılız + yüzeyi kırılmış + şekli bozuk), kabuğu kırılmamış sağlam fındıklar, kabuklar ve tozlar, temizleme ve sınıflandırma düzenlerine iletilir. Vurgun iç fındık; üzerinde çapı 2 mm' den ve derinliği 1 mm' den fazla yara olan fındık, kırık iç fındık ise $1/3$ ' ünden fazlası kopmuş olan fındık olarak tanımlanır (Pınar ve Beyhan, 1990). Bu iç fındıklar, 5 mm çaplı yuvarlak delikli eleğin üzerinde kalan fındıklardır. Kabuk kırma makinasından çıkan materyaller, döner toz eleğine gelirler. Döner toz eleğinde ayrılan hafif materyaller, kabukluğa iletilirler. Toz eleğinden çıkan diğer materyaller ise 1. pnömatik ayırma düzenine gelirler. 1. pnömatik ayırma düzeninde hava akımının etkisiyle ayrılan kabuklar kabukluğa, buruşuk fındıklar oblong delikli döner eleğe diğerleri (sağlam iç fındıklar, zedelenmiş iç fındıklar, kabuklu sağlam fındıklar ve buruşuk fındıklar) ise sarsıntılı eleğe gönderilirler. Sarsıntılı eleğin üzerinde kalan sağlam kabuklu fındıklar ile yarım kırılmış fındıklar, kabukları kırılmak üzere kabuk kırma makinasına geri gönderilirler. Buruşuk fındıklar, oblong delikli döner eleğe iletilirler. İç fındıklar ise bir elevatörle 2. pnömatik ayırma düzenine gönderilirler. 2. pnömatik ayırma düzeninde hava akımının etkisiyle ayrılan kabuklar kabukluğa, buruşuk fındıklar ise oblong delikli döner eleğe iletilirler. Buruşuk fındıklar, oblong delikli döner elek tarafından iki sınıfa ayrılırlar. İç fındıklar, döner iç fındık eleğine gönderilerek sınıflandırılırlar.

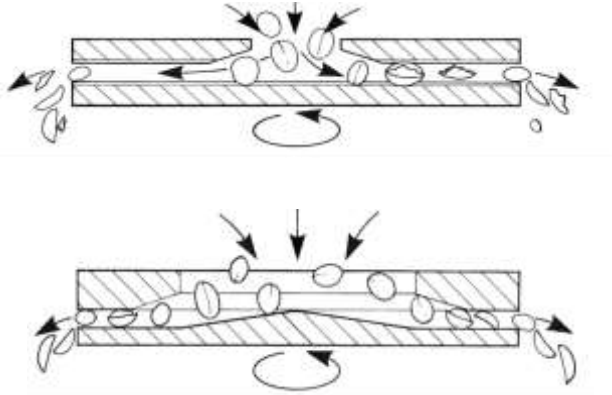
Sınıflandırılan iç fındıklar, iç fındık ambarında toplanırlar. Hareketli bir tablanın üzerinden geçirilen iç fındıkların arasında kalan bozuk fındıklar işçiler tarafından elle ayrılırlar. Son olarak iç fındıklar, çuvallara doldurulurlar. Bu tesisinin iş verimi, 1000-1500 kg h⁻¹ arasında değişir (Pınar ve Beyhan, 1990).

4.2.1. Diskli kabuk kırma makinaları

Diskli ya da taşlı kabuk kırma makinaları; küresellik derecesi yüksek, kabuğu kolayca çatlamayan, gevrek kabuklu, hafif bir baskı ve ovalama kuvvetiyle kabuğu kırılabilen fındık, ayçiçeği tohumu ve küçük yer fıstığı kapsülleri gibi ürünlerin kabuklarının kırılmasında kullanılırlar. Diskli kabuk kırma makinalarına göre çarpma etkili ve parmaklı batörlü kabuk kırma makinalarıyla çalışmada, kabuklar çarpma kuvvetiyle kırıldıklarından içler daha fazla zarar görürler. Buna karşılık ayçiçeği tohumlarının ve yer fıstığı kapsüllerinin diskli kabuk kırma makinalarıyla kabuklarının kırılmasındaki makinanın performansı, çarpma etkili kabuk kırma makinalarıyla kırılmalarındaki makinanın performansından daha azdır. Diskli kabuk kırma makinalarının performansları üzerinde ürün nem içeriği, diskler arası aralık miktarı, diskin dönü sayısı, işleyici yüzeyin yapısal özellikleri (malzeme çeşidi, sertlik derecesi, sürtünme katsayısı, pürüzlülüğü, dayanımı) ve konik aralığın şekli gibi bazı faktörler etkilidir (Pinson vd., 2014).

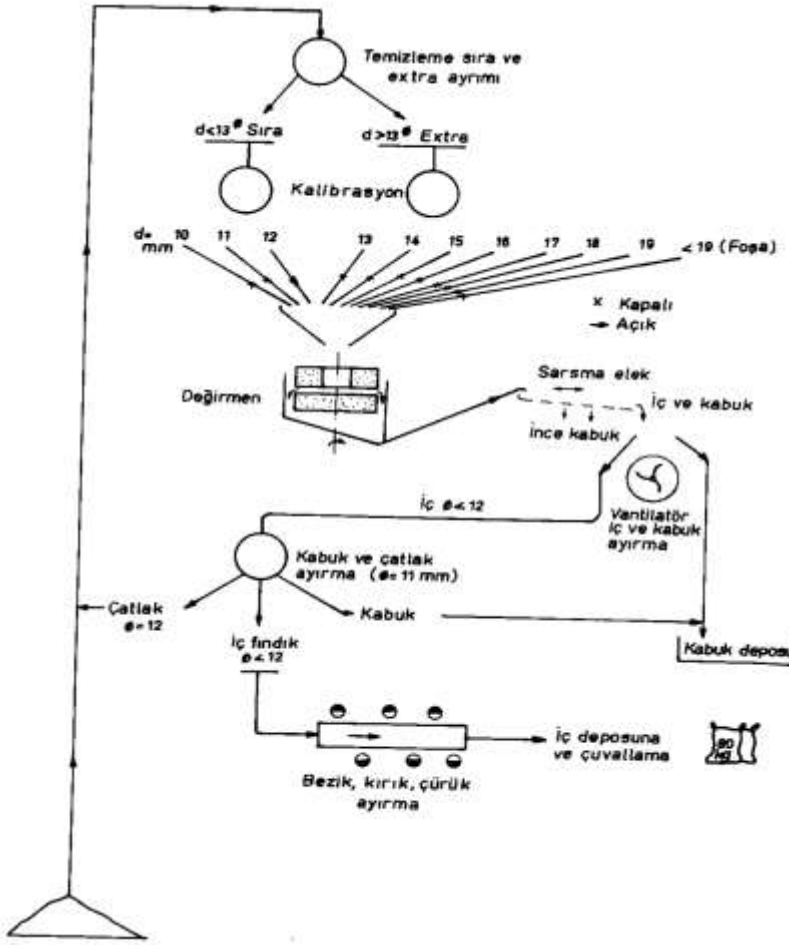
Diskli kabuk kırma makinalarının işleyici parçaları, eş merkezli sabit üst disk ve dönü hareketli alt disk olmak üzere 2 adet diskten oluşur. Paralel ve konik aralıklı diskli olmak üzere başlıca 2 tipi vardır. Paralel diskli kabuk kırma makinalarında ürünün giriş ve çıkış aralıkları eşittir. Konik aralıklı diskli kabuk kırma makinalarında ise ürünün giriş aralığı, çıkış aralığından daha fazladır (Şekil 4.4). Aynı zamanda giriş aralığı kabuklu fındığın çapından, çıkış aralığı ise iç fındığın çapından daha büyüktür. Bu sayede içlerin zarar görmesi engellenir.

Genel olarak diskli kabuk kırma makinalarının çalışma ilkeleri, diskin merkezinden beslenen fındıkların disklerin arasından geçerlerken ovalama ve sıkıştırma etkisiyle kabuklarının kırılması şeklindedir. Disklerin işleyici yüzeylerinin yivli olması sayesinde kabuklar kolayca kırılırlar. Ancak disklerin arasına çeşitli metal parçalarının veya taşların sıkışması halinde disk yüzeyleri hasar görebilir.



Şekil 4. 4. Paralel ve Konik Aralıklı Diskli Kabuk Kırma Makinalarının Çalışma İlkeleri (Pinson vd., 2014)

Kabuk kırma sırasında disklerin ve fıındık içlerinin zarar görmemeleri için kabuklu fıındıklar yabancı maddelerden temizlenmesi ve boyutlarına göre sınıflandırılması gerekir. Şekil 4.5’ deki fıındık kabuk kırma tesisinde kabuklu fıındıklar, önce yuvarlak delikli döner elek tarafından temizlenerek çapı 13 mm’ den küçük ve büyük olanlar olmak üzere 2’ ye ayrılırlar. Çapı 13 mm’ den küçük olanlar çapı 10-11-12 mm olanlar, çapı 13 mm’ den büyük olanlar ise çapı 13-14-15...19 mm’ den büyük olanlar şeklinde yeniden sınıflandırılırlar. Her sınıfta yer alan kabuklu fıındıklar, kabukları kırılmak üzere diskler arası aralık miktarı kendi boyutlarına göre ayarlanmış olan disklerin arasına gönderilirler. Şekil 4.5’ de, çapı 12 mm olan kabuklu fıındıklar kabuk kırma makinasına gönderilmektedir. Kabuk kırma makinasından çıkan karışım, sarsıntılı elekte elenir. Sarsıntılı eleğin üzerinden içler ve kabuklar, altından ise ince kabuk parçaları ve tozlar alınır. Bir vantilatörün oluşturduğu hava akımı sayesinde ayrılan kabuklar, kabuk deposuna gönderilir. Çapı 12 mm’ den küçük olan iç fıındıklar, çapı 12 mm olan çatlak fıındıklar, çapı 11 mm olan çatlak fıındıklar ve kabuklar, döner eleğe iletilirler. Burada ayrılan kabuklar kabuk deposuna, çapı 12 mm’ den küçük iç fıındıklar işçi tablasına ve çapı 12 mm olan çatlak fıındıklar ise kabukları kırılmak üzere disklerin arasına geri gönderilirler. Çapı 12 mm’ den küçük olan iç fıındıklar hareketli tabladan geçirilerek bunların arasında bulunan ezik, kırık, çürük fıındıklar işçiler tarafından ayrılırlar. Son olarak iç fıındıklar çuvallanarak depolanırlar.

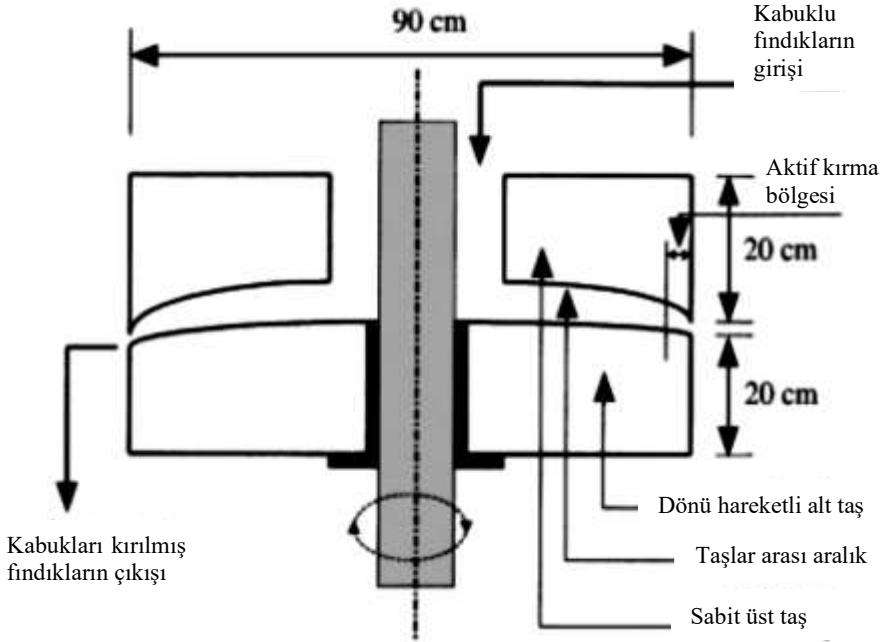


Şekil 4. 5. Diskli Kabuk Kırma Makinalı Fındık Kabuk Kırma Tesisi (Kadayıfçılar, 1997)

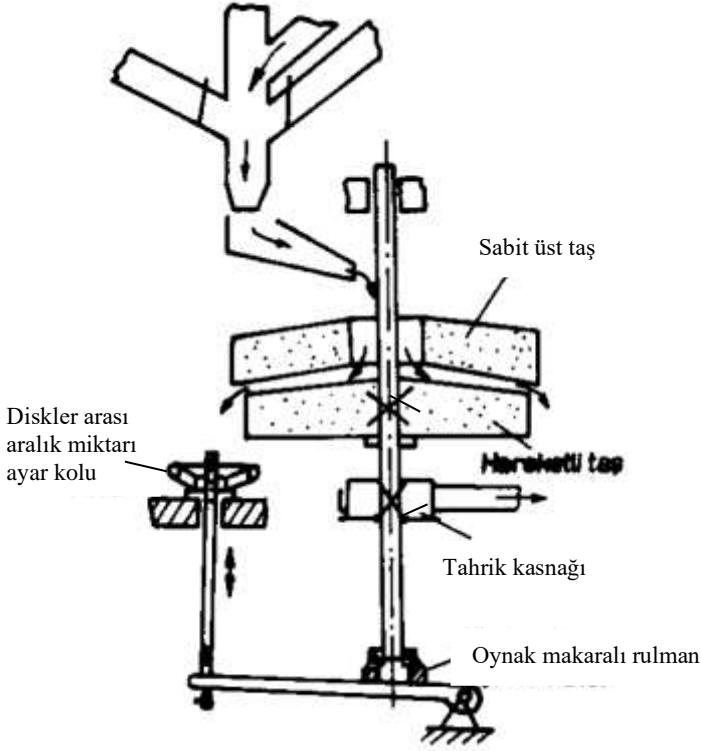
Diskli kabuk kırma makinaları, taşlı değirmenlere benzerler. Bu nedenle “taşlı kırıcı” olarak da adlandırılırlar (Şekil 4.6). Alt ve üst taşların çapları 90 cm, yükseklikleri 20 cm’ dir (Şekil 4.7). Üst taşın alt kısmı içbükey, alt taşın üst kısmı ise hafifçe dışbükeydir. Üst taşın alt yüzeyinde, taşın dış çevresinden başlamak üzere 8 cm kalınlığındaki kısmında radyal oyuklar bulunur (Nalbant, 1991). Kabuklu fındıklar, üst taşın ortasındaki boşluktan beslenirler. Alttaki dönü hareketli taşın devir sayısı 135 min^{-1} ’ dir (Özdemir ve Özilgen, 1997). Taşlar arası uzaklık, bir ayar düzeniyle ayarlanır (Şekil 4.8).



