



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**OLUKLU MUKAVVA ÜRETİMİNDE PROSES
KOŞULLARININ HAMMADDE ÜRÜN DİRENÇ İLİŞKİSİ
ÜZERİNE ETKİLERİ**

**Orm. End. Müh. Ahsen Ezel BİLDİK
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Programı**

**Danışman
Prof. Dr. Bahattin GÜRBOY**

Haziran, 2010

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**OLUKLU MUKAVVA ÜRETİMİNDE PROSES
KOŞULLARININ HAMMADDE ÜRÜN DİRENÇ İLİŞKİSİ
ÜZERİNE ETKİLERİ**

**Orm. End. Müh. Ahsen Ezel BİLDİK
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Programı**

**Danışman
Prof. Dr. Bahattin GÜRBOY**

Haziran, 2010

İSTANBUL

Bu alışma 21/06/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Endüstri Mühendisliği. Anabilim Dalı Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Danışman Adı: Prof. Dr. Bahattin GÜRBOY
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi

Jüri Adı: Doç.Dr. Celil ATİK
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi

Jüri Adı: Doç.Dr. Nural YILGÖR
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi

Jüri Adı: Yard.Doç.Dr. Öznur ÖZDEN
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi

Jüri Adı: Doç.Dr. Saim ATEŐ
Üniversite Kastamonu Üniveristesi
Fakülte Orman Fakültesi

ÖNSÖZ

OLUKLU MUKAVVA ÜRETİMİNDE PROSES KOŞULLARININ HAMMADDE ÜRÜN DİRENÇ İLİŞKİSİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Oluklu Mukavva Üretiminde Proses Koşullarının Hammadde Ürün Direnç İlişkisi Üzerine Etkileri' adlı bu çalışma İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'ne Yüksek Lisans Tezi olarak sunulmuştur. Çalışma İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Anabilim Dalı Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Beni bu konuda çalışmaya yönlendiren, her zaman destekleyen ve tezimin her aşamasında emeklerini esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Bahattin GÜRBOY'a teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman değerli görüş ve tecrübelerinden yararlandığım Hocalarım Sayın Doç. Dr. Celil ATİK, Yrd. Doç. Dr. Öznur ÖZDEN ve Yrd. Doç. Dr. Gülnur ELMAS MERTOĞLU'na, çalışmamın her alanında sonsuz desteklerini sunan arkadaşım Yağmur BİRİCİK'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamızın gerçekleşmesinde oluklu mukavva kağıtlarını ve kutularını temin eden Ateşsan firmasına teşekkürü bir borç bilirim.

Tüm yaşamımda olduğu gibi tez çalışmamın her aşamasında da beni yürekten büyük bir özveriyle destekleyen aileme özellikle de annem Suna Pamir BİLDİK, babam Necdet BİLDİK, kardeşim Aslıhan BİLDİK'e deney ve yazım aşamalarındaki büyük katkılarından dolayı gönülden teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	i
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ	v
SEMBOL LİSTESİ.....	vi
ÖZET.....	vii
SUMMARY	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. KÂĞIT ENDÜSTRİSİ.....	2
1.2. KAĞIT AMBALAJ TEKNİĞİ	4
1.3. OLUKLU MUKAVVA	6
1.3.1. Oluklu Mukavva Tarihçesi	7
1.3.2. Oluklu Mukavvanın Özellikleri.....	9
1.3.3. Oluklu Mukavva Üretim Prosesi.....	14
1.3.3.1. <i>Oluklu Mukavva Makinesinin Temel Bölümleri.....</i>	<i>15</i>
1.3.4. Oluklu Mukavvada Kullanılan Hammaddeler	16
1.3.4.1. <i>Yüzey Kâğıdı</i>	<i>16</i>
1.3.4.2. <i>Kraft Yüzey Kâğıdı</i>	<i>18</i>
1.3.4.3. <i>Test Yüzey Kâğıdı.....</i>	<i>18</i>
1.3.4.4. <i>Oluklu Kâğıdı.....</i>	<i>18</i>
1.3.4.5. <i>Şirenz (Geri Dönüşümlü) Oluklu Kağıt.....</i>	<i>19</i>
1.3.4.6. <i>Kraft Oluklu Kâğıt</i>	<i>19</i>
1.3.4.7. <i>Saman Oluklu Kâğıt</i>	<i>19</i>
1.3.4.8. <i>Tutkallar.....</i>	<i>20</i>
2. MATERYAL VE METOD.....	22
2.1. OLUKLU MUKAVVA KUTULARI VE KAĞIT TABAKALARI.....	22
2.2. Örnek sayısı belirleme	25

2.3. İstatistik programı kullanma.....	25
2.4. KÂĞIT FİZİKSEL DİRENÇ ÖZELLİKLERİ TAYİNİ	26
2.4.1. Kâğıt Testleri İçin Kondisyonlama Koşulları	26
2.4.2. Gramaj Tayini	26
2.4.3. Kalınlık Tayini.....	26
2.4.4. Kısa Mesafe Sıkıştırma Direnci Testi (SCT Yöntemi).....	26
2.4.5. Oluklu Kâğıdı 10 Dalga Ezilme Direnci Testi (CMT Yöntemi).....	27
2.4.6. Oluklu Dik Ezilme Direnci Testi (CCT Yöntemi).....	27
2.4.7. Çekme Direnci Belirleme.....	28
2.4.8. Su Emme Dayanımı (Cobb)	29
2.4.9. Patlama Direnci Belirleme	30
2.4.10. Yırılma Direnci Belirleme.....	31
2.4.11. Halka Ezilme Testi (RCT Yöntemi)	31
2.4.12. Kenar Ezilme Testi (ECT Yöntemi).....	32
2.4.13. Kutu Ezilme Testi (BCT Yöntemi).....	32
2.5. Çeşitli proses koşulları ve bunların direnç üzerine etkileri	33
2.5.1. Stoklama Süresinin Direnç Üzerine Etkisi	34
2.5.2. Çevre ve İklim Şartlarının Etkisi	35
2.5.2.1. Nemin Etkisi	35
3. BULGULAR.....	37
3.1. OLUKLU MUKAVVA KÂĞIDI FİZİKSEL TEST SONUÇLARI.....	37
3.1.1. Laboratuarda Elde Edilen Fiziksel Test Sonuçları.....	37
3.1.2. Fabrika Fiziksel Test Sonuçları.....	40
3.2. OLUKLU MUKAVVA KUTU FİZİKSEL TEST SONUÇLARI	41
3.3. OLUKLU MUKAVVA KUTU DİRENÇ DEĞERLERİNİN M_c KEE	
FORMÜLÜNE GÖRE HESAPLANMASI.....	44
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	48
4.1. TARTIŞMA	48
4.1.1. KENAR EZİLME TESTİ ECT'NİN KUTU EZİLME DİRENCİ BCT	
ÜZERİNE ETKİSİ.....	48
4.1.2. SCT VE RCT'NİN ECT ÜZERİNE ETKİLERİ	49
4.1.3. PROSES KOŞULLARININ ECT ÜZERİNE ETKİLERİ.....	50

4.1.4. OLUKLU MUKAVVA KÂĞITLARINDA YIRTIILMA DİRENCİ VE ÇEKME DİRENCİNİN OLUKLU MUKAVVA KUTU DİRENCİ ÜZERİNE ETKİLERİ.....	51
4.1.5. ELASTİKİYET MODÜLÜNÜN SCT ÜZERİNE ETKİSİ	53
5. SONUÇ.....	54
6. KAYNAKLAR	56
7. ÖZGEÇMİŞ.....	59

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Oluklu Mukavva Kartonun Tabakaları (Schueneman, 2007).....	7
Şekil 1.2 Bilgi Sağlama ve Koruma Fonksiyonları (Poustis, 2005)	10
Şekil 1.3 Oluklu Mukavva Sınıfları	11
Şekil 2.1 CMT Test Aparatı (Kainulainen, Söderhjelm, 1999)	27
Şekil 2.2 CCT Test Aparatı (Kainulainen, Söderhjelm, 1999)	28
Şekil 2.3 RCT Test Aparatı (Kainulainen, Söderhjelm, 1999)	31
Şekil 2.4 Direnç Değerindeki Azalmanın Zamana Bağlı Değişimi (Schueneman, 2007)	34
Şekil 2.5 Mukavvanın Nem Oranının Direnç Özellikleri Üzerindeki Etkisi (Schueneman, 2007).....	35
Şekil 3.1 Oluklu Mukavva Kutuların McKee Formülüne Göre Teorik ve Hesaplanan BCT Değerleri.....	44
Şekil 3.2 Mukavva Kutuların Modifiye McKee Formülüne Göre BCT Değerleri.....	45
Şekil 3.3 Oluklu Mukavva Kutu SCT Verileri ile ECT Karşılaştırılması	46
Şekil 3.4 Oluklu Mukavva Kutu RCT Verileri ile ECT Hesaplanması.....	47
Şekil 4.1 ECT Sonuçları Karşılaştırma.....	49
Şekil 4.2 Proses Koşullarının ECT Üzerine Etkisi	50
Şekil 4.3 Yırtılma Direnci ile CMT_0 ve CMT_{30} Karşılaştırılması	51
Şekil 4.4 Yırtılma Direnci ile CCT Direnci Karşılaştırılması.....	52
Şekil 4.5 SCT ile Çekme Direnci Karşılaştırılması	52
Şekil 4.6 RCT ile Çekme Direnci Karşılaştırılması.....	53
Şekil 4.7 Elastikiyet Modülü ile SCT karşılaştırılması.....	53

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 Karton Üretiminin Alt Gruplara Göre Dağılımı	4
Tablo 1.2 Standart Oluklu Mukavva Dalga Özellikleri (Poustis, 2005)	12
Tablo 2.1 Oluklu Mukavva Levhalarda Kullanılan Kağıt Çeşitleri	23
Tablo 2.2 Oluklu Mukavva Kutuların Hammadde ve Üretim Koşulları.....	24
Tablo 3.1 Oluklu Mukavva Kağıtlarının Kalınlık, Patlama ve Cobb ₆₀ Değerleri.....	37
Tablo 3.2 Oluklu Mukavva Kâğıtlarının Çekme ve Yırtılma Direnç Değerleri.....	38
Tablo 3.3 Oluklu Mukavva Kâğıtlarının RCT, CMT ₀ , CMT ₃₀ ve CCT Değerleri	39
Tablo 3.4 Oluklu Mukavva Kâğıtlarının Fabrika Çekme ve Kopma Uzunluğu Değerleri	40
Tablo 3.5 Oluklu Mukavva Kâğıtlarının Fabrika Patlama ve SCT Değerleri.....	41
Tablo 3.6 Oluklu Mukavva Kutuların Fiziksel Direnç Özellikleri.....	42
Tablo 3.7 Oluklu Mukavva Kutu Yüzeylerinin Su Alma Özellikleri	43

SEMBOL LİSTESİ

ECT	: Edge Crush Test
BCT	: Box Compression Test
RCT	: Ring Crush Test
SCT	: Short Span Compressive Test
CCT	: Concora Corrugated Test
CMT	: Corrugated Medium Test
kPa	: KiloPaskal
TAPPI	: Technical Association of the Pulp and Paper Industry
SCAN	: Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee
MY	: Makine Yönu
EY	: Enine Yön

ÖZET

OLUKLU MUKAVVA ÜRETİMİNDE PROSES KOŞULLARININ HAMMADDE ÜRÜN DİRENÇ İLİŞKİSİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Ambalaj günümüzde başlı başına bir sanayidir ve ekonominin alt yapısını oluşturan en büyük hizmet şeklidir. 2000 yılında Dünya'da üretilen ambalaj ürünlerinin miktarı 1.350.000.000 tondur. Bunun 500 milyon tonu (% 37) kağıt-karton ambalajdır. Ambalaj sektöründe de ürünün özelliklerini ve fiziksel yapısını koruması aynı zamanda çevreyi taşıdığı üründen koruması açısından oluklu mukavva en önemli ambalaj türlerinden biridir. Oluklu mukavva ambalajın etkin olarak kullanılabilmesi için, direnç özelliklerinin taşıyacağı ürünle uyumlu olması gerekmektedir.

Oluklu mukavva direnç özellikleri üzerinde proses koşullarının da etkili olmasına karşın kullanılan hammaddenin direnç üzerine etkisi diğer parametrelerden daha fazladır. Özellikle de ürünün temel direnç özelliklerini temsil eden BCT testi verileri sayesinde ürünün kullanım yerine uygun olması sağlanabilir. Burada yapılan çalışmayla, ana hammadde olan kâğıdın özelliklerinden yola çıkılarak, son ürün olan oluklu mukavva kutunun direnç özellikleri hesaplanabilecektir. Bu sayede Oluklu mukavva fabrikası, istenen direnç özelliklerini verebilecek kağıt kombinasyonunu en etkin şekilde görebilecek ve kullanabilecektir. Burada özellikle kâğıt fabrikalarının taahhüt ettikleri test sonuçlarıyla, laboratuarda elde edilen sonuçlar da kıyaslanmış, değişik hammadde alternatifleri ile benzer direnç değerlerine ulaşılabileceği gözlenmiştir. Bu verilerle oluklu mukavva fabrikasında üretilen kutuların hammaddelerin bilinmesi sayesinde maliyet analizlerinin yapılması kolaylaşabilir.

SUMMARY

THE IMPACT OF PROCESS CONDITIONS ON STRENGTH PROPERTIES RELATIONSHIP BETWEEN RAW MATERIAL AND PRODUCT IN CORRUGATED BOARD MANUFACTURING

Packaging is one of the important industrial service in manufacturing that constitute the economics infrastructure. In 2000th the total packing production was 1.350.000.000 ton in the world, and production 500 million (%37) ton of this production is carton paper packing products. In packing industrial corrugated board is the one of the significant product considering preserving the properties and physical shape of goods and also protecting the environment against the packed product. The endurance of corrugated board pack shall comply with the packed product for effective usage.

Although process method is significant in endurance of the the corrugated board, the type of the raw material used for packing is more important than other factor. The product endurance assess through especially the BCT test data. In this study, the endurance of the corrugated board packages will be calculated considering the raw material strength properties. Thus in production of corrugated board packages the required endurance will be obtained with adequate combination. The stipulated test result by factories are compared with test results carried out in the laboratory

1. GİRİŞ

Oluklu mukavva iki düz kâğıt kökenli plaka arasına yivli silindir ile dalga verilmiş kâğıt kökenli malzemenin konulması ile oluşturulan bir malzemedir. Genellikle kutu üretiminde kullanılmaktadır. Oluklu üretiminde kullanılan ara katı kâğıda oluklu (fluting), alt ve üst katı kâğıtlara yüzey kâğıdı (linerboard) denilmektedir (Tank, 1998). Ülkemizde kâğıt-karton çeşitleri arasında en çok üretilen tür oluklu mukavvadır. 2007’de üretilen toplam oluklu mukavva 1.026.475 ton iken 2008’de 1.170.806 ton olup % 14,1 oranında artış göstermiştir (Anon, 2008).

Oluklu mukavva üretim prosesinde kullanılan başta hammadde olmak üzere uygulama sıcaklığı, tutkal sıcaklığı, tutkal viskozitesi, tutkal reçetesi, ortam rutubeti, oluşturulan dalga boyu ve cinsi, elde edilen mukavvaların fiziksel direnç niteliklerini etkilemektedir. Oluklu mukavva üretiminde yüzey tabakada kraft ve test kağıtları, oluklu tabakada ise nötral sülfite, kraft, ve geri dönüşümden elde edilen kağıtlar kullanılmaktadır

Bu çalışmanın amacı; proses koşullarına bağlı olarak kraftliner, testliner, atık kağıt olarak farklı hammaddelerden elde edilen oluklu mukavvaların proses koşulları da göz önünde bulundurularak fiziksel direnç niteliklerinin tespit edilmesidir.