Şekil 4. 6. Taşlı ya da Diskli Kırıcının Taşları (Duran, 2006)



Şekil 4. 7. Konik Aralıklı Taşlı Kırıcının Parçaları (Özdemir ve Özilgen, 1997)



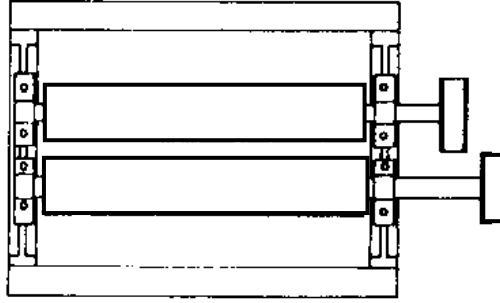
Şekil 4. 8. Konik Aralıklı Taşlı Kırıcının Çalışma İlkesi (Kadayıfçılar, 1997)

Konik aralıklı taşlı kırıcının çalışma ilkesi, kabuklu fındıkların üstteki sabit taşın merkezindeki boşluktan iki taşın arasına doğru beslenmeleri, daha sonra alt taşın dönü hareketinin etkisiyle giderek daralan konik aralıkta yuvarlanarak sıkıştırılmaları ve bu sırada üst taşın alt yüzeyinin çevresindeki radyal oyuklar sayesinde kabukların yavaşça sıkıştırılarak aşamalı olarak zayıflatılması sonucunda kırılmaları şeklindedir. Taşlı kırıcının iş kapasitesi 1500 kg h^{-1} dir (Özdemir, 1999).

4.2.2. Silindirli kabuk kırma makinaları

Silindirli kabuk kırma makinası, bir çatı üzerine yataklanmış olan iki adet vals ya da silindirden oluşur (Şekil 4.9). Silindirlerin çapları 90 mm ' dir (Nalbant, 1991). Metal malzemeden yapılan silindirlerin yüzeylerine yivler açılmıştır. Yivler, kabuğun kırılmasını kolaylaştırırlar. Silindirler arası aralık miktarı, en küçük ölçülü fındıktan biraz daha azdır (Sanford, Schumacher,

Selig, Shewchuk, Meyer, Bohnhoff ve Reinneman, 2015). Aralık miktarı, silindirlerin ileri-geri alınmasıyla ayarlanır. Silindirlerden birisinin dönü sayısı 440 min^{-1} , diğer silindirin dönü sayısı ise 570 min^{-1} ' dir (Nalbant, 1991). Silindirli kabuk kırma makinalarında silindirlerin dönü sayılarının farklı olması kabukların kırılmalarını kolaylaştırır.



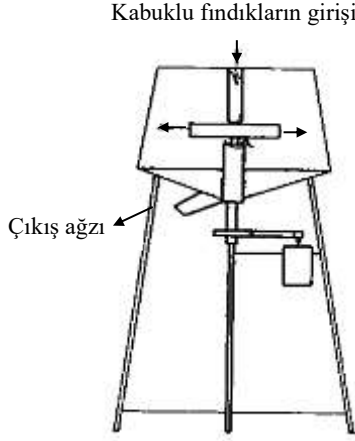
Şekil 4. 9. Silindirli Kabuk Kırma Makinasının Üstten Görünümü (Nalbant, 1991)

Silindirli kabuk kırma makinalarıyla çalışma sırasında fındık içlerinin zarar görmemeleri için kabuk kırmadan önce fındıkların boyutlarına göre sınıflandırılmaları önerilir. Makaralı tip silindirli kabuk kırma makinalarında farklı boyutlardaki fındıklara uygun çeşitli silindirler arası aralıklar bulunur. Uygun aralığa düşen fındıkların kabukları kırılır (Sanford vd., 2015).

4.2.3. Çarpırtmalı kabuk kırma makinaları

Çarpırtmalı kabuk kırma makinaları, kabuklu fındıkların santrifüj kuvvetle hızla sert bir yüzeye çarpıtılarak kabuklarının kırılması ilkesine göre çalışırlar. Şekil 4.10' da görülen çarpırtmalı kırıcının düşey ve yatay olarak yerleştirilmiş iki adet borusu vardır. Yatay boru, dönü hareketli, düşey boru ise sabittir. Yatay borunun dönü sayısı ayarlanabilir.

Borular, sac bir muhafazanın içindedirler. Muhafazanın alt kısmı, iç fındıkların zarar görmesini engellemek için kalın mukavvadan yapılmıştır. Sac muhafazaya üst kısmı dar, alt kısmı ise daha geniş olacak şekilde üstten altta doğru eğim verilmiştir. Muhafazanın alt kısmındaki eğim sayesinde kabukları kırılan fındıkların akışı kolaylaşır, muhafazaya doğru savrulan kabuklu fındıkların hızla aynı yönde geri dönerek boruya çarpmaları ya da içlerin zedelenmeleri önlenir ve muhafazaya çarpan fındığın hızının azalması sağlanır.



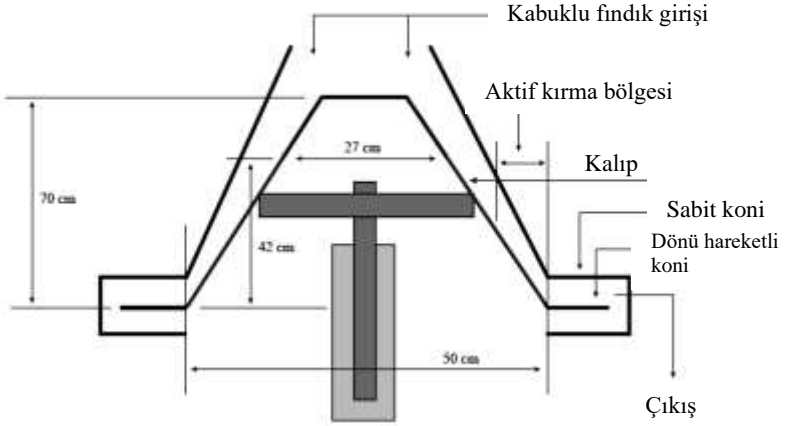
Şekil 4. 10. Çarpırtmalı Kabuk Kırma Makinası (Nalbant, 1991)

Düşey boruya giren kabuklu fındıklar, buradan dönü hareketli yatay borunun içerisine girerek hızla muhafazanın iç yüzeyine doğru savrulurlar. Kabuğu kırılan karışım, alt kısımdaki çıkış ağzından dışarıya alınır.

4.2.4. Konik kabuk kırma makineleri

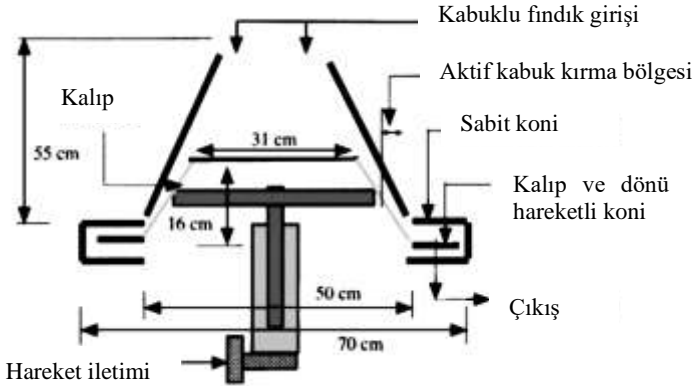
Konik kabuk kırma makinası, sabit ve hareketli iki adet koniden oluşur (Şekil 4.11). Üstteki koni sabit, alttaki koni ise dönü hareketlidir. Alttaki koninin dönü sayısı, 453 min^{-1} dir. Koniler arasındaki giriş ve çıkış aralığı ayarlanabilir. Giriş aralığı, çıkış aralığından daha fazladır. Bunun başlıca nedeni, koniler arasına giren kabuklu fındıkların gittikçe azalan bir aralıkta zorlanarak sıkıştırılması ve böylece kabuklarının kırılmasının sağlanmasıdır. Konilerin arasına giren fındıkların hızlarını düşürerek kabuklarının kırılmasını kolaylaştırmak için dönü hareketli koninin alt orta kısmının üzerine oval yuvalı kalıp yerleştirilmiştir. Kalıbın yüksekliği 42 cm, üst çapı 27 cm ve alt çapı ise 50 cm' dir. Oval yuva ölçüleri, büyük kalıpta 6x18 mm, küçük kalıpta ise 4x20 mm' dir. Büyük kalıp, çapı 15 mm' den büyük olan kabuklu fındıkların kırılmasına, küçük kalıp ise çapı daha küçük olan kabuklu fındıkların kırılmasına uygundur.

Depodan beslenen sınıflandırılmış kabuklu fındıklar, konilerin arasına girerler. Kalıp üzerinde yuvaların bulunması, içteki koninin dönü hareketi yapması ve koniler arasındaki aralığın çıkışa doğru giderek daralmasına bağlı olarak fındıkların kabukları sıkıştırma ve ovalama etkisiyle kırılırlar.



Şekil 4. 11. Konik Kabuk Kırma Makinası (Özdemir ve Özilgen, 1997)

Şekil 4.12’ de ise mevcut konik kırıcının (Şekil 4.11) üzerinde bazı değişikliklerin yapılmasıyla imal edilen “modifiye konik kabuk kırma makinası” görülmektedir. Bu makina da üstteki sabit, alttaki hareketli olmak üzere iki adet koniden oluşmaktadır. Üstteki koninin yüksekliği 55 cm, alt çapı ise 70 cm’ dir. İş kapasitesi, 1200 kg h^{-1} ’ dir (Özdemir, 1999). Ortadaki dönü hareketli koninin yüksekliği azaltılarak 16 cm’ ye indirilmiştir. Makinanın ilk halinde dönü hareketli koninin yüksekliği 70 cm’ dir. Bu değişiklikle aktif kabuk kırma bölgesinin uzunluğu azaltılmıştır. Koninin dönü sayısı, içlerdeki zedelenmenin azaltılması amacıyla 453 min^{-1} ’ den 225 min^{-1} ’ e indirilmiştir (Özdemir, 1999). Kalıbın yüksekliği 16 cm, üst çapı 31 cm ve alt çapı ise 50 cm’ dir. Kalıptaki oval yuva ölçüleri, $6 \times 18 \text{ mm}$ ’ dir (Özdemir, 1999). Değişikliklerin temel amacı, zedelenmiş iç miktarını azaltmaktır.

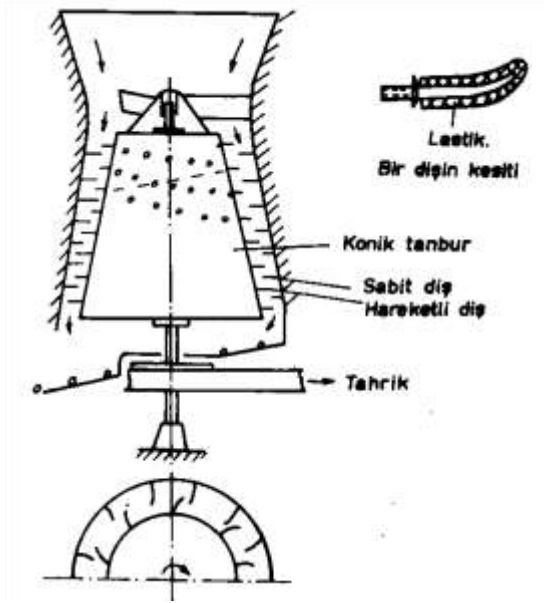


Şekil 4. 12. Modifiye Konik Kabuk Kırma Makinası (Özdemir, 1999)

4.2.5. Diğer fındık kabuk kırma makinaları

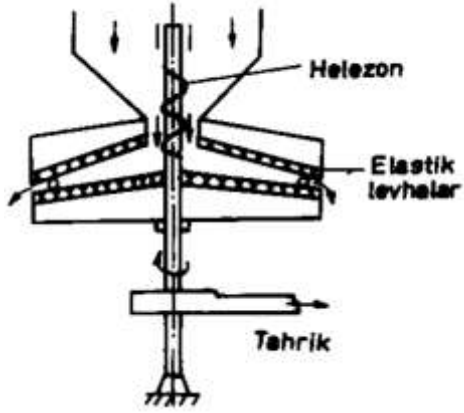
Fındığın kabuğunu kıran çeşitli makinalar vardır. Bunlardan birisi lastik parmaklı konik tamburlu kabuk kırma makinası diğeri ise esnek levhalı diskli kabuk kırma makinasıdır.