1.1. KÂĞIT ENDÜSTRİSİ

Kâğıt sektörü, hammaddesi durumundaki odun, yıllık bitkiler ve atık kağıtların değişik mekanik ve kimyasal işlemler sonucu geniş bir yelpazeye sahip kâğıt ürünlerine dönüştürülünceye kadar geçen aşamaları içeren endüstri dalıdır. Kâğıt hamuru ara ürünü, kâğıt-karton ise son ürünü oluşturmaktadır. (Gürboy, 2007)

Dünyada en çok üretilen ve tüketilen maddelerden biri olan kâğıt, insanlığın ortak ürünü olan kültürün kuşaktan kuşağa aktarılmasında, bilginin yayılmasındaki rolü ve endüstriyel alandaki yeri ile bakıldığında kağıt tüketimi gelişmişliğin bir ölçütü olarak kabul edilmektedir

Kâğıt üretiminde amaç, liflere (selüloza) fazla zarar vermeden, ekonomik bir yolla, çevreyi kirletmeden ligninin bu bağlayıcı kuvvetlerini yok etmek ve lifsel yapıdaki hücreleri serbest hale getirmektir (Kırcı, 2003).

Kâğıt hamuru yapımında otsu bitkiler de kullanılmakla beraber, dünyada üretilen kâğıt hamurunun % 90'dan fazlası odundan elde edilmektedir. Lif kaynağı olarak kullanılan her bir odun türü farklı niteliklerde hamur vermektedir.

Kâğıt türleri çeşitli nitelikler bakımından birbirinden ayrılır. Bu nitelikleri oluşturan faktörlerden bazıları çok önemlidir ve kâğıdın kullanma yerinin saptanmasında etkili olurlar. Bu faktörler; kâğıdın yapımında kullanılan selüloz türü, ağartma ve inceltme işleminin tipi, kâğıdın yapımında aldığı kalınlık, suyun uzaklaştırılması için uygulanan preslemenin derecesi, presleme işlemindeki basıncın derecesi ve ilave edilen kimyasal maddelerdir. Kâğıt çeşitleri; kitap kâğıdı, gazete kâğıdı, yazı kâğıtları, duvar kâğıtları, şeffaf ve yağlı kâğıtlar, torba ve sargılık kâğıtlar, sıhhi kâğıtlar (havlu, tuvalet ve peçete kâğıtları), sigara kâğıdı, kurutma kâğıtları, katranlı mukavva veya dam kâğıtları, kartonlar, oluklu mukavva, bristol karton ve ambalajlık kartondur (Anon, 2008).

Kâğıt ve karton ürünlerinin kullanımı ve uygulamaları temelde sınırsız olup sürekli olarak yeni ürünler geliştirilmektedir. Kâğıt-kartonlar kültürel ve endüstriyel kâğıtlar olmak üzere iki ana grup ve toplam 8 alt grup halinde incelenmektedir.

Kültürel Kâğıtlar

Yazı ve baskı kâğıtları

Gazete kâğıdı

Endüstriyel Kâğıtlar

Sargılık kâğıtlar

Temizlik kâğıtları

Kraft torba kâğıtları

Oluklu mukavva kâğıtları

Kartonlar

Sigara kâğıdı ve ince, özel kâğıtlar

SEKA yukarıda belirtilen 8 alt gruptan temizlik kâğıtları hariç diğerlerini üretmiştir. Kâğıt-karton üretiminde kullanılan lifsel hammaddeler;

- 1.Odun kökenli hammaddeler (İğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaç odunları)
- 2.Yıllık bitkiler (Saman, karnış, kendir vb.)
- 3.Atık kâğıtları kapsamaktadır (Gürboy, 2007)

Bugün çeşitli kullanım amaçlarına göre çok çeşitli kâğıtlar üretilmektedir. Kâğıdın önemli özelliklerinden birisi de 1 m²'sindeki ağırlığıdır. Buna göre üç çeşit lifsel ürüne ayrılabilir:

Kâğıt :10-150 g/m²

Karton :150-400 g/m²

Mukavva :400-1200 g/m²

Kâğıt uygarlığımızın vazgeçilmez bir gereksinmesidir. Bu nedenle, ulusların gelişme durumunu gösteren bir ölçü olarak sık kullanılmaktadır. Gerçekten de bir ülkenin gelişme durumu ile kişi başına kâğıt tüketimi arasında sıkı bir ilişki vardır. Türkiye'de kâğıt-karton üretimi, 2007 verileri baz alındığında % 6,8'lik artış göstererek 2008 yılında 2.331.911 ton olarak gerçekleşmiştir. Tablo 1.1'de görüldüğü gibi; 2008 yılında 2007 yılına göre gazete kâğıdı, yazı-tabı kâğıdı, kraft torba kâğıdı ve karton üretiminde azalma olurken diğer kâğıt grupları üretiminde artış olmuştur (Anon, 2008).

Tablo 1.1 Karton Üretiminin Alt Gruplara Göre Dağılımı

Kağıt Çeşitleri	2007 (t)	2008 (t)	2007/2008 (%)
Gazete Kağıdı	5.000	-	-100,0
Yazı-Tabı Kağıdı	337.348	323.621	-4,1
Sargılık Kağıtlar	18.600	22.500	21,0
Oluklu Mukavva Kağıtları	1.026.475	1.170.806	14,1
Kraft Torba Kağıdı	69.349	55.030	-20,6
Kartonlar	451.777	432.454	-4,3
Temizlik Kağıtları	270.668	322.500	19,1
Sigara, İnce, Özel Kağıtlar	5.000	5.000	0,0
Toplam	2.184.217	2.331.911	6,8

1.2. KAĞIT AMBALAJ TEKNİĞİ

Ambalaj, ürünlerin korunması, kolay depolanıp taşınması ve tüketicinin dikkatini çekmesi için kullanılan ahşap, cam, metal, kâğıt-karton ve benzeri malzemelerden yapılan ürün tamamlayıcısı bir araçtır. Ambalaj günlük yaşantıda vazgeçilmezdir. Nedeni her şeyin ambalaja ihtiyacı olmasıdır. Günümüzün ambalajları son 200 yılın ekonomik gelişmelerinin ve teknolojik yeniliklerin ürünüdür. 17. y.y.'da kağıt torba, 19. y.y.'da oluklu mukavva ve teneke kutular, süt ve diğerleri için cam şişeler ve diğer ambalaj ürünleri hizmete sunulmuştur. Bu bakımdan ambalajlamanın geleceği sonsuzdur. Ülke ekonomisinde ambalajın özel bir yeri vardır. Ambalaj içindeki ürün ile birlikte dolaylı olarak satın alınır. Ambalajın görevi içindeki malzemeyi hasar, bozulma ve kayıptan korumaktır. Onu satılabilir, depolanabilir ve sevk edilebilir duruma getirmektir. Ayrıca ambalaj ürünün orijinalliğini korur. O halde ambalaj fonksiyonel bir ürün alım-satımı için bir gereksinimdir.

Ambalajın şu kriterleri karşılaması gerekir:

1. Ürünü koruması,
2. Dağıtımını sağlaması,
3. Bilgilendirme ve reklam kabiliyeti,
4. Ekonomik olması,
5. Çevre dostu olması,

6. Ambalaj talimatlarına uygunluğudur.

Ambalajın en önemli fonksiyonu ürünün her aşamada depolanması, taşınması, sergilenmesi, hasardan ve bozulmadan korunmasıdır. Bir ürünün nerede ve ne zaman üretildiğinden bağımsız olarak her yerde ve her zaman tüketiciye sunulabilmesi, ancak bir ambalaja sahip olmasıyla mümkündür. Ambalajın bilgilendirme ve reklam kabiliyetine gelince ticaretteki rasyonelleşme, değişen alışveriş ve tüketim alışkanlıkları, ambalajın görünümünü oldukça değiştirmiştir. Süper marketlerde ürün hakkında bilgi verme konusunda satış elemanlarının yerini ambalaj almıştır. Günümüz rekabet ortamında ambalaj ile ürünün cazibesini arttırmak, tüketicide satın alma isteği uyandırmakta ve satışları arttırıcı etki yapmaktadır. Bir ambalajın ekonomikliği şunlara bağlıdır:

1. Ambalaj malzemesinin ihtiyacına ve fiyatına,
2. Nakliye ve dağıtım fiyatına,
3. Ambalajlama prosesi fiyatına
4. Satışa yardımcı etkisine,
5. Kullanımdan sonraki harcamalara bağlı bulunmaktadır.

Bir ambalajın kullanıldıktan sonra geri kazanılabilir olması, ambalajın ekonomikliği açısından önemlidir. Ayrıca çevre kirliliği açısından da önem taşımaktadır. Bir ambalaj ulusal ve uluslararası yönetmeliklere uyum sağlamalıdır. İnsan sağlığını yakından ilgilendirmesi nedeniyle bu husus özellikle gıda ambalajlarında son derece önemlidir. Bununla ilgili olarak yurt içinde Tarım ve Köy İşleri Bakanlığınca uygulanan Türk Gıda Kodeksi, yurt dışında ise Amerikan FDA ve Alman BGA standartları gıda ambalajında kullanılan kartonlar için öngörülen özellikleri ve bu özellikler için istenen sınır değerleri belirlemektedir.

Ambalaj bugün başlı başına bir sanayidir. Ekonominin alt yapısını oluşturan en büyük hizmet şeklidir. Ürün-ambalaj ilişkisi olmadan üretim ve ticaret yapılamaz. (Gürboy, 2004)

2000 yılında Dünya'da üretilen ambalaj ürünü miktarı 1.350.000.000 tondur. Bunun 500 milyon tonu (% 37) kağıt-karton, 400 milyon tonu (% 30) cam; 300 milyon tonu (% 22) plastik, 150 milyon tonu (% 11) metal ambalajdan oluşmaktadır. Türkiye'de en çok

üretilip tüketilen ambalaj malzemesi oluklu mukavvadır Dünya'da 130 yıldır kullanılan oluklu mukavvanın birçok üstünlüğü vardır. Bunlar:

1. Her ürün ve üretici için ayrı tasarlanabilir,
2. Çevreyi kirletmeden, ürünün doğal yapısını bozmadan, hasara maruz bırakmadan taşınması, dağıtımı ve depolanmasını sağlar,
3. Hijyenik olarak üretildiği için sağlığa zararsızdır,
4. Yıkama, temizleme, iade işlemi gerektirmez,
5. Doldurma, boşaltma ve depolamada zaman ve emek tasarrufu sağlar,
6. Albenisi olan ve çok renkli mükemmel baskısı ile ürünü ve üreticisini tanıtan bir satış elemanı gibi hizmet verir,
7. İstenilen zamanda, istenilen miktarda ve istenilen yere teslim edilebildiği için stok maliyeti yoktur,
8. Hafif olduğu için nakliye ücreti bakımından ekonomiktir,
9. Depozit ve iadeden dolayı ambalajlanan ürüne ek maliyet getirmez,
10. Kullanıldıktan sonra geri kazanılarak % 100 hammaddeye dönüşür.

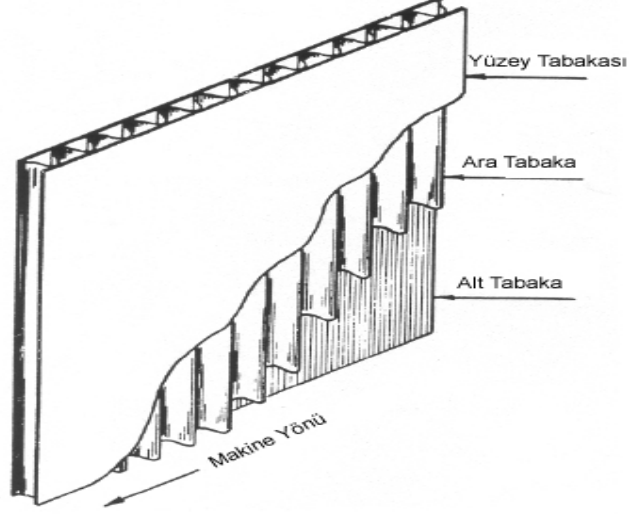
Tüm bu özellikleriyle oluklu mukavva çağdaş ve güvenli bir malzemedir. (Gürboy, 2004)

1.3. OLUKLU MUKAVVA

Oluklu mukavva, bir veya daha fazla oluklu tabaka (nın/ların) alt ve/veya üst yüzeylerinin düz tabaka ile kaplanmasıyla meydana gelen mamul olarak tanımlanır (TS 1119, 2000).

Bir diğer tanıma göre de oluklu mukavva iki düz kâğıt kökenli plaka arasına yivle dalga verilmiş kâğıt kökenli malzeme konulması ile oluşturulan malzemedir (Şekil 1.1). Genellikle kutu üretiminde kullanılmakta olup 0,25 mm kalınlığın üzerindeki kâğıt

levhalardan oluşmaktadır. Oluklu mukavva bazen karton olarak anılsa da karton farklı bir malzemedir.



Şekil 1.1 Oluklu Mukavva Kartonun Tabakaları (Schueneman, 2007)

Endüstrileşmiş toplumlarda üretilen malların uygun şekilde ambalajlanması, malın kalitesinin bozulmadan taşınması, tüketiciye çekici bir görünümde sunulması, uygun olarak depolanması yanında bu işin ucuz olarak gerçekleştirilmesi son derece önemlidir. Endüstri devriminden sonra oluklu mukavvanın kullanılması, bu konuda büyük bir gelişme olmuş; ucuz, emniyetli ve güzel görünümlü bir ambalaj yapma olanağını sağlamıştır (Eroğlu, Usta, 2004).

1.3.1. Oluklu Mukavva Tarihçesi

Oluklu mukavvanın temeli 19. yüzyıl ortalarında, şekillendirilmiş kâğıtların nazik malzemelerin nakliyesinde kullanılması ile başlamıştır. Patenti ise 1856 yılında Healey ve Allen adlarında iki İngiliz tarafından alınmıştır. İlk örnek kâğıt, iki adet yivli silindirden oluşan, el ile çalışan çok basit bir makine ile oluklu hale getirilmiş ve bu ürün silindir şapakların astarı olarak kullanılmıştır (Önen, 2007).

1871 yılında Albert L. Jones, oluklu mukavvanın ilk kez paketlenme malzemesi olarak patentini almıştır. Jones ilk defa lamba camlarının korunması amacıyla silindir şeklinde oluklu mukavvalar geliştirmiştir.

İlk oluklu makinesi 1874 yılında yüksek miktarda oluklu mukavva üretmek amacıyla G. Smyth tarafından tasarlanmış ve aynı yıl Oliver Long tarafından Jones'un geliştirdiği buluş paralelinde üretilmiştir. Bugün bilinen oluklu mukavva tekniği de bu makineye dayanmaktadır.

1890 yılında İskoçya'da doğan Robert Gair ilk oluklu mukavva kutuyu keşfetmiştir. Oluklu mukavva plakalarını yarı keserek kurmalı bir kutu yapan Gair, bir gün nakliye hasarına uğrayan daktiloları koruma amaçlı bir sipariş alınca fabrikasyon üretimine geçmiştir. Oluklu mukavva 20. yüzyılda ahşap ambalajın yerine geçmiş ve kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır.

Oluklu mukavva kutular ilk olarak cam ve porselen çanak gibi nakliye esnasında kolaylıkla kırılabilen malzemelerin paketlenmesinde kullanılmış, daha sonra ise meyvelerin tüketiciye zedelenmeden ulaşmasını sağlamak amacıyla meyve sandığı olarak kullanılmaya başlamıştır. Günümüzde ise vazgeçilmez bir ambalaj malzemesi olarak yerini almıştır.

Bugüne kadar değişimlere uğramış olmasına rağmen, oluklu mukavva hammaddesi açısından eski örneklerinden çok farklı değildir. Hammaddesi olan kâğıdın yeniden üretilebilen, yeniden kullanılabilen ve geri dönüştürülebilen bir madde olması dolayısıyla çevre uyumu en yüksek olan ambalaj türü diye tanımlanabilir.