Lastik parmaklı konik kabuk kırma makinası, iç kısımdaki dönü hareketli koni tambur ile dış kısımdaki sabit konik yapıları silindirden oluşur (Şekil 4.13). Her iki parçanın üzerinde de sarmal yapıda dizilmiş eğik lastik parmaklar vardır. Parmakların lastik malzemeden yapılmış olması, içlerin zedelenmesi önler. Depodan beslenen fındıklar, sabit konik silindirin ve dönü hareketli tamburun parmakları arasında sıkıştırılmaları ve dönü hareketli tambur parmaklarının çarpma etkisiyle kırılırlar. Kabukları kırılan fındıklar, makinanın alt kısmından dışarıya alınırlar.



Şekil 4. 13. Lastik Parmaklı Konik Tamburlu Kabuk Kırma Makinası (Kadayıfçılar, 1997)

Elastik levhalı diskli kabuk kırma makinası, aralarında konik aralık bulunan iki adet diskten oluşur (Şekil 4.14). Zedelenmeyi azaltmak için disklerin işleyici yüzeylerine elastik levhalar yerleştirilmiştir. Alt disk dönü hareketli, üst disk sabittir. Disklerin arasına giren fındıkların kabukları sıkıştırma ve ovalama etkisiyle kırılırlar.



Şekil 4. 14. Elastik Levhalı Diskli Kabuk Kırama Makinası (Kadayıfçılar, 1997)

5. ANTEP FISTIĞI KABUK KIRMA MAKİNALARI

5.1. Antep Fıstığının Bazı Fizikomekanik Özellikleri

Antep fıstığının kreme yakın tipik beyaz renkte ve kemikleşmiş sert yapılı kabuğa sahip olan meyveleri vardır. Salkım şeklindeki meyveleri, “cumba” olarak adlandırılır (Şekil 5.1).



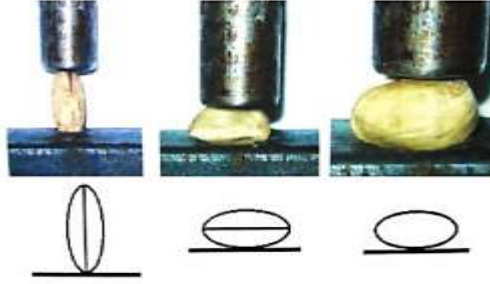
Şekil 5. 1. Antep Fıstığı Cumbaları (Ceres Fair Food [CFF], 2021)

Kabuklu antep fıstığı meyvesinin uzunluğu 16.47-22.6 mm, genişliği 9.5-12.46 mm, kalınlığı 7.36-10.52 mm, küresellik oranı 0.58-0.70, yığın hacim ağırlığı 536.5-544 kg m⁻³ arasında değişir. Antep fıstığı iç meyvesinin uzunluğu 11.76-17.79 mm, genişliği 6.08-8.85 mm, kalınlığı 5.22-9.13 mm, küresellik oranı 0.54-0.71, yığın hacim ağırlığı 512.66-531.16 kg m⁻³ arasında değişir (Altuntaş ve Mutlu, 2007).

Antep fıstığın çıtlatma kuvveti, nem içeriği arttıkça azalır. Maghsoudi, Khoshtaghaza, Minaei ve Dizaji’ nin (2012) yaptıkları araştırmaya göre 40 mm min⁻¹ yükleme düzeyinde nem içeriği % 5 olan Badami çeşidi antep fıstığının maksimum çıtlatma kuvveti 28.19 daN, O’hadi çeşidi antep fıstığının maksimum çıtlatma kuvveti 10.24 daN; 10 mm min⁻¹ yükleme düzeyinde % 20 nem içeren Badami çeşidi antep fıstığının minimum çıtlatma kuvveti 9.7 daN, O’hadi çeşidi antep fıstığının maksimum çıtlatma kuvveti ise 1.68 daN olarak bulunmuştur. Özçelik, Akyurt ve Sipahi’ ye (1977) göre antep fıstığının enlemesine yönde çıtlatılması için gereken kuvvet 45-54 daN arasında değişmektedir.

Özden ve Alayunt, (2006) tarafından Uzun ve Siirt çeşidi antep fıstıkları için minimum ve maksimum kırma kuvvetlerinin sırasıyla 28.7 daN ve 33.6 daN oldukları bulunmuştur. Kabuklu antep fıstığına uygulanan en düşük

kabuk kırma kuvveti, şak düzlemine paralel konumdan elde edilmektedir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Antep Fıstığına Boylamasına, Şak Düzlemine Dik ve Şak Düzlemine Paralel Yönde Kuvvet Uygulanması (Özden ve Alayunt, 2006)

Antep fıstığında kabuk kırılma direncinin yüksek olması, içlerdeki hasarın ve hatalı çıtlatmanın kaliteyi düşürmesi gibi nedenlerden dolayı kabuk çıtlatma ve kırmada genellikle insan iş gücünden yararlanılır.

5.2. Antep Fıstığı Kabuk Kavlatma Makinaları

Antep fıstığı meyvesinin üzerinde sarımtırak yeşil veya kırmızımtırak pembe renklere, meyve olgunlaştıktan sonra yavaş yavaş kararır ve kuruyup dökülen ya da bir süre su içinde bekletildikten sonra soyulan derimsi etli dış kabuk bulunur. Dış kabuğun soyulması işlemine “kabuk kavlatma” adı verilir. Etli dış kabuktan ayrılarak kemiksi dış kabukla kalan fıstığa “kavlak fıstık” adı verilir.

Ülkemizde geleneksel olarak uygulanan kavlatma işlemi;

- Dış kabuğun suyla yumuşatılması,
- Yumuşayan etli dış kabuğun devliplerle soyulması,
- Soyulan kabukların eleklerle ayrılması,
- Kavlak fıstıkların yıkanarak temizlenmesi,
- İçi boş fıstıkların ayrılması,
- Temizlenmiş kavlak fıstıkların kurutulmasından oluşur.

Antep fıstığının etli dış kabuğunun yumuşaması için fıstıklar, öncelikle temiz suyla doldurulan beton havuzlardaki salların üzerine konularak 3-5 h bekletilirler. Havuzların yükseklikleri 1-1.5 m, kapasiteleri ise 2-5 t’ dur. Etli dış kabuğun yumuşatılması, su yerine buharla daha kısa sürede yapılabilir. Fıstıkların etli dış kabukları yumuşadıktan sonra havuzun suyu boşaltılarak

fıstıklar havuzdan çıkartılırlar. Bu işlemden sonra fıstıklar, etli dış kabuklarının soyulması amacıyla devliplere getirilirler.

Taş değirmen ya da devlip, bir eksen etrafında dönen düşey taş ile sabit yatay taştan oluşur. Taşlar arası aralık miktarı ayarlanabilir. Kavlatma için fiberglas merdanelerden ya da döner diskli kavlatma makinalarından da yararlanır.

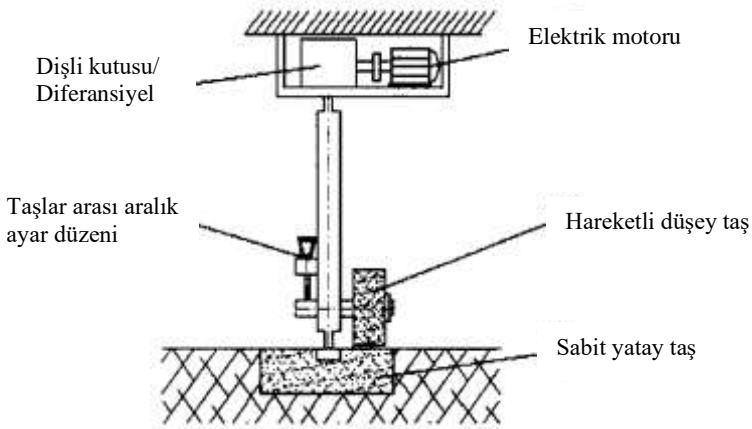
Devliplerin başlıca 2 tipi vardır:

- Motor ve dişli kutusu ya da diferansiyeli yukarıda olan,
- Motor ve dişli kutusu ya da diferansiyeli aşağıda olan.

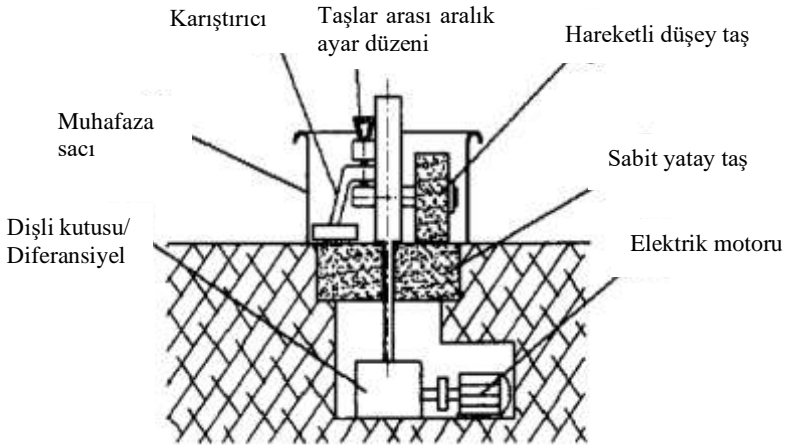
Motor ve dişli kutusu yukarıda olan devlipte dönü hareketli düşey taşın çevresi açıktır (Şekil 5.3). Taşın dönü sayısı, 30-40 min⁻¹ arasında değişmektedir. Çalışma ilkesi, bir kerede yaklaşık olarak 450-1000 kg fıstığın devlibe yerleştirilerek devlibin çalıştırılması, çevreye yayılan fıstıkların bir işçi tarafından kürekle sürekli olarak taşların arasına beslenmesi, iki taş arasında kalan fıstıkların etli dış kabuklarının sürtünme ve ovalanma etkisiyle soyulması şeklindedir (Kaplan ve Sağlam, 1998).

Motor ve dişli kutusu aşağıda olan devlipte ise taşların çevresi, sac muhafazayla çevrilmiştir. Muhafazanın iç kısmına bir karıştırıcı eklenmiştir (Şekil 5.4). Karıştırıcı, dönü hareketli düşey milden hareket almaktadır. Fıstıkların bir işçi tarafından sürekli olarak taşların arasına beslenmesine gerek yoktur. Çalışma ilkesi, sac muhafazaya doldurulan fıstıkların karıştırıcı tarafından karıştırılması ve taşların arasında kalan fıstıkların kabuklarının kavlatılması şeklindedir. Kapasitesi diğer devlipten daha yüksektir. Bir kerede yaklaşık olarak 1000-1300 kg fıstık kavlatılır (Kaplan ve Sağlam, 1998).

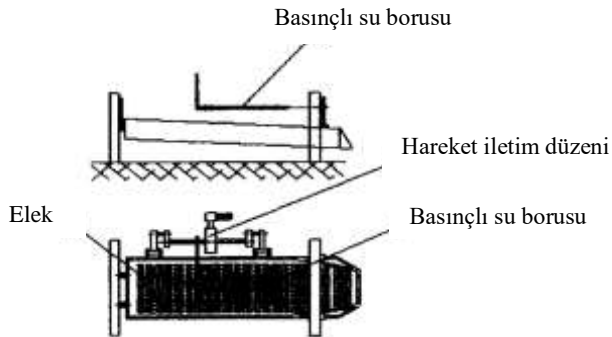
Devliplerde etli dış kabuğu soyulan fıstıkların kabukları, sarsıntılı eleklerde elenerek ayrılırlar (Şekil 5.5). Sarsıntılı eleğin salınım hareketi, bir eksantrik mekanizması tarafından sağlanır. Fıstıkların elek üzerinde kolayca ilerlemeleri için sarsak eleğe belirli bir eğim verilmiştir. Fıstığa yapışık halde bulunan etli dış kabukların ıslatılarak ayrılmalarını kolaylaştırmak amacıyla ve kavlak fıstıkların temizlenmeleri için sarsıntılı eleğin yaklaşık olarak yarısının üzerine basınçlı su borusu yerleştirilmiştir.



Şekil 5. 3. Motoru ve Dişli Kutusu Yukarıda Olan Devlip (Kaplan ve Sağlam, 1998)



Şekil 5. 4. Motoru ve Dişli Kutusu Aşağıda Olan Devlip (Kaplan ve Sağlam, 1998)



Şekil 5. 5. Sarsıntılı Elek (Kaplan ve Sağlam, 1998)

Bu işlemin ardından kavlak fıstıkların arasında bulunan içi boş ya da fiş fıstıkların ayrılması için fıstıklar, temiz su dolu teknelere boşaltılırlar. Suyun üzerine çıkan içi boş fıstıklar, işçiler tarafından elle ya da süzgeçli kaplarla içi dolu fıstıklardan ayrılırlar. Ayrılan içi dolu kavlak fıstıklar, daha sonra kurutulurlar.