126 yıllık geçmişi olan oluklu mukavva, ülkemizde ilk kez 1954 yılında, dünyada üretilişinden 83 yıl sonra, Seka İzmit'te üretilmiştir. Özel sektöre ait ilk kuruluş olan Dako, 1960 yılında İstanbul'da faaliyetine başlamış, daha sonra 1966'da Bomsas, 1968'de Olmuksa sektöre girmiştir. Sektörde gerçek anlamda hızlı büyüme ise 1981 yılından sonra görülmeye başlanmıştır. İlk oluklu mukavva kutuların Amerika'da üretilmiş olması, standart kutulara bugün hala "Amerikan Kutu" denilmesine neden olmaktadır.

Sektöre giren firma sayısının artması ve mevcut firmaların yeni yatırımlara girmesi sonucu sektördeki kapasite ve üretim miktarları kısa sürede artmış ve bugünkü seviyesine gelmiştir. Henüz, gelişmiş ülkelerle aramızda kullanım miktarı açısından büyük farklılıklar vardır. Tarımsal ve sanayi ürünlerin maliyetleri üzerinde dikkatler yoğunlaştığı ölçüde, oluklu mukavva kullanımı da artacaktır. Çünkü oluklu mukavva

ambalaj, bir maliyet unsuru değil maliyet düşürme aracıdır. Büyük emeklerle ortaya çıkan ürünün iyi ambalajlanmadığı için değerini kaybetmesini ve hatta yok olmasını iyi tasarlanmış, iyi üretilmiş ve kullanılmış bir ambalajla engellemek mümkündür (Önen, 2007).

1.3.2. Oluklu Mukavvanın Özellikleri

Oluklu mukavva ambalajı, tonaj açısından, kâğıt ve karton esaslı ambalajın ana türüdür ve iki temel görevi yerine getirir;

1. Bilgileri basılı hale getirme,
2. Ürünlerin yapısal bütünlüğünü koruma amaçlıdır.

Bu işlevlere bağlı olarak üretim tipleri Şekil 1.2’de gösterilmiştir. Oluklu mukavva ambalajının temel işlevi herhangi bir paketleme işlemiyle aynıdır. Ürün paketinden çıkarılana kadar yani dağıtım sırasında, ürünü koruma amaçlı kullanılır, ayrıca üründen çevreyi koruması da beklenir (örneğin tehlikeli maddeler ve sıvı içeren cam veya plastik şişelerin dağıtımında).

Oluklu mukavvanın istiflenebilme özelliği sayesinde ve paletli taşıma sistemlerinin de kullanılması ile yüksek istif seviyelerine ulaşılabilir. Oluklu mukavva kutu, sağlam ve hafif formuna ara tabakasındaki oluklu (fluting) kâğıdı sayesinde ulaşır. Bununla birlikte ,oluklu mukavva paketi dağıtım sırasında ürünleri muhafaza edecek şekilde tasarlanmıştır. Oluklu mukavva ambalaj dizaynının üretim sınırlarının geniş olması ve taşıma (lojistik) sistemler için uygun maliyetlere sahip olması sayesinde tercih edilmektedir.



Şekil 1.2 Bilgi Sağlama ve Koruma Fonksiyonları (Poustis, 2005)

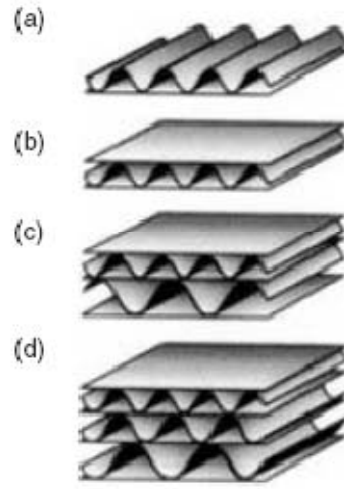
Bir oluklu mukavva bir veya daha fazla oluklu kâğıt ile yine bir veya daha fazla örtü kâğıdından oluşan çok katlı bir kartondur. Oluklu mukavva makinesi, bu parçaları yapıştırma yolu ile birleştirerek oluklu mukavvayı oluşturur. Oluklu kâğıt, oluklu makinesi üzerinde 180 °C’ de sıcak su buharı ile muamele edilir ve 10 - 40 kg/cm² basınç altında oluklu silindirler arasından geçirilerek sinüzoidal bir şekil alır. Böylece kâğıtta çukur ve tepe kısımlar oluşur. Oluklu hale gelen kâğıdın yalnız üstüne veya hem üst hem de alt kısmına örtü kâğıtları yapıştırılır ve oluklu mukavva yapılmış olur. Bu işlem sırasında en önemli husus kâğıdın yapışma özelliğidir.

Oluklu mukavva levha, kutu haline getirilmiş, elle veya otomatik olarak paketlenmiştir. Paketleme dikleştirerek olabilir (kapalı ve dolu olarak). ambalaj verimliliği için oluklu mukavva kutuların kapaklarının kapanabilmesi ve yapısal olarak kararlı olmaları gerekmektedir. Günümüzde paketleme sadece ürünleri koruma amaçlı değil, marka ve reklam malzemesi olarak ta kullanılmaktadır. Bu nedenle Oluklu mukavva kutu tanıtım ihtiyaçlarını karşılamak üzere geliştirilmiş, bilgi ve görsellik taşıyan ve baskı kalitesi geliştirilebilir olan bir malzemedir. Baskının göz alıcı olması müşterinin ilgisini çekmeyi sağlayabilir (Poustis, 2005).

Oluklu mukavva, eski bir ambalaj ürünü olmasına rağmen hala çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanış yerine göre oluklu mukavvalar çeşitli sınıflara ayrılabilir (Kiviranta, 2000).

Oluklu mukavva yapısına bağı olarak aşağıdaki sınıflamaya ayrılır

- Tek Yüzlü Oluklu Mukavva (a).
- Tek Dalgalı Oluklu Mukavva (b).
- Çift Dalgalı Oluklu Mukavva (c).
- Üç Dalgalı Oluklu Mukavva (d).



Şekil 1.3 Oluklu Mukavva Sınıfları

Tek yüzlü oluklu mukavva bir yüzey ve bir oluklu kâğıdının birbirine yapıştırılmasından oluşmaktadır. Bu tip oluklu mukavvalar genellikle kutularda kullanılmamakta fakat malzemeyi koruyucu (yastık) görev yapmaktadırlar. Oluklu katı yüzey kâğıdını kuvvetli şekilde tutar ve uzamasını veya yayılmasını önler. Tek çeperli oluklu mukavva oluklu kutuların temel maddesini oluşturmaktadır. Bu kemer şeklindeki yapı oluklu mukavvaya direnç ve bükülmezlik sağlar. Çift çeperli oluklu mukavvada iki oluklu, üç yüzey kâğıdı bulunmakta olup, yüzey kâğıdının biri ara kat olarak iki oluklu kâğıdı arasında yer almaktadır. Çift çeperli oluklu mukavva oldukça sağlam ve dirençli ambalaj kutusu gerektiğinde kullanılır. Üç çeperli oluklu mukavva ise üç oluklu kâğıdı ve dört yüzey kâğıdından oluşmaktadır ve çok dirençli ve sağlam ambalaj malzemesi olup, ağır malzemelerin taşınması ve korunmasına olanak sağlamaktadır.

Oluklu mukavvaların temel ağırlıkları son kullanım yeri ve koruma ihtiyacına bağı olarak değışmektedir. Üç katlı oluklu mukavva yüksek direnç gerektiren uygulamalarda

gramajı yüksek yüzey kâğıdı ve oluklu kâğıdı gerektirir. Mikro dalga oluklu mukavvada ise gramajlar düşük olmalıdır (Kiviranta, 2000).

Oluklara dik olan kesitte görülen oluklu katı, şekli nedeniyle dalga adıyla tanımlanır ve yüksekliğine, boyuna, metredeki sayısına göre sınıflandırılır. Dalga şekli, oluklu mukavvanın orta katında dış katlara oranla daha fazla kâğıt kullanılmasına neden olur. Bir metre yüzey kâğıdına karşı, dalga cinsine bağlı olarak kullanılan oluklu katı kâğıt uzunluğu, oluklandırma katsayısı (take-up faktör) ile belirlenir. Oluklu mukavvada D, K, A, C, B, E, F, G ve O olmak üzere dokuz dalga boyu vardır. Dalga yapısı; bir metredeki dalga sayısı (dalga boyu) veya bir metre uzunluktaki oluklu/yüzey kâğıdı oranı olan oluklandırma katsayısı ile birbirinden ayrılır. Oluklandırılmış tabaka ıslatılıp düz hale getirilir. Çıkan uzunluk 1 metreye bölünerek oluklandırma katsayısı bulunur. Tablo 1.2’de dalga boylarına göre oluklandırma katsayıları verilmiştir. (Poustis, 2005)

Tablo 1.2 Standart Oluklu Mukavva Dalga Özellikleri (Poustis, 2005)

Dalga Tipi	Dalga adedi (adet/m)	Dalga Yüksekliği (mm)	Oluklandırma Katsayısı
D	75	14,96	1,48
K	95	11,70	1,50
A	110	8,66	1,53
C	129	7,95	1,42
B	154	6,50	1,36
E	295	3,50	1,24
F	310	2,40	1,22
G	350	1,80	1,21
O	360	1,25	1,14

Farklı dalga cinsleri oluklu mukavvaya değişik özellikler kazandırır.

- a- A Dalga: Oluk yüksekliğine bağlı olarak kalın duvarlı olması, düşeydeki yükleri çok iyi taşımasını, yatayda ise kolay ezildiği için çok iyi yastık görevi yapmasını sağlar. Yüzey ezilmeye zayıf olan bu cins, dalga aralığının fazla olması nedeniyle, düzgün baskı yüzeyi vermez. Bu özellikler çift dalga kombinasyonlarında A dalganın iç yüzde, birleştiği diğer dalganın, ince ve daha sık aralıklı olması nedeniyle dış yüzde kullanılmasını gerektirir. Başlangıçta ülkemizde çok yaygın kullanımı olan A dalga, yerini kâğıt kullanımı açısından daha ekonomik olan C dalga'ya bırakmaktadır.
- b- B Dalga: Duvar kalınlığının az olması nedeniyle düşeydeki yükleri taşımadaki dayanıksızlığına karşın, dalgalarının daha sık olması nedeniyle yüzey ezilmeye oldukça dayanıklıdır. Yine bu niteliğine bağlı olarak baskıda oldukça iyi sonuç verir. Kullanımı en yaygın olan cinstir.
- c- C Dalga: A ve B dalgadan sonra ortaya çıkan ve her ikisinin de iyi özelliklerini taşıyan bu dalga cinsi, iyi bir taşıyıcıdır ve baskıda iyi sonuç verir. Uzun süre A dalgaya karşı mücadele vermiş olmasına rağmen kullanımı bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de artmaktadır.
- d- E Dalga: Metredeki oluk sayısının fazla olması nedeniyle mükemmel yüzey ezilme dayanımı olan E dalga, baskıda tüm diğer dalga cinslerine göre en iyi sonucu verir. Bu özellikleri ve hafifliği nedeniyle karton ambalajların yerine başarılı bir şekilde kullanılabilir. E dalga, bir diğer dalga ile birleştiğinde kusursuz ambalajlar oluşturur ancak kendi başına taşıma ambalajı olarak kullanılmaz. E dalga, aynı zamanda ofset baskılı kartona lamine edilerek tüketici ambalajı olarak kullanılır.

Bunların dışında kullanımı yaygın olmayan F dalga, K dalga ve N dalga da vardır.

F dalga : dalga yüksekliği 0,8 mm, dalga boyu 24 mm, oluk sayısı 420.

K dalga : dalga yüksekliği 7 mm, dalga boyu 12 mm, oluk sayısı 90.

N dalga : dalga yüksekliği 0,6 mm, oluk sayısı 560.

1.3.3. Oluklu Mukavva Üretim Prosesi

Yaklaşık 100 metre boyunda olan oluklu mukavva makinesi, çeşitli işlemlerin yapıldığı ünitelerden meydana gelmektedir. Çok dar ölçülerden 2,5 metreye kadar çeşitli enlerde olabilir, gelişmiş ülkelerde 2 metreden geniş makine sayısı çoktur. Oluklu mukavva makinesi, yapılan işlemler nedeniyle, yaş kısım ve kuru kısım diye adlandırılan iki bölümden oluşur.

Oluklu mukavva üretim işlemi, üretimi yapılacak mukavvaya uygun cins ve miktarda yüzey ve oluklu katı kâğıdın, kâğıt ambarından alınarak oluklu makinesine takılması ile başlar. Tek dalga oluklu mukavva yaş kısmındaki en önemli birim olan oluklandırma bölümü, birçok üniteden oluşur. Isı ve buharla ön şartlandırıcılarda yumuşatılan ara katı kâğıdı, oluklandırıcıda, oluklandırma silindirleri arasından geçerek dalga şeklini alır. Bu şekillendirmenin hemen ardından oluk tepelerine genellikle nişasta bazlı olan tutkal sürülür ve ön ısıtıcılarda ısıtılıp hazırlanmış yüzey kâğıdına preslenerek yapışması sağlanır. Elde edilen tek yüzlü, köprü üzerinde birikir. Çift dalga oluklu mukavva üreten makinelerde iki tane, üç dalga üretenlerde ise üç tane tek yüzlü oluklandırma grubu bulunur. Oluklu mukavva makinesinin yaş kısmındaki ikinci önemli birimi olan kurutma grubunda, ısıtılmış ve bu kez diğer yüzündeki oluk tepeleri tutkallanmış olan tek yüzlü katına, ön ısıtıcılarda ısıtılan yüzey kâğıdı yapıştırılarak tek dalga oluklu mukavva elde edilir. Çift dalga istenmesi halinde, ikinci tek yüzlü de eklenerek beş kat kâğıt ile çift dalga oluklu mukavva üretilir. Oluklu makinesinde kullanılan tutkal hızlı kurumasına rağmen, oluklu mukavva, önce ısıtma tavaları üzerinde kurutulur, sonra keçelerin arasından geçerek nemini atar ve soğur. Bu noktadan sonra oluklu makinesinin kuru kısmında, oluklu mukavvanın kenar ıskartası kesilir ve planlandığı şekildeki hat sayısında boyuna kesimi yapılır ve istenirse oluklara dik gelen katlama yeri izleri yapılır. Bu işlemin ardından enine kesimi yapılarak, bazen aynı, bazen farklı boyutlarda oluklu mukavva levhalar elde edilir. Bunlar tablalı istif arabasında istiflenerek palete alınır ve ara stok alanına götürülür.

Oluklu mukavva makinesinde, bu işlemlerin dışında, isteğe bağlı olarak eklenecek ünitelerle kaplama, yüzey boyama, yırtık bantlama, takviye edici uygulamalar, önceden baskı yapılmış yüzey bobinleri ile ön baskılama yapılabilir. Bunların dışında, kutu haline gelmeden önce, bazen geldikten sonra oluklu mukavva levhalara perde kaplama,

cila banyosu, polietilen film kaplama gibi işlemler uygulanarak su geçirgenlikleri azaltılır. Bu üç yöntemin kullanımı geçmişte de çok yaygın olmamakla birlikte, günümüzde artık geri dönüşüm nedeniyle hemen hiç görülmemektedir.

Dönüştürme prosesi baskı, delme, katlama ve yapıştırırmadan oluşan oluklu mukavva ambalaj, elde edilen son işlemdir. Müşterinin isteklerine ve paketleme tipine uygun olarak farklı işlemler yapılabilir. “Normal yarıklı ambalaj” ve “delikli kesim” iki temel kategoridir. Delikli kesim, hassas kesme işlemi gerektiren daha kompleks bir tasarımdır. Dönüştürme prosesi ambalajın tipine göre değişiklik gösterir.

Ambalajın türü ne olursa olsun üzerine baskı yapmak mümkündür. Oluklu mukavva ambalajın üzerine genellikle esnek baskı tekniği ile baskı yapılır. Bu teknik, yüksek hız, yüksek kalite ve mükemmel kalite / fiyat oranına sahiptir. Baskı, işleme zincirinde veya sonrasında yapılabilir.