5.3. Antep Fıstığı Kabuk Çıtlatma ve Kırma Makinaları

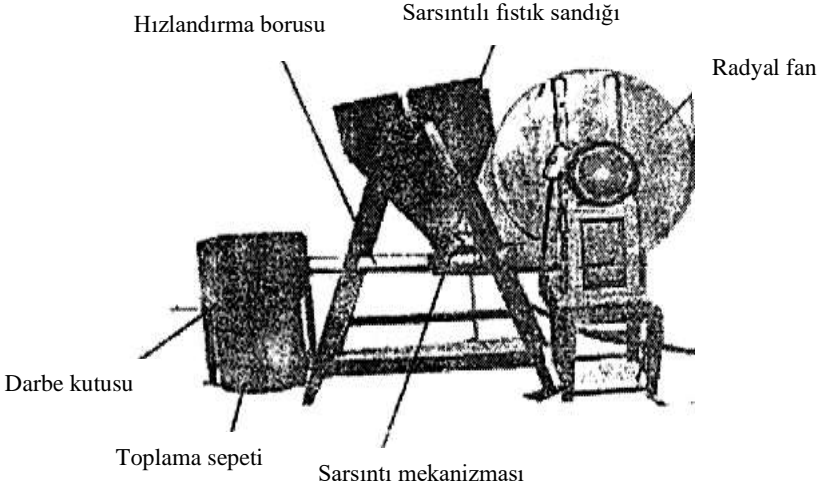
Çıtlaklık, antep fıstığı meyvelerinin sert dış kabuklarının şak düzlemi boyunca meyvenin olgunlaşması sırasında kendiliğinden veya daha sonra mekanik olarak açılması olarak tanımlanır. Çıtlaklık, % 50-70 arasında değişir. Çıtlatma işlemi, özel antep fıstığı pensleri ya da fıstık kerpetenleri, çekiçler ve çıtlatma makinalarıyla yapılır (Şekil 5.6).



Şekil 5. 6. Antep Fıstığının Çıtlatılmasında Kullanılan El Pensleri (Etsy, 2023)

Ülkemizde antep fıstığının kabuğunun çıtlatılması, çoğunlukla kadınlar ve çocuklar tarafından elle basit aletlerle evlerde veya işletmelerde yapılır (Kuru, Karaca, Tekin, Akkök ve Uygur, 1988). Bir işçi, günde ortalama olarak 15-20 kg arasında antep fıstığını çıtlatabilir (Gezginç ve Duman, 2004). Antep fıstığının çıtlatılmasında, kuvvetin fıstığın uzun eksenine dik doğrultuda ya da şak düzlemine paralel yönde, orta kısmından veya sivri uçla orta kısım arasından ağız çizgisine gelecek şekilde uygulanması gerekir. Bir başka deyişle antep fıstığının elle çıtlatılması sırasında fıstıktaki çıtlatmanın ağız çizgisi boyunca oluşması durumunda ancak fıstık doğru şekilde çıtlatılmış sayılır. Aksi koşulda yani çıtlama ağız çizgisi dışında ya da sivri uç tarafında değil de arka tarafta olmuşsa fıstık özürü fıstık olarak kabul edilir. Ekonomik değeri düşer. Bu nedenle antep fıstığının makinayla çıtlatılması oldukça zordur. Genellikle el işçiliği tercih edilir.

Şekil 5.7' de görülen aerodinamik-mekanik etkili antep fıstığı kabuk çıtlatma makinası, hem basınçlı hava hem de sarsıntı etkisiyle fıstıkların kabuklarının çıtlatılması ilkesine göre çalışır. Besleme kovasına ya da sarsıntılı fıstık sandığına doldurulan antep fıstıkları, sarsıntılı besleme mekanizması sayesinde sandığın altındaki çıkış açıklığına doğru ilerleyerek radyal fanın oluşturduğu hava akımının bulunduğu PVC borunun içerisine gelirler. PVC borunun diğer ucunda darbe kutusu bulunur. Bu borunun içerisindeki yüksek hızlı hava akımı, fıstıkları akış yönünde sürükleyerek hızlandırır. Boru içerisindeki hava akımının etkisiyle hareket eden fıstıklar, borunun sonunda bir müddet serbest düşmeye terk edilirler. Daha sonra fıstıkların darbe kutusunun içerisindeki darbe plakasına çarpmalarıyla kabukları çıtılır. Çıtlak fıstıklar, darbe kutusunun altındaki toplama sepetinde toplanırlar (Özçelik vd., 1977).



Şekil 5.7. Aerodinamik-Mekanik Antep Fıstığı Kabuk Çıtlatma Makinası (Özçelik vd., 1977)

Özçelik vd. (1977) tarafından aerodinamik-mekanik etkili antep fıstığı kabuk çıtlatma makinasıyla yapılan denemeler sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşıldığı belirtilmiştir. Buna göre;

- 50 mm çapındaki 30-80 cm uzunluğundaki hızlandırma borularıyla yapılan denemeler sonucunda çıtlamış fıstık yüzdelерinin % 27-82 arasında değiştiği bulunmuştur. Boru uzunluğu azaldıkça çıtlamış fıstık yüzdesi artmaktadır.

- Antep fıstıklarının 30 min süreyle 100, 150 ve 200 °C olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta bekletilmeleri sonucunda çıtlanmış fıstık yüzdelерinin sırasıyla % 43-59 ve 67 oldukları bulunmuştur. Ancak fırınlanmış fıstıklarla çalışmada özürü fıstık yüzdesinin % 30' a yükseldiği oysaki fırınlanmamış fıstıklarda fıstık yüzdesinin aynı koşullarda % 8 düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

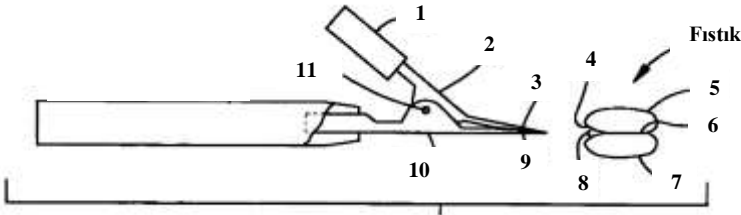
Antep fıstığının iç fıstık olarak tüketilmek üzere kabuğunun kırılmasında özel pens ve çekiçler kullanılır. Çıtlatmada olduğu gibi fıstık kabuğunun kırılmasında da genellikle kadın ve çocuklar çalışırlar.

Çıtlak fıstık kabuğunun ayrılarak iç fıstığın çıkartılmasında da basit el aletleri kullanılır. Örneğin, ucu sivri bir aletle antep fıstığının çıtlak kısmından kuvvetin uygulanmasıyla iç kabuktan ayrılabilir (Şekil 5.8).



Şekil 5. 8. İçi Kabuktan Ayrırmada Kullanılan Basit Bir El Aleti (Pistachio Nut Opener, 2023)

Şekil 5.9' da ise çıtlak antep fıstığının kabuğunun açılmasında kullanılan makas tipi fıstık kabuk açma aleti gösterilmiştir. Makasın ağızları antep fıstığının çıtlak kısmına yerleştirilerek üst kola basıldığında fıstığın kabuğu içten ayrılır.



1. Üst kol, 2. Üst bağlantı parçası, 3. Üst çene, 4. Çıtlak kısım, 5 ve 7. Kabuk, 6. Ağız çizgisi, 8. İç, 9. Alt çene, 10. Alt bağlantı parçası, 11. Pim
Şekil 5. 9. Makas Tipi Çıtlak Fıstık Kabuk Açma Aleti (Rogel, 2003)

6. CEVİZ KABUK KIRMA MAKİNALARI

6.1. Cevizin Bazı Fizikomekanik Özellikleri

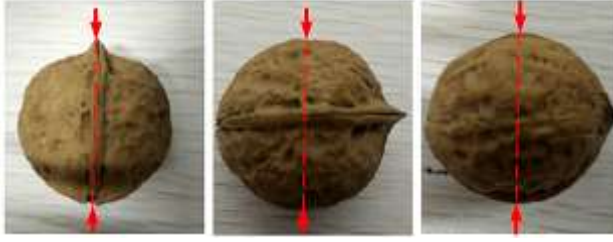
Ceviz, Juglandacea familyasından ceviz ağacının (*Juglans regia* L.) sert kabuklu meyvesidir (Bernik, Stajniko ve Lakota, 2009). Ceviz ağacının meyvesi; etli yeşil dış kabuk, sert kabuk, zarsız iç ceviz, zar ve ceviz perdesinden oluşur (Şekil 6.1). İnsan sağlığına olumlu yönde etkisi olan cevizden gıda ve ilaç sanayinde yararlanır (Yalçın, Acıcan, Alibaş, Ertürk, Soylu ve Akça, 2012). Ceviz içi, kaliteli proteinler, omega-3 ve omega-6 yağ asitleri, vitaminler ve mineraller yönünden oldukça zengindir.



Şekil 6. 1. Ceviz Meyvesinin Kısımları (Mingzheng, Changhe, Chengmao, Liqiang, Xinping, Ji, Huimin, Xiaowei, Huayang, Guangzan ve Xiangdong, 2021)

Çin, kabuklu ceviz üretim alanının % 48.4' ünü ve üretim miktarının ise % 56.1' ini gerçekleştirilmesiyle dünyada ilk sırada yer alır. Çin' i sırasıyla % 11.3 ve % 13.2 ile ABD izler. Dünyadaki kabuklu ceviz yetiştiriciliğinde ülkemizin payı, üretim alanı yönünden % 9.5, üretim miktarı yönünden ise % 5' dir (Sesli, 2014; Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü, 2021). Buna göre ceviz üretiminde Türkiye dünyada ilk sıralarda yer alır. Ceviz çeşitli şekillerde tüketilebilir. Ancak ceviz içi, kabuklu cevizden ekonomik olarak daha değerlidir.

Kavlak cevizin 3 farklı çapı vardır. Şekil 6.2' de cevizin düşey, yatay ve yanal çapları gösterilmiştir. Düşey çap, uzunlamasına eksendeki; yatay çap kısa eksendeki, yanal çap ise dikiş eksenindeki en büyük çaplardır.



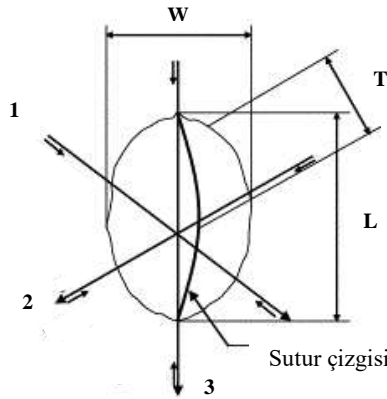
Düsey çap

Yatay çap

Yanal çap

Şekil 6. 2. Ceviz Meyvesinin 3 Farklı Eksendeki Çapları (Mingzheng vd., 2021)

Koyuncu, Ekinci ve Savran' a (2003) göre Yalova-3 çeşidi cevizin ortalama uzunluğu 44.3 mm, genişliği 31.9 mm, kalınlığı 31.3 mm, kabuk kalınlığı 1.4 mm ve ağırlığı ise 13.5 g' dır. Bu araştırmada, Şekil 6.3' de görülen eksenlerde kabuklu cevizde kuvvetler uygulanmıştır. Uzunluk ekseninde kabuk kırma kuvvetinin 0.333 kN, genişlik yönündeki kabuk kırma kuvvetinin 0.472 kN ve benzer şekilde sutur eksenindeki kabuk kırma kuvvetinin ise 0.441 kN olduğu belirlenmiştir. Aynı eksenlerdeki kabuk kırılma enerjileri, sırasıyla 0.381 J, 0.440 J ve 0.273 J' dur. Kabuk kalınlığı ve geometrik ortalama çap, kabuk kırılma kuvveti üzerinde etkilidir. Kabuğun kalınlığı arttıkça cevizin kabuğunun kırılması için gereken kuvvet de artmaktadır. Geometrik ortalama çap ile kabuk kırılma kuvveti arasındaki ilişki ters orantılıdır. En düşük kabuk kırma kuvveti, kuvvetin uzunluk eksenine yönünde ya da boylamasına yönde uygulanmasından elde edilmiştir (Koyuncu vd., 2003).



1. Dikiş hattı ya da sutur ekseninde etki eden kuvvet, 2. Genişlik ekseninde etki eden kuvvet, 3. Uzunluk ekseninde etki eden kuvvet.