Normal yarıklı ambalaj genellikle tek bir hat üzerinde baskı, yarık açma, kesme, katlama ve yapıştırma yapılarak müşteriye nakledilmek üzere son şeklini alır. Delikli kesim ambalaj daha sofistike ambalaj çeşitleri için delik açıcı ile kesilerek üretilir. Bir silindire monte edilmiş kalıptan oluşan kesiciye “döner delik açıcı”, düz bir zemine monte edilen kalıplı şekline ise “düz delik açıcı” denir.

Ambalaj, dönüştürme prosesi tamamlandığında müşteriye sevk edilecek hale gelir (Önen, 2007).

1.3.3.1. Oluklu Mukavva Makinesinin Temel Bölümleri

Oluk makinesi, bir, iki veya üç tabakadan üç, beş veya yedi katlı kâğıdı üretilip bir araya getirebilen bir dizi makinedir. Çalışması kesintisiz bir prosestir.

- a- Ekleyici ve bobin ayağı; kâğıt rulolarını oluk makinesine süren ve oluklu mukavva imalatını kesintiye uğratmadan ruloların değiştirilmesine olanak veren parçalardır.
- b- Tek yüzeyli oluklandırma bölümü; yüzeyi oluklu büyük silindirlerden oluşur ve kâğıdı peş peşe yivler oluşturacak şekilde bükür. Yivlerin profillerinin değiştirilmesi istenildiğinde ruloların değiştirilmesi gerekir.

- c- Çift yüzeyle oluk parçası; önceden ısıtılmış oluklu kâğıdın, yivlerin tepe noktalarına kola sürüldükten sonra geçirilerek astar tabakasına yapıştırıldığı ve oluklu mukavva haline geldiği yerdir. Bu aşama ön ısıtma ve nem kontrolünde uzmanlık gerektiren kompleks bir işlemdir.
- d- Köprü parçası; bobin ya da sipariş değişikliği yapılması gerektiği zaman, çift yüzeyle parçasının tek yüzeyle parçasından farklı hızla çalışmasına olanak sağlar.
- e- Tutkal ünitesi ve çift yüzeyle parçası; tek yüzeyle astarla kaplanmış kâğıdın diğer tarafına da astar yüzeyle yapıştırılan parçadır. Ön ısıtma ve yapıştırma prosesindeki bazı farklara rağmen ilk astar yapıştırma işlemine benzer bir işlemdir.
- f- Sıcak levha bölümü; oluklu levha ile astarın birleştirildiği bölümdür. Isı ile nem giderilerek sağlamlık sağlanır.
- g- Döner bıçak bölümü; iki tarafı da astar tabakası ile kaplanmış oluklu mukavvanın kusurlu kenar kısımlarının kesildiği yerdir.
- h- Kesici/skorlayıcı bölümü; oluklu mukavva ambalaj kutularının tür ve dizaynına uygun olarak kesilip ve skorlandığı bölümdür.
- i- Kesme bıçakları, oluklu mukavvanın ambalaj olabilecek şekilde hassas ölçülerle kesildiği bölümdür.
- j- İstifleyici; son olarak kesilmiş oluklu mukavva parçalar otomatik olarak istiflendiği ve dönüştürülme bölümüne yollandığı kısımdır (Önen, 2007).

1.3.4. Oluklu Mukavvada Kullanılan Hammaddeler

Oluklu üretiminde kullanılan ara tabaka kâğıda “oluklu”, alt ve üst tabaka kâğıtlara “yüzeyle kâğıdı” denir (Tank, 1998).

1.3.4.1. Yüzeyle Kâğıdı

Yüzeyle kâğıtları, oluklu mukavva levhanın yüzeyleinde kullanılır. Ağırlıkları 125-350 g/m² arasında değişmesine rağmen küçük kutular için 100 g/m² nin altında olması uygundur. Piyasada değişik kalitelerde yüzeyle kâğıdı bulunmaktadır. Yüzeyle kâğıtları genellikle üst ve alt kat olmak üzere iki kattan oluşmaktadır. Yüzeyle kâğıdı çeşitli üst yüzeyle ve çeşitli hammaddelerden üretilmekte ve üretiminde iğne yapraklı ağaçlar, bazı

yapraklı ağaçlar veya testere talaşından elde edilen primer selüloz ve atık lifler kullanılır. Primer liflerden elde edilen kâğıda kraft yüzey kâğıdı (kraftliner), atık kâğıdın her türünü içeren liflerden elde edilen kâğıtlara ise test yüzey kâğıdı (testliner) adı verilmektedir. Son yıllarda hemen hemen tüm yüzey kâğıtları atık liflerden oluşmaktadır.

Oluklu mukavvada kullanılan kâğıtlarda karışık lif atıkları kullanılmaktadır. Bununla birlikte dört katmanlı bir yapı tercih edilir. Bunun iki nedeni vardır. Birincisi, dört tabakalı yüzey kâğıdı kullanımı ile yüzey kâğıdı özellikleri iki katlı yapıdan daha iyi optimize edilebilir. İkincisi, karışık atıkların süzülme direncinin çok yüksek olması nedeniyle elek bölümünde ağır bir taban katının süzülmesinin güçlüğüdür çoğu katmanlı yapıya sahiptir. Oluklu mukavva kutunun özellikle yüzey kâğıdında baskının daha iyi olması için dış yüzeyin beyaz olması istenebilir.

Esmer yüzey kâğıdının taban ve üst katı ağartılmamış selülozdan üretilmiştir. Elde edildiği makinenin tasarımına göre üst ve alt (taban) kâğıtları arasındaki ağırlık oranı 30 / 70 g/m² kadardır. Esmer yüzey kâğıdı, yüzey kâğıdı üretiminin en basit ürünüdür çünkü baskı niteliği yüksek değildir Üst katı beyaz olan yüzey kâğıdı daha çok baskı gerektiren işlerde kullanılır. Bu nedenle üst katın yüzey düzgünlüğü ve görünüşü çok önemlidir. Üst katın ağırlığı 70 - 80 g/m² olup ağartılmış kimyasal hamur kullanılmaktadır. Eğer çok iyi bir formasyon isteniyorsa üst katın ana bileşeni, geniş yapraklı ağaç selülozu olmalıdır. Opaklığı dolayısıyla görünüşü iyileştirmek için üst katta dolgu maddesi kullanılmalıdır. Kuşeli üst katı beyaz yüzey kâğıdı yüzey kâğıtları içerisinde en çok talep edilen üründür. Üst katı yine 70 - 80 g/m olup elde edildiği sırada veya elde edildikten sonra kuşelenir. Kuşe işlemi tek kat olarak bıçaklı (blade) kuşeleme makinesinde yapılır. Bu yüzey kâğıdı mağazalarda teşhir amaçlı kullanılır. Diğer bir yüzey kâğıdı türü, üst kısmı % 100 soda hamuru, alt kısmı ise atık kâğıtlardan üretilen ve biko kraft olarak adlandırılan kâğıttır. Çift elekli, yuvarlak veya katlı düz elekli makinelerde üretilir. Yuvarlak elekli makinelerde üretildiğinde 5 - 7 kat kullanılabilir. Özellikle üst yüzeye gelecek tabaka suya dirençli olması için tutkalanmalıdır. Diğer katlar tutkalanmayabilir. Yüzey kâğıtlarının hepsinde sağlamlık makine yönünde enine yöne göre daha fazladır (Kiviranta, 2000).

Yüzey kâğıdı için en önemli direnç özellikleri patlama ve makine enine yönündeki basınçtır. Basınç ya halka ezilme testi (RCT) ya da kısa mesafe çekme testi (SCT) ile ölçülür. Özellikle esmer yüzey kâğıtlarında basım özelliği istenmemesine rağmen belirli bir yüzey düzgünlüğü gereklidir. Yüzey düzgünlüğü Bentsen veya Sheffield yöntemi ile aynı zamanda Emveco test cihazı ile ölçülür. Üst üste yığın halinde bulunan oluklu mukavva levhaların kaymaması için üst yüzeyin sürtünme katsayısı önemlidir. Bu özellik kayma açısı olarak ölçülür (Kiviranta, 2000).