Şekil 6. 3. Kabuklu Cevizin Koordinat Eksenleri ve Uygulanan Kuvvetler (L: Uzunluk, W: Genişlik, T: Kalınlık) (Koyuncu vd., 2003)

6.2. Ceviz Kabuk Kavlatma Makinaları

Gerek taze gerekse de kuru olarak tüketilecek ceviz meyvesinin bozulmaması için hasattan hemen sonra yeşil etli dış kabuklarının soyulması gerekir (Şekil 6.4). Çünkü hasat edilen yeşil kabuklu cevizlerin uzun süre yığıl halinde bekletilmesi sağlık açısından doğru değildir. Ceviz meyvesinin yeşil dış kabuğunun soyularak ayrılması işlemine “kavlatma ya da kallenme”, yeşil kabuğu soyulmuş sert kabuklu cevize ise “kavlak ceviz” adı verilir. Kavlatma sayesinde iç cevizde küflerin ürettiği mikotoksinlerden ya da zehirli maddelerden birisi olan aflatoksinin üremesi engellenir (Anonim, 2015; Dican, 2015). Eğer ceviz, kavlak ceviz olarak pazarlanacaksa en kısa sürede kurutularak depolanması gerekir. Kavlak ceviz olarak değil de iç ceviz olarak pazarlanacaksa sert dış kabuğunun kolayca kırılabilmesi, zedelenmiş iç miktarının azaltılması ya da bütün iç (duble kelebek) ve yarım iç (kelebek, çenet) miktarının artırılması için daha kurumadan kabuğunun kırılması önerilir. Kurutulmuş kavlak cevizin nem içeriği % 8-12’ i, iç cevizin nem içeriği ise % 5-8’ i geçmemelidir (Anonim, 2008; Dican 2015).



Şekil 6. 4. Etili Yeşil Dış Kabuklu Ceviz (Harlow, 2014)

Cevizin yeşil dış kabuğu, elle ya da kabuk kavlatma makinalarıyla kavlatılabilir. En basit yöntem, daha önceden suyla yumuşatılmış olan yeşil kabuğun elle bir keskiyle kesilerek soyulmasıdır. Cevizin yeşil kabuğu, sert bir zemine serilen cevizlerin ayakla çiğnenmesi ya da üzerlerinden ağır merdanenin geçirilmesiyle de kavlatılabilir. Şekil 6.5’ den anlaşılacağı gibi bir diğer yöntem, yeşil kabuklu cevizlerin ahşap yüzey üzerindeki kavlak ceviz büyüklüğündeki deliklerden çekiçle vurarak geçmeye zorlanmaları ve bu sırada kabuklarının soyulması şeklindedir (Şen, 1986; Nalbant, Ülger ve Akman,

1987). Bir diğerk yöntem ise yeşil kabukları yumuşamış olan cevizlerin krikoyla kaldırılan bir arabanın tekerleğinin altına bir kap içerisinde yerleştirilerek sürtünme etkisiyle kabuklarının soyulmasından oluşur. Ancak bu yöntem, oldukça tehlikelidir. Basit kavlatma yöntemlerinden kavlatılacak ceviz miktarının az olması koşulunda yararlanılabilir. Kavlatma makinalarının iş veriminin artması, işin kolaylaşması, işçilik giderlerinin azalması, zaman kazancı ve sağlıklı üretim yapılması gibi yararları vardır.



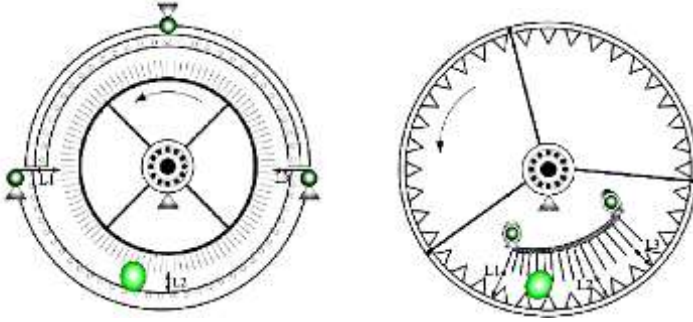
Şekil 6. 5. Cevizin Küçük Bir Delikten Geçmeye Zorlanarak Kavlatılması (Lorenz, 2023)

Günümüzde cevizin yeşil kabuğunun soyulmasında kullanılan çeşitli kavlatma makinaları vardır. Traktör kuyruk milinden ya da bir elektrik motorundan hareket alan bu makinaların işleyici parçalarına göre aşındırma etkili, kesme etkili ve sıkıştırma etkili olmak üzere başlıca 3 tipi bulunur. Tablo 6.1’ de mekanik yöntemlerle ceviz kabuğunun kavlatılmasında kullanılan başlıca mekanizma tipleri ve çalışma ilkeleri verilmiştir.

Ceviz kabuk kavlatma makinalarının çoğu aşındırma etkilidir. Aşındırma etkili kavlatma makinalarının dönü hareketli ve zincirli götürücülü olmak üzere 2 tipi vardır. Dönü hareketli kavlatma makinalarının ise çelik fırçanın dönü hareketine göre dinamik ve statik olmak üzere 2 tipi bulunur. Şekil 6.6’ da görüldüğü gibi dinamik tip makinada spiral çelik fırça dönü hareketli, statik tip makinada ise içbükey çelik fırça sabittir. Her iki makinada da çelik fırça ile ızgaralı silindir arasındaki giriş-orta-çıkış aralıkları için $L1 > L2 > L3$ kuralı geçerlidir.

Tablo 6. 1. Mekanik Yöntemlerle Ceviz Kabuğunun Kavlatılmasında Kullanılan Mekanizma Tipleri ve Çalışma İlkeleri (Mingzheng vd., 2021)

Mek. Tipi	Aşındırma Etkili	Kesme Etkili	Sıkıştırma Etkili
Şematik Çizim			
Çalışma İlkesi	Yeşil kabuğun ızgaralı silindirik ve çelik fırçalı içbükey plaka arasındaki kesme kuvvetiyle ayrılması.	Yeşil kabuğun bıçakla kesilmesinden sonra sürtünme kuvvetiyle ayrılması.	Yeşil kabuğun baskı plakasıyla parçalanmasından sonra sürtünmeyle ayrılması.

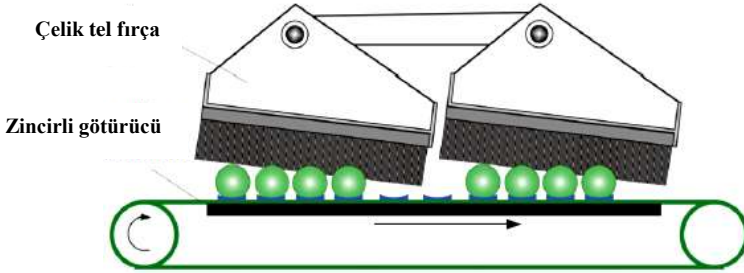
**Şekil 6. 6.** Dinamik ve Statik Tip Dönü Hareketli Aşındırma Etkili Ceviz Kabuk Kavlatma Makinaları (Mingzheng vd., 2021)

Aşındırma etkili kavlatma makinalarının aşındırıcı parçaları; zımpara, rende veya testere dişi şeklinde de olabilir. Şekil 6.7’ de görülen aşındırma etkili dönü hareketli makina; kazan, kazanın alt kısmında yer alan dönü hareketli aşındırıcı dip tamburu, dairesel veya doğrusal tip su püskürtme borusu, otomatik kontrol ünitesi, kavlak ceviz çıkış ağızı, posa tahliye oluğu ve sehpadan oluşur. Kazanın iç çapı 40 cm ve yüksekliği 42 cm, testere dişi aşındırıcının kalınlığı 2 mm, dış duvar yüksekliği 15 mm ve yan soyucu aralıkları ise 15 mm’ dir. Dip tamburunun dönü sayısı, 110 min^{-1} kadardır. Kazanın içerisinde doldurulan cevizlerin yeşil kabukları su püskürtme düzeni tarafından püskürtülen suyla ıslatılarak yumuşatılır. Bu sırada cevizler, dip tamburunun etkisiyle dönü hareketi yaparlar. Yeşil kabuklu cevizlerin kazanın iç yüzeyine yerleştirilen sabit aşındırıcı parçalara temas etmeleri sonucunda sürtünme etkisiyle cevizlerin kabukları kavlatılır.



Şekil 6. 7. Testere Dişli Aşındırıcı Ceviz Kavlatma Makinası (Meltem, 2023)

Şekil 6.8’ de aşındırma etkili zincirli götürücülü ceviz kabuk kavlatma makinası gösterilmiştir. Bu makinanın çalışma ilkesi, hareketli zincirli bant üzerinde ilerleyen cevizlerin hareketli bant ile çelik fırça arasında sıkıştırılarak sürtünme etkisiyle yeşil kabuklarının aşındırılarak soyulması şeklindedir.



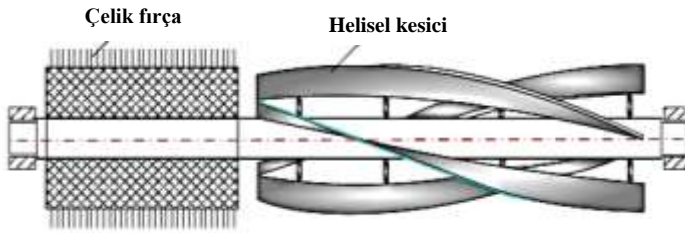
Şekil 6. 8. Aşındırma Etkili Zincirli Götürücülü Ceviz Kabuk Kavlatma Makinası (Mingzheng vd., 2021)

Şekil 6.9’ da görülen kesme etkili kavlatma makinası; besleme deposu, su püskürtme düzeni, helisel bıçaklı kesme düzeni, helisel fırçalı soyma düzeni, kapak, kavlak ceviz çıkış ağzı, posa çıkış ağzı, çatı, boyut ayar düzeni gibi parçalardan oluşur. Makinanın çalışma ilkesi, su püskürtme düzeni tarafından

püskürtülen suyla yeşil kabuğu yumuşatılan cevizlerin dönü hareketli helisel bıçaklar tarafından kabuklarının kesilmesi, daha sonra helisel fırçalar ve bunu çevreleyen tel ızgara arasında sürtünme kuvvetinin etkisiyle kabuklarının soyulması şeklindedir (Şekil 6.10).



Şekil 6. 9. Kesme Etkili Kabuk Kavlatma Makinası (Sihno, 2023)



Şekil 6. 10. Kesme Etkili Ceviz Kavlatma Makinasının İşleyici Parçası (Mingzheng vd., 2021)

Nalbant vd. (1987) tarafından geliştirilen zincirli batörlü kavlatma makinası, giriş ve çıkış ağızları bulunan silindirik gövde, gövdenin iç kısmının uzunlamasına orta ekseninde yer alan mil ve batörden oluşur. Silindirik gövdenin çapı 450 mm, uzunluğu 1200 mm' dir. Batör, 2 adet lama üzerine 100 mm aralıklarla bağlanan zincirlerden meydana gelmiştir. Lamalar, mile 2 adet civata-somunla birbirine göre 50 mm kaçık olacak şekilde bağlanmıştır. Denemeler sırasında 4 ve 8 mm çapındaki zincirlerin uzunlukları, silindir yüzeyine 2-5-7 adet bakla değecek ya da hiç bakla değmeyecek şekilde ayarlanmıştır. Silindirik gövdenin alt kısmında delik çapı 5 mm olan bir ızgara yer almaktadır. Bu makinala çalışmada, en uygun zincir çapının 5 mm, batör çevre hızının 4.5 m s^{-1} ve silindirik gövdeye temas eden bakla sayısının ise 5 adet olduğu belirtilmiştir.

6.3. Ceviz Kabuk Kırma Makinaları

Kavlak ceviz meyvesinin kabuklarının kırılmasında basit el aletlerinden veya kabuk kırma makinalarından yararlanılmaktadır. Genellikle küçük işletmelerde basit el aletlerinden yararlanılırken büyük işletmelerde ise kabuk kırma makinaları kullanılmaktadır.

Ceviz kabuğunun elle kırılması oldukça yorucu, sıkıcı ve zaman alıcıdır. İş verimi düşüktür. Ancak elle basit aletlerle ceviz kabuğunun kırılması yönteminden halen ülkemiz ve diğer bazı ülkelerde geleneksel yöntem olarak yararlanılmaktadır. Örneğin; ülkemizde kavlak cevizler, sert dış kabuklarının kırılması için tüccarlar tarafından sergenler (ceviz kırma atölyeleri), depolar ya da evlerde çalışan işçilere belirli bir ücret karşılığında dağıtılmakta ve daha sonra kabukları basit el aletleriyle kırılmaktadır. Hindistan’ da ise cevizler, sert dış kabuklarının daha kolay kırılması için 12-18 h süreyle suda bekletilmekte ve ardından kabukları tahta tokmaklar veya taşlarla dövülerek kırılmaktadır (Hussain, Ammatullah, Kanojia, Reshi, Naseer ve Naik, 2018).

Hussain vd. (2018) tarafından yapılan bir araştırma sonucunda, basit el aletiyle ceviz kabuğunun kırılmasındaki iş veriminin 3.42 kg h^{-1} -işçi, kabuk kırma makinasıyla kırılmasındaki iş veriminin ise 15.46 kg h^{-1} olduğu bulunmuştur. Buna göre elle kabuk kırmadaki iş verimi, makinayla kabuk kırmadaki iş veriminden % 78 daha azdır. Buna karşılık ceviz kabuğunun basit el aleti veya makinayla kırılmasındaki bütün ve yarım iç yüzdeleri toplamalarının birbirine yakın oldukları belirlenmiştir. Bütün ve yarım iç ceviz yüzdeleri toplamının fazla olması, ürünün ekonomik değerinin fazla olduğunun bir göstergesidir. Bu sonuca göre elle ve makinayla kırılan iç cevizlerin şekilsel açıdan kaliteleri benzer seviyede oldukları söylenebilir.

Ceviz kabuk kırma makinaları, çalışma ilkelerine göre kabuklu cevizleri iki yüzey arasında sıkıştırarak kıranlar ve çarpma etkililer olmak üzere 2’ ye ayrılırlar (Pinson vd. 2014). Sert kabuklu cevizleri iki yüzey arasında sıkıştırarak kıran makinalardan bazıları; düşey helisli, yatay yivli millî ve sabit yivli plakalı, tamburlu, helisel vidalı, konik ve eğik valsli kabuk kırma makinalarıdır. Santrifüj kabuk kırma makinası, çarpma etkili makinalardandır. Tiplerine göre değişmekle birlikte ceviz kabuk kırma makinaları genel olarak depo, besleme düzeni, besleme miktarı ayar düzeni, sınıflandırma düzeni, kabuk kırma düzeni, kırma aralığı ayar düzeni, çıkış ağzı, toplama kabı, çatı ve güç kaynağı gibi parçalardan oluşurlar.

Kabuk kırmadan önce kabuğu kırılacak cevizlerin arasında bulunan metal parçalarının ve taşların ayrılması ve cevizlerin sınıflandırılması, hem işleyici parçaların zarar görmesini önler hem de makinanın kabuk kırma etkinliğini ve iş verimini artırır. Ceviz kabuk kırma makinalarıyla çalışma sırasında içlerin zarar görmesinin tümüyle önlenmesi mümkün değildir. İçlerin belirli oranda parçalanması, zedelenmesi ya da ufalanması kaçınılmazdır. Elle kabuk kırmada dahi içler zedelenebilmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda, ceviz kabuk kırma makinalarıyla çalışmada yarım iç (kelebek) yüzdesinin % 75' in altında olduğu belirlenmiştir (Bernik vd. 2009, Ghafari, Chegini, Khzaei ve Vahdati 2011, Hussain vd. 2018).

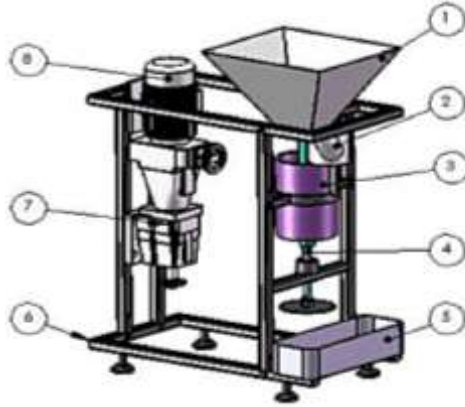
Ceviz meyvesinin boyut ve şekil özelliklerine göre sınıflandırılmasında konik silindirik, ızgara silindirik ve elekli olmak üzere başlıca 3 farklı sınıflandırma düzeninden yararlanılmaktadır (Tablo 6.2).

Tablo 6. 2. Mekanik Yöntemlerle Ceviz Meyvesinin Sınıflandırılmasında Kullanılan Mekanizma Tipleri ve Çalışma İlkeleri (Mingzheng vd., 2021)

Mekanizma	Şematik Çizim	Çalışma İlkesi
Konik Silindirik		Birbirine göre ters yönde dönme hareketi yapan, aralıklı yerleştirilmiş 2 konik silindir üzerinde ilerleyen cevizlerden çapı aralıktan daha küçük olanların aşağıya düşerek sınıflandırılmaları.
ızgara Silindirik		ızgara açıklıkları giderek artan dönmeye hareketli konik silindirin içerisinde ilerleyen cevizlerden çapı aralıklardan daha küçük olanların aşağıya düşerek sınıflandırılmaları
Elek Tipi		Delik boyutları yukarıdan aşağıya doğru azalan titreşimli elek üzerinde ilerleyen cevizlerden boyutları elek deliğinden küçük olanların alt elek üzerine düşmeleri, daha büyük boyutluların ise üst elek üzerinde ilerleyerek bir kanaldan dışarıya alınmaları.

Düsey helisli kabuk kırma makinası, kabuklu cevizleri iki yüzey arasında sıkıştırarak kıran makinalardandır. Şekil 6.11' de görüldüğü gibi makina; çatı, depo, besleme miktarı ayar düzeni, kabuk kırma düzeni, toplama kabı ve güç

kaynağından oluşmaktadır. Kabuk kırma düzeni, sabit silindir ile bu silindirin içerisinde serbestçe dönü hareketi yapan düşey helisten meydana gelmiştir. Polietilenden yapılan silindirin çapı 125 mm, uzunluğu ise 200 mm' dir. Silindir ile helis arasındaki boşluk miktarı, cevizin ortalama çapından daha küçüktür. Silindirin boşluğu değişkendir. Bu makina, ortalama çapı 30-40 mm arasında değişen cevizlerin kabuklarının kırılmasına uygundur. Makinanın çalışma ilkesi, sabit bir silindir ile bu silindir içerisinde dönü hareketi yapan düşey helis arasına beslenen cevizlerin sıkıştırılarak kabuklarının kırılması şeklindedir. Bu makina ile çalışmada, ceviz boyutuna göre silindir ile helis arasındaki aralık miktarı ayarlanabilir. Ghafari vd. (2011) tarafından geliştirilen bu makina ile yapılan denemeler sonucunda, en uygun helis dönü sayısının 50 min^{-1} , sağlam iç yüzdesinin % 66.66, iş veriminin ise 25.2 kg h^{-1} olduğu belirtilmiştir. Ceviz kabuğunun nem içeriği arttıkça kırılmamış iç miktarının azaldığı ancak yarım iç ya da kelebek miktarının arttığı belirlenmiştir.

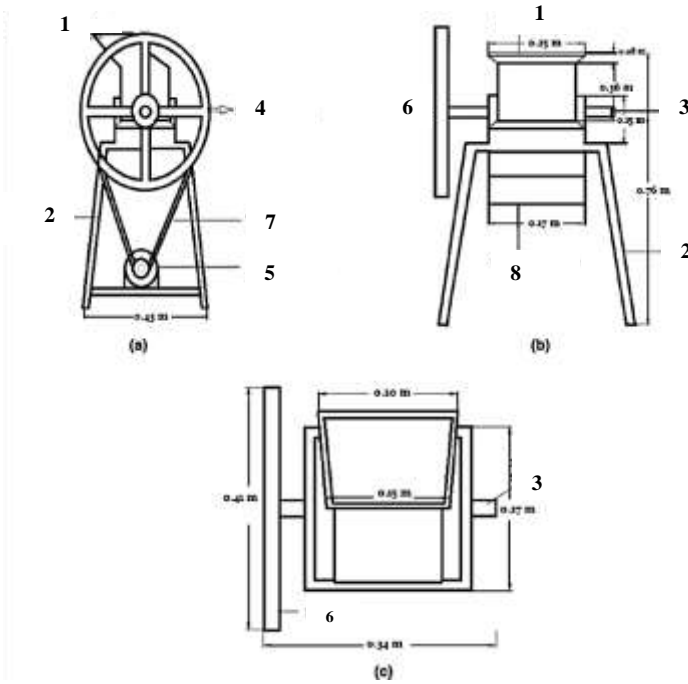


1. Depo, 2. Akış miktarı kontrol düzeni, 3. Silindir, 4. Helis, 5. Toplama kabı, 6. Çatı, 7. Dişli kutusu, 8. Elektrik motoru.

Şekil 6. 11. Düşey Helisli Ceviz Kabuk Kırma Makinası (Ghafari vd., 2011)

Sıkıştırma etkili ceviz kabuk kırma makinalarından bir diğeri dönü hareketli yatay milli ve sabit plakalı ceviz kabuk kırma makinasıdır. Şekil 6.12' de görülen bu makinanın çalışma ilkesi, daha önceden boyutlarına göre sınıflanmış cevizlerin, dönü hareketli testere dişli yatay mil ile sabit yivli plaka arasına doğru beslenmeleri ve burada sıkıştırılarak dönü hareketli milin sabit plakaya karşı uyguladığı kesme kuvvetinin etkisiyle kabuklarının kırılması şeklindedir (Hussain vd. 2018). Yatay mil ile plaka arasındaki aralık miktarı, 15-45 mm arasında ayarlanabilmektedir. Yatay milin dönü sayısı,

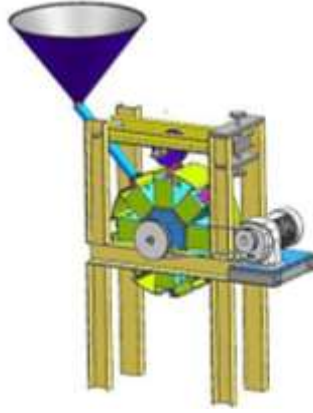
140.62 min⁻¹' dir. Hussain vd. (2018) tarafından bu makinayla orta boyutlu cevizlerle yapılan denemeler sonucunda, makinanın kabuk kırma etkinliğinin % 95, iş veriminin 14.07 kg h⁻¹, duble kelebek ve kelebek toplamının % 35.81 olduğu belirlenmiştir. Aynı denemeler sırasında elle ve elle çalışan kendileri tarafından geliştirilen bir kırma aletiyle de denemeler yapmışlardır. Buna göre duble kelebek ve kelebek toplamlarının elle kırmada % 35.10, geliştirdikleri kırma aletinde % 84.19; iş verimlerinin ise sırasıyla 3.21 kg h⁻¹ ile 1.29 kg h⁻¹ olduklarını bildirmişlerdir.



1. Besleme deposu, 2. Ana çatı, 3. Dönü hareketli mil, 4. Tahrik edilen kasnak, 5. Tahrik kasnağı, 6. Kasnak, 7. V kayış, 8. Çıkış ağzı.

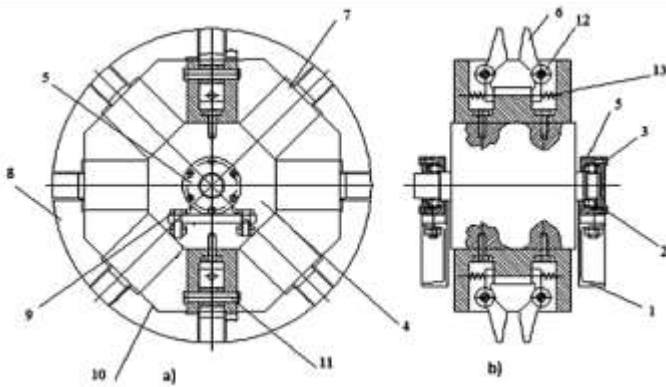
Şekil 6. 12. Yatay Milli ve Sabit Plakalı Ceviz Kabuk Kırma Makinası (a. Yandan görünüş, b. Önden görünüş, c. Üstten görünüş) (Hussain vd., 2018)

Barakev, Mirzaev, Toirov ve Alimov (2021) tarafından geliştirilen cevizi bir kısaçla sıkıştırarak kabuğunu kıran tamburlu kabuk kırma makinası, Şekil 6.13' de gösterilmiştir. Bir elektrik motorundan hareket alan makina; depo, besleme düzeni, tambur, çatı ve hareket iletim düzeninden oluşmuştur.



Şekil 6. 13. Tamburlu Ceviz Kabuk Kırma Makinası (Barakev vd., 2021)

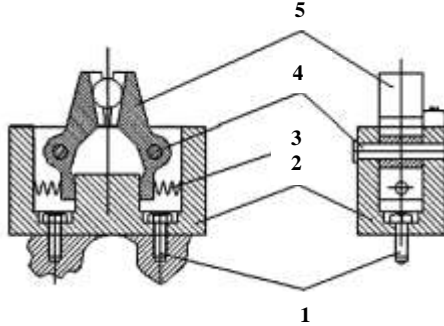
Şekil 6. 14 (a)' dan anlaşılacağı gibi tambur; milin (4) hareket etmesine yardımcı olan yatak (2) ve dişli bağlantı parçası (3) aracılığıyla çatıya monte edilmiştir. Mil, yatakla birleştiği yerlerde silindirik, orta kısımda ise sekizgen prizma şeklindedir. Kavrama parçaları (7), sekizgen prizma kesitli milin her iki yanına takılmıştır. Şekil 6. 14 (b)' de ise işleyici parçanın enine kesiti gösterilmiştir. Kısaçaların (6) aralarına yerleşen cevizlerin kabukları sıkıştırılarak kırılır. Bu nedenle işleyici parça, mengeneye benzer. Kısaçaların mengene gibi çalışmaları için menteşeler (12) ve yaylar (13) kullanılmıştır. Milin dönü sayısı, 60 min^{-1} ' dir.



1. Tamburun destek silindiri, 2. Yatak, 3. Bağlantı, 4. Sekizgen prizma valf, 5. Yatak gövdesi, 6. Sıkıştırma kıskaçı, 7. Kavrama parçası, 8. Engelleme parçası, 9. Cıvatalı bağlantı, 10. Gövde, 11. Sarmal yaylı menteşe, 12. Menteşe, 13. Yay.