Bileşimleri yönünden yüzey kâğıtları iki sınıfa ayrılırlar.

1.3.4.2. Kraft Yüzey Kâğıdı

Kraft yüzey kâğıdı iğne yapraklı ağaçlardan sülfat metodu ile üretilir. Temel olarak 95-440 g/m² arasında değişebilir. Yüksek mukavemetli bir kâğıt türüdür. Kraft kâğıtlar birçok katmandan oluşabilirler. Genellikle esmer yani doğal renkte üretilmelerine rağmen istenirse tamamen beyaz veya sadece üst yüzeylerinde beyaz selüloz kullanılarak “white top” adıyla da üretilerler. Dayanıklılık göstergelerinden biri olan halka ezilme testi (RCT) değerleri yüksektir (Hartikainen, 1998).

1.3.4.3. Test Yüzey Kâğıdı

Test yüzey kâğıdı kraft yüzey kâğıdına göre yüksek miktarda geri dönüştürülmüş lif içerir. Kalite sınıfları birinci kalite, ikinci kalite, üçüncü kalite olmak üzere üç çeşittir. En düşük kalite sınıfı, tek kat geri dönüşüm kâğıdından oluşur ve ‘şirenz’ olarak adlandırılır. (Hartikainen, 1998)

1.3.4.4. Oluklu Kâğıdı

İdeal durumda oluklu mukavvanın oluklu katının elde edildiği kağıt, NSSC yöntemi ile kayın selülozundan elde edilen kâğıt olmalıdır. Kullanılan oluklu kâğıtları yarı kimyasal hamur yanında atık kâğıttan da elde edilmektedir. Bu kâğıdın temel ağırlığı 112-178 g/m² arasında değişir. Oluklu tabakasının hacimli bir ürün olması nedeniyle her iki ham

madde için fiyat önemlidir. Oluklu kâğıdı tek katlı bir üründür. Çok düşük kaliteli karışık atık kâğıttan elde edilirse direnç özelliklerini geliştirmek için yüzey tutkallaması yapılabilir. Oluklu kâğıdı kalenderleme işlemine tabi tutulmaz. Oluklu katının direnci önemli olup oluklu kâğıdı 10 dalga ezilme testi (CMT) ile ölçülür. Aynı zamanda oluklu dik ezilme testi (CCT) de oluklu mukavva için önemli testlerden biridir (Kiviranta, 2000).

Oluklu kâğıtlar bileşimlerine giren hamur çeşitlerine göre üç sınıfa ayrılırlar.

1.3.4.5. Şirenz (Geri Dönüşümlü) Oluklu Kâğıt

Yalnız atık kâğıtların kullanıldığı bir atık kâğıt tesisinde üretilen oluklu kâğıdı tipidir. Orman kaynakları yetersiz olan ülkelerde daha çok kullanılmaktadır. Şirenz oluklu kâğıdı yapı olarak yumuşak olup, rijiditeyi sağlamak için ya içine katkı maddeleri ilave etmek ya da gramajı yüksek tutmak gerekmektedir. Genelde hamurun serbestlik derecesi 50-60 schopper olmaktadır. Çevre kirliliği yaratmadığı ve yüksek yatırım gerektirmediği için tercih edilir. Ancak kâğıt kalitesi düşük olup, kullanılan atık kâğıdın kalitesine bağlı olmaktadır (Hartikainen, 1998).

1.3.4.6. Kraft Oluklu Kâğıt

Yüksek yırtılma ve şok direnci istenen kullanım yerlerinde kraft yüzey kâğıtları oluklu kâğıdı olarak kullanılabilir. Fakat bu kâğıt iyi oluk oluşturmadığından düz ezilme direnci zayıf oluklu kâğıt verir. Oluk oluşturmadaki problemi nedeniyle oluklu kâğıdı 10 dalga ezilme testi (CMT) enine ezilme testi direnci sonuçları oldukça düşüktür. Bu bakımdan kullanım yeri çok sınırlıdır (Hartikainen, 1998).

1.3.4.7. Saman Oluklu Kâğıt

Genellikle tahıl samanının hamur haline getirilmesi yarı kimyasal soda yöntemiyle yapılmaktadır. Bu yöntemde pişirme çözeltileri çevre kirliliğine neden olmaktadır. Saman hamuru içine %40 - 60 oranında atık kâğıt katılması durumunda kaliteli oluklu

kâğıt üretilmektedir. Yalnız saman selülozundan üretilen oluklu kâğıt higroskopik yapısı nedeniyle rutubet almakta ve yumuşak olmaktadır. Ayrıca saman selülozu içinde aşındırıcı maddelerin bulunması ömrünün kısa olması anlamına gelmektedir. Bunun dışında samanın heterojen yapıda olması nedeniyle kalite değişimleri ve hamur hazırlama sırasında, oluklandırma sırasında çekme ve gerilme sorunları olabilmektedir. Bu olumsuzluklar eski kâğıt ile karıştırılarak, eski kâğıttan üretilen oluklu kâğıda kıyasla daha kaliteli oluklu kâğıt yapımı ile giderilebilmektedir (Hartikainen, 1998).

1.3.4.8. Tutkallar

Genel olarak sodyum silikat ve nişasta kullanılmaktadır.

Sodyum silikata “su camı” da denir. Su vererek kurur; oluklu kâğıt ve örtü kâğıdı onun suyunu emince tabakalar arasında camsı bir bağ oluşturur. Tek başına ya da kaolin ve proteinle karışım halinde kullanılabilir. Eskiden geniş ölçüde kullanılmasına rağmen bazı sakıncaları nedeniyle terk edilmiştir. Bu sakıncalar şunlardır;

- Rutubetli koşullarda silikat yeniden çözünür, tabakaları geçerek yüzeyde kötü bir görünüm yaratır.
- Birikmiş silikat çok sert olduğundan makine kısımlarının temizlenmesi çok zordur.
- Silikat ile su geçirmez tutkal hazırlamak zordur.
- Silikat tozları kullanıcı ve yapımcı için gözlere zararlıdır.

Bugün oluklu mukavva yapımında en çok kullanılan tutkal nişastadır. Özellikle mısır nişastası kullanılmaktadır. Silikatların tersine, nişasta yalnızca su bırakma ile kuruyan bir tutkal değildir. Nişasta, oluklu kâğıt üzerinde kısmen pişmiş ve çiğ olarak sıcaklığın etkisiyle jel haline gelir. Silikatın sakıncalarını ortadan kaldırmaktadır. Yeniden çözünüp başka tabakalara bulaşmaz, temizleme sorunu olmaz ve suya dayanıklı formülünün hazırlanması kolaydır.

Suya dayanıklılık için 72 saatten fazla süre gerekir. Bu nedenle suya dayanıklılık testi bu süreden sonra yapılmalıdır.

Kullanıma hazır tutkallar, gerekli malzemeyi içinde hazır olarak içerir. Tutkal, bir kap içinde su ile 20–30 dakika karıştırıldıktan sonra kullanmaya ve makine üzerine gönderilmeye hazırdır. Katılan su miktarı ayarlanarak kıvamlılık istenen düzeyde tutulabilir.

“No carier tutkal”larda doğal nişasta kullanılır. Nişasta sütü içine sodyum hidroksit katılarak belirli sıcaklıkta 20 – 30 dakika tutulur. Sıcaklığın ve sodyum hidroksitin etkisiyle nişasta taneleri jelatinize olur ve belli bir kıvamlılık oluştururlar. Reaksiyon alüminyum sülfat ve borik asit kullanılarak durdurulur.

Halen çok kullanılmakta olan “Stein Hall Yöntemi”nde esas malzeme nişastanın bir kısmının sodyum hidroksit mevcudiyetinde jelatinize edilmesiyle elde edilir. Kalan kısım ise jelatinize kısma doğrudan doğal nişasta olarak ilave edilir.

Ufak tefek farklılıklar dışında bu yöntemlerle elde edilen tutkallar aynı özellikte olup etkileri birbirine çok yakındır. Ekonomik