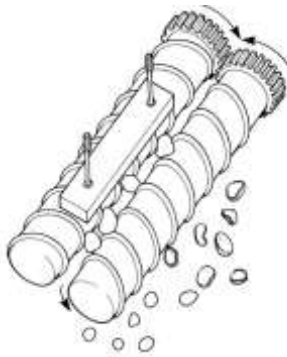
Şekil 6. 14. Ceviz Kabuk Kırma Makinasının Tamburu (a. Önden görünüş, b. Yandan Görünüş) (Barakev vd., 2021)

Şekil 6. 15’ de görüldüğü gibi ceviz sabitleme parçası; cıvatalar (1), gövde (2), yay (3), menteşe (4) ve kısıkaçlardan (5) oluşmuştur. Kısıkaçların işleyici yüzeyleri doğrudan cevizlerle temas halinde olduğundan aşınmaya karşı dayanıklı olmalıdır. Bu nedenle kısıaçların karbon çeliği ve siliko-mangan alaşımlı çelik gibi dayanıklı malzemelerden yapılmaları gerekir. Kısıkaç yüzeyinin sertlik derecesi, 35-45 HRC arasında değişmektedir.



1. Cıvata, 2. Gövde, 3. Yay, 4. Menteşe, 5. Kısıkaçlar.
Şekil 6. 15. Ceviz Sabitleme Parçası (Barakev vd., 2021)

Şekil 6.16’ da görülen helisel vidalı kabuk kırma makinası da sıkıştırma etkili ceviz kabuk makinalarındandır. Makinanın işleyici parçası, birbirine göre ters yönde dönü hareketi yapan geniş adımlı, sağ ve sol helisel vidalardan oluşur. Bu makinadan makademya cevizinin etli dış kabuğunun sıkıştırılarak aşındırılması ya da soyulmasında da yararlanır.



Şekil 6.16. Helisel Vidalı Kabuk Kırma Makinası (Pinson vd., 2014)

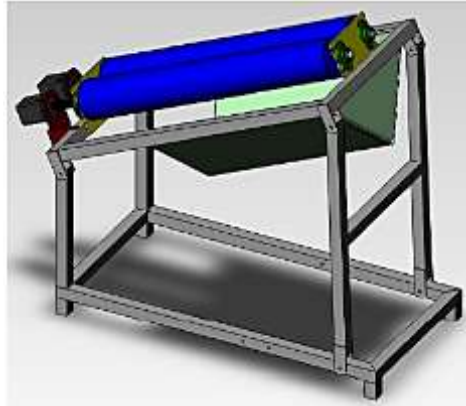
Konik kabuk kırma makinası, sıkıştırma etkisiyle cevizin kabuğunu kıran bir makinedir. Şekil 6.17’ den anlaşılacağı gibi işleyici parçaları, iç ve dış konilerden oluşur. İç koni dönü hareketli, dış koni ise sabittir.



Şekil 6. 17. Konik Ceviz Kabuk Kırma Makinası ve İşleyici Parçası (Dasso, 2012)

Makinanın çalışma ilkesi, konilerin arasına beslenen cevizlerin iç koninin dönü hareketi ve yerçekimi kuvvetinin etkisiyle koniler arasındaki gittikçe daralan aralıkta ilerleyerek sıkıştırılıp kabuğunun kırılması şeklindedir. Ceviz boyutuna göre koniler arasındaki aralık miktarı, dönü hareketli iç koninin aşağı-yukarı alınmasıyla ayarlanabilmektedir. Bu makina da kabuk kırma etkinliğinin artması ve zedelenmiş iç miktarının azalması için cevizlerin daha önceden temizlenerek sınıflandırılmaları gerekmektedir.

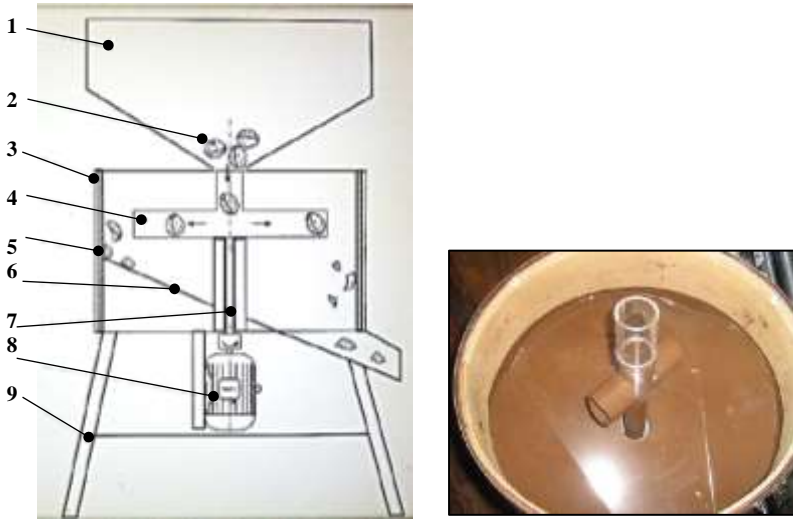
Dasso (2012) tarafından, tasarladıkları eğik valsli ceviz kabuk kırma makinasının işleyici parçalarının bir çatı üzerine yerleştirilen eğim açıları 15, 17.5 ve 20°'ye ayarlanabilen, birbirlerine göre ters yönde dönü hareketi yapan 2 adet vals ya da silindirden oluştuğu belirtilmiştir. Valslerin dönü sayıları 150, 200 ve 250 min^{-1} 'e ayarlanabilmektedir. Makina, valsli sınıflandırma makinalarına benzemektedir (Şekil 6.18).



Şekil 6. 18. Eğik Valsli Ceviz Kabuk Kırma Makinası (Dasso, 2012)

Eğik valsli ceviz kabuk kırma makinasının çalışma ilkesi, üst kısımdan valslerin arasına beslenen cevizlerin birbirlerine göre ters yönde dönü hareketi yapan valslerin arasında aşağıya doğru ilerleyerek boyutlarının uygun olduğu kısımdan valslerin arasına düşerek burada sıkıştırılarak kabuklarının kırılması şeklindedir.

Şekil 6.19’ da görülen santrifüj kabuk kırma makinası, çarpma etkili ceviz kabuk kırma makinalarından birisidir.



1. Depo, 2. Ceviz, 3. Muhafaza, 4. Boru şeklindeki rotor, 5. Değiştirilebilir halka, 6. Eğik yüzey, 7. Mil, 8. Motor, 9. Çatı.

Şekil 6. 19. Santrifüj Etkili Ceviz Kabuk Kırma Makinası ve İşleyici Parçası (Bernik, 2015)

Santrifüj etkili ceviz kabuk kırma makinasının çalışma ilkesi, depodan beslenen cevizlerin dönü hareketi yapan boru şeklindeki metal rotorun içerisine düşüp buradan santrifüj kuvvetin etkisiyle hızla savrulurken halkanın ya da muhafaza iç yüzeyine çarparak kabuklarının kırılması şeklindedir (Bernik, 2015). Rotor mili, elektrik motorundan hareket alır. Milin dönü sayısı, ayarlanabilir. Muhafazanın iç kısmına yerleştirilen halka şeklindeki parçanın yivli, dişli ya da sivri yüzeyli ahşap, metal ya da plastik malzemelerden yapılmış çeşitli tipleri vardır. Bu makinaya benzeyen ayçiçeği tohumları ile fındık meyvelerinin sert kabukları da kıran makineler de bulunmaktadır.

KAYNAKÇA

- Advanced Geoscience Instruments Company. (2018). Oilseeds dehulling machine. AGICO. Erişim adresi (16 Nisan 2021): <http://www.agicosolution.com/product/oilseeds-dehulling-machine>
- Akçalı, İ. D., Çetinel A. ve Güzel, E. (1988). Yerfıstığının bazı fiziksel özellikleri ve darbe mukavemeti. Tarımsal Mekanizasyon 11. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, s. 314-326, Erzurum.
- Altuntaş, E. ve Mutlu, A. (2007). Antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) kabuklu ve iç meyvesinin bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(1), 19-25. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/82279>
- Anonim. (2008). Ceviz-Kabuklu. Türk Standardı, TS 1275/Nisan 2006, Resmi Gazete. Sayı 27021.
- Anonim. (2015). Tarım Sert Kabuklu Meyveler. MEB, 97 s., Ankara.
- Asiedu, J. J. (1989). Processing tropical crops: A technological approach. Macmillan, London.
- Bagheri, I., Payman, S. H. ve Rahimi-Ajdadi, F. (2011). Mechanical behaviour of peanut kernel under compression loading as a function of moisture contents. *Elixir Agriculture*, 36(2011), 3552-3557. Erişim adresi: https://www.academia.edu/53596396/Mechanical_behavior_of_peanut_kernel_under_compression_loading_as_a_function_of_moisture_contents
- Baltes, J. (1975). Gewinnung und verarbeitung von nahrungsfetten. Grundlagen und Fortschritte der Lebensmittel-Untersuchung, Berlin und Hamburg.
- Barakev, N., Mirzaev, O., Toirov B. ve Alimov, A. 2021. Justification of the Parameters of Parts of Walnut Cracking Machine. ICMSIT-II, Journal of Physics: Conference Series, 1889, 022061.
- Bernik, R. 2015. Preizkusno delovanje stroja za luscenje orehov. *Acta Agriculturae Slovenica*, 105 (1): 141-155.
- Bernik, R., Stajanko D. ve Lakota M. 2009. The impact of vaporization on the crushing nuts (*Juglans regia* L). *Pomologia Croatica*, 15: 15-26.
- Bilgen, A. (1973). Antepfıstığı. Ogun Kardeşler Matbaacılık Sanayi, Gıda-Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Basın Yayın ve Halkla İlişkiler Dairesi Başkanlığı Yayınları, 122 s., Ankara.

- Bühler AG. (2014). Sunflower dehulling. Bühler AG 2014. Erişim adresi (16 Şubat 2021): http://www.ofievents.com/turkey/contentimages/wygwam/9._Dirk_Heinrich.pdf
- Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales. (2012). CNRTL. Erişim adresi (17 Ekim 2019): <https://www.cnrtl.fr/definition/décorticage>
- Ceres Fair Food. (2021). Fresh pistachios-A rare treat indeed. CFF. Erişim adresi (30 Nisan 2021): <https://www.ceresfairfood.org.au/chris-newsletter/fresh-pistachios-a-rare-treat-indeed>
- Chinsuwan, W. (1983). Final Report: Groundnut Decorticators Project. A Report Submitted to the International Development Research Centre (IDRC).
- Dasso, M. 2012. Design, Construction, and Testing of a Walnut Cracker. BioResource and Agricultural Engineering, BioResource and Agricultural Engineering Department, California Polytechnic State University, San Luis Obispo.
- Definitions Network. (2020). Definitions. Erişim adresi (24 Eylül 2019): <http://definitions.net>
- Dican, Ö. 2015. Ceviz yeşil kabuğu çıkartma makinesi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 60 s., Afyon. Erişim adresi: <https://acikerisim.aku.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11630/6016/10092107.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dikmen, D. (2015). Sert kabuklu kuruyemişler ve sağlık üzerine etkileri. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 43(2), 174-182. Erişim adresi: <https://beslenmevediyetdergisi.org/index.php/bdd/article/view/142>.
- Doty, H. O. (1978). Future of sunflower as an economic crop in North America and the World. In J.F. Carter (Ed). Sunflower Science and Technology. Agronomy Monogram 19. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, 26 s.
- Dönmez, İ. E., Selçuk, S., Sargın, S. ve Özdeveci, H. (2016). Kestane, fındık ve antepfıstığı meyve kabuklarının kimyasal yapısı. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 17(2), 174-177. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/252913>
- Duran, H. (2006). Fındık kabuk kırma makinaları. Yayımlanmamış ders ödevi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Ankara.

- Dursun Gökür, İ. (1997). Bazı ürünlerin nokta yükü altındaki kabuk kırılma dirençlerinin belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, s. 950-957, Tokat.
- Efege Mühendislik. (2017). Kabuk ayırma makinası. Erişim adresi (23 Şubat 2021): <http://www.efegemuhendislik.com/makina-projeleri-projesi-elektrik-projesi-taahhut-isleri-danismanligi-manisa-izmir-istanbul-ankara-bursa-balikesir-kocaeli-trabzon-konya-gaziantep>
- Etsy. (2023). Pistachio opener, pistachio nuts cracker, nut opener, nutcracker. Erişim adresi (30 Ocak 2023): <https://www.etsy.com/listing/1095312424/pistachio-opener-pistachio-nuts-cracker>
- Figueiredo, A. K., Rodríguez, L. M., Riccobene, I. C. ve Nolasco, S. M. (2014). Analysis of the performance of a dehulling system for confectionary sunflower seeds. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 541-548. doi: 10.4236/fns.2014.56064
- Food and Agriculture Organization. (2021). Crop processed. FAO, Erişim adresi (18 Şubat 2021): <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QD>
- Food and Nutrition Library. (1992). Hand-operated wooden groundnut shellers. *One hundred and one technologies-From the South for the South* (231 s.), International Development Research Centre (IDRC). Erişim adresi (18 Mayıs 2021): <http://www.nzdl.org/cgi-bin>
- Gezginç, Y. ve Duman, A. D. (2004). Antep fıstığı işleme tekniği ve muhafazasının kalite üzerine etkisi. *Gıda*, 29(5), 373-378. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/79418>
- Ghafari, A., Chegini, G. R., Khazaei J. ve Vahdati, K. 2011. Design, construction and performance of the walnut cracking machine. *International Journal of Nuts Related Sciences*, 2(11), 11-16. doi: 10.22034/JON.2011.515757
- Giresun Ticaret Borsası. (2021). Fındık çeşitleri. Erişim adresi (29 Nisan 2021): <https://www.giresuntb.org.tr/findik.php?findik=cesit>
- Gore, K. L., Gupta C. P. ve Singh G. (1990). Development of power-operated groundnut sheller. *Agricultural Mechanization Asia, Africa and Latin America*, 21(3), 38-44.
- Gökür, İ. (1990). Ayçiçeği tohumu kabuğunu kıran makinanın geliştirilmesi (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Mekanizasyon Anabilim Dalı, 106 s., Ankara.

- Göknur, İ. (1991). Basınçlı hava etkisiyle bazı tohumların kabuklarını kıran kabuk kırma makinası prototipinin geliştirilmesi. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 1204, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 660, Ankara.
- Gupta, R. K. ve Das S. K. (1997). Physical properties of sunflower seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 66(1), 1-8. <https://doi.org/10.1006/jaer.1996.0111>
- Gupta, R. K. ve Das, S. K. (1999). Performance of centrifugal dehulling system for sunflower seeds. *Journal of Food Engineering*, 42(4), 191-198. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00119-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00119-3)
- Güner, M., Dursun E. ve Dursun, İ. G. (2003). Mechanical behaviour of hazelnut under compression loading. *Biosystems Engineering*, 85(4), 485-491. [https://doi.org/10.1016/S1537-5110\(03\)00089-8](https://doi.org/10.1016/S1537-5110(03)00089-8)
- Güzel, E. (1990). *Hasat-harman ilkeleri ve makinaları*. Ç.Ü., Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı No: 116, 364 s., Adana.
- Harlow, I. (2014). How to havest, process and store black walnuts. Erişim adresi (15 Şubat 2023): <https://www.farmanddairy.com/top-stories/harvest-process-store-black-walnuts/215439.html>
- Hussain, S. Z., Ammatullah, B., Kanojia, V., Reshi, M., Naseer, B. ve Naik, H. R. (2018). Design and development of technology for walnut cracking. *Journal of Food Science and Technology*, 55(12), 4973-4983. doi: 10.1007/s13197-018-3435-0
- Indiamart. (2021). Sunflower seed white. Erişim adresi (18 Şubat 2021): <https://www.indiamart.com/proddetail/sunflower-seeds-white-21148610591.html>
- Jedds. (2020). Black oil sunflower seed (Leach Grain & Milling). Erişim adresi (18 Şubat 2021): <https://www.jedds.com/shop/black-oil-seed-5-lb/>
- Kabir, A. A. ve Fedele, O. K. (2018). A review of shelling, threshing, de-hulling and decortivating machines. *Open Access Journal of Agricultural Research*, 3(1), 000148. Erişim adresi: <https://medwinpublishers.com/OAJAR/OAJAR16000148.pdf>
- Kaçmaz, A. (2006). Yerfıstığı işleme teknolojisi ve bu amaçla kullanılan makinelerin iş başarılarının değerlendirilmesi üzerine bir araştırma (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, 51 s., Adana.

- Kadayıfçılar, S. (1997). Fındık kabuk kırma makinaları şekilleri. Yayınlanmamış metin, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Mekanizasyon Bölümü, Ankara.
- Kadayıfçılar, S. ve Uslu, M. (1981). Yerfıstığı hasat ve harman makineleri. Türkiye Ziraat Donatım Kurumu Mesleki Yayınları, 42 s., Ankara.
- Kalaycı, E., Avinc, O. O., Bozkurt, A. ve Yavaş, A. (2016). Tarımsal atıklardan elde edilen sürdürülebilir tekstil lifleri: Ananas yaprağı lifleri. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(2), 203-221. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/227632>
- Kaplan, A. ve Sağlam, R. (1998). Antepfıstığı yetiştiriciliğinde ve hasat sonrasında uygulanan tarımsal mekanizasyon işlemlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. 18. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi, Tekirdağ.
- Kaya, Y. (2021). Ayçiçeği kabuğunun besin maddesi ve kapsamı. Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü. Erişim adresi (15 Şubat 2021): <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=50>
- Koyuncu, M. A., Ekinci, K. ve Savran, E. (2003). Cracking characteristics of walnut. *Biosystems Engineering*, 87(3), 305-311. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2003.11.001>
- Kumwenda, W. (2008). Décortiqueur d'arachides manuel en bois. ICRISAT. Erişim adresi (16 Nisan 2021): <http://www.cgiar.org/icrisat>
- Kuru, C., Karaca, R., Tekin, H., Akkök, F. ve Uygur, N. (1988). Antepfıstığı yetiştiriciliği. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, 54 s., Ankara.
- Lorenz, M. (2023). How to harvest black walnut. Erişim adresi (15 Şubat 2023): <https://www.wikihow.com/Harvest-Black-Walnuts>
- Maghsoudi, H., Khoshtaghaza, M. H., Minaei S. ve Dizaji, H. Z. (2012). Fracture resistance of unsplit pistachio (*Pistacia vera* L.) nuts against splitting force, under compressive loading. *J. Agr. Sci. Tech.*, Vol. 14, 299-310. Erişim adresi: <https://jast.modares.ac.ir/article-23-1391-en.pdf>
- Marchand, D. (1986). Le Décortilage des arachides. Une solution neuve a un probleme ancien. Le CRDI, Explore. Erişim adresi (18 Mayıs 2021): <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/25716/115105.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- MBoya, O. P. (2005). Optimizing the performance of a manually operated groundnut (*Arachis hypogaea*) decorticator. Degree of Master of Science in Environmental and Biosystems Engineering of University of Nairobi, B.Sc. (Hons) EBE UoN.
- Meltem. (2023). Meltem M-60 30 Kg. 60 Lt. Sabit Devir Ceviz Soyma Makinesi. Erişim adresi (17 Şubat 2023): <https://www.n11.com/urun/meltem-m-60-30-kg-60-lt-sabit-devir-ceviz-soyma-makinesi-818010?magaza=meltem-pazarlama>
- Mingzheng, L., Changhe, L., Chengmao, C., Liqiang, W., Xinping, L., Ji, C., Huimin, Y., Xiaowei, Z., Huayang, Z., Guangzan, H. ve Xiangdong, L. (2021). Walnut fruit processing equipment: Academic insights and perspectives. *Food Engineering Reviews*, 13, 822-857. doi:10.1007/s12393-020-09273-6
- Molinard, M. ve Ribailier, D. (1983). Détermination du pourcentage de coques dans les graines de tournesol. Mise au point d'un nouvel appareil de décortilage. *Informations Techniques CETIOM*, 3, 19-24.
- Muttagi, G. C. ve Joshi, N. (2017). A mechanical method for small scale dehulling of sunflower seeds. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 5(6), 379-388. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.5826>
- Nag, K. N., P. Singh, P. ve Bhandari, R. (1983). A Centrifugal Impeller-Type of Sunflower Seed Decorticator. *Agricultural Mechanization Asia, Africa and Latin America*, 14(1).
- Nalbant, M. (1991). Fındık kabuğunun sıkıştırma ve çarptırma yöntemiyle kırılması. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(12), 115-130, Samsun.
- Nalbant, M., Ülger, P. ve Akman, R. (1987). Zincirli batörlerin cevizin yeşil kabuğunun kavlatılmasına etkisi. 3. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı, 606-613, İzmir.
- Norris, A. (1982). Extraction of fats and oils. Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Vol: 2, USA.
- Olaşide, J. O. ve Igbeka, J. C. (2003). Some physical properties of groundnut kernels. *Journal of Food Engineering*, 58(2003), 201-204. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)0323-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)0323-0)
- Özçelik, E., Akyurt, M. ve Sıpaşi, S. (1977). Antepfıstığının mekanik çıtlatılması. TÜBİTAK, TOAG, Proje No: 229, Ankara.

- Özdemir, M. (1999). Comparison of the quality of hazelnuts shelled with modified conical sheller and stone sheller. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 72, 211-216. <https://doi.org/10.1006/jaer-1998.0364>
- Özdemir, M. ve Özilgen, M. (1997). Comparison of the quality of hazelnut unshelled with different sizing and cracking systems. *Journal Agricultural Engineering Research*, 67, 219-227. <https://doi.org/10.1006/jaer.1997.0163>
- Özden K. ve Alayunt, F. N. (2006). The determination of some physical properties of *Pistachio vera* L. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9(14), 2612-2617.
- Özkaya, H., Göğüş, A. ve Türker, İ. (1983). *Gıda bilimi ve teknolojisi*. A.Ü. Ziraat Fakültesi Teksir No: 113, Ankara.
- Pınar, Y. ve Beyhan, M. A. (1990). Samsun ve Ordu yöresinde fındık tarımında mekanizasyon durumu. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(12), 99-114.
- Pinson, G. S., Melville, D. J. ve Cox, R. S. (2014). Decortication of tropical oilseeds and edible nuts. NRI Bulletin No: 42, Greenwich Academic Literature Archive (GALA) Citation. Erişim adresi (15 Aralık 2019): <http://gala.gre.ac.uk/id/eprint/11073>
- Pistachio Nut Opener. (2023). The Pistachio Nut Opener. Erişim adresi (02 Şubat 2023): <https://www.pistachio-opener.com>
- Polat, R., Toy, M. ve Atay, Ü. (2005). Antepfıstığı işleme tesislerinin durumu, sorunları ve çözüm önerileri. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(4), 43-47, Urfa. Erişim adresi: <https://pdf.trdizin.gov.tr/pdf>
- Ram, G. P. ve Ramasubramanian, A. (2015). Design and analysis of decorticator machine blade. International Conference on Engineering Trends and Science & Humanities (ICETSH-2015), 12-16.
- Ribaillier, D. (1981). Determination du pourcentage de coques dans les graines de tournesol. Informations Techniques CETIOM, Paris.
- Rogel, H. (2003). Pistachio nut opener for splitting open pistachio nut shells. United States Patent, Patent No: US 6,609,303 B2. Erişim adresi (02 Şubat 2023): <https://patentimages.storage.googleapis.com/46/db/d1/20e1fd72fbd9d/US6609303.pdf>

- Sanford, J. M., Schumacher, T., Selig, J. A., Shewchuk, L.A., Meyer, T., Bohnhoff, D. R. ve Reinneman, D. J. (2015). Small-scale hazelnut cracker. Biological Systems Engineering Department University of Wisconsin, Madison.
- Selon Les Pays. (1967). Les décortiqueuses d'arachide a main. *Oléagineux Revue Internationale des Corps Gras*, 22 (2), 95-97.
- Selvam, T.A., Manikantan, M. R., Chand, T., Sharma, R. ve Seerangurayar T. (2014). Compression loading behaviour of sunflower seeds and kernels. *International Agrophysics*, 28, 543-548. doi: 10.2478/intag-2014-0045
- Sesli, Y. 2014. Ceviz Yetiştiriciliği. Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yayın No: 61, 8 s., Isparta.
- Sesli Sözlük. (2021). Erişim adresi (22 Şubat 2021): <https://www.seslisozluk.net/baraban-nedir-ne-demek>
- Sihno. (2023). Automatic Green Walnut Peeling Machine Walnut Sheller. Erişim adresi (17 Şubat 2023): <https://sihno-machinery.en.made-in-china.com/product/xwGEODMvfYkh/China-Automatic-Green-Walnut-Peeling-Machine-Walnut-Sheller.html>
- Şeker, M. (2021). Comparative advantage of Turkey in international trade. Erişim adresi (29 Nisan 2021): http://users.econ.umn.edu/~holmes/class/2007f1101/lec34_Muratslides.pdf
- Şen, S. M. (1986). *Ceviz yetiştiriciliği*. Eser Matbaası, 229 s., Samsun.
- Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü MüdürlüğüE. (2021). Tarım ürünleri piyasaları ceviz. Strateji Geliştirme Başkanlığı TEPGE, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. Erişim adresi (22 Mart 2022): <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge>
- Techmachine. (1989). Presentation du diagramme de decorticage/triage de graines de tournesol de bouche. TECMACHINE Filiale HEF, Bouthéon.
- Terme Ticaret Borsası. (2016). Fındık yetiştiriciliği. Erişim adresi (29 Nisan 2021): <http://www.termetb.org.tr/%C3%9CR%C3%9CNLER%C4%B0M%C4%B0Z/F%C4%B1nd%C4%B1k/tabid/2079/Default.aspx>
- Türk Dil Kurumu. (2019). Türk Dil Kurumu sözlükleri. Erişim adresi (29 Nisan 2021): <https://sozluk.gov.tr>
- Tw Grandeur Machinery. (2021). Rice hullers. Erişim adresi (22 Nisan 2021): http://grain-dryer.rice-machine.com.tw/en/2-2162-72266/product/Rice-Hullers-id2_59175.html

- Ülger, P. (1985). *Ürün işleme ilkeleri ve makinaları*. TZDK Mesleki Yayınları, No: 37, Ankara.
- Vectorstock (2023). Groundnut plant vectors. Erişim adresi (23 Ocak 2023): <https://www.vectorstock.com/royalty-free-vectors/groundnut-plant-vectors>
- Yıldız, T. (2020). Türkiye’ de fındık tarımında hasat-harman mekanizasyonu. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 16(1), 12-22. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1075063>
- Yılmaz, T. (1985). Fındık kabuğunun basınçlı hava ile kırılması. Tarımsal Mekanizasyon 9. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, s. 50-57, Adana.



IKSAD
Publishing House



ISBN: 978-625-367-040-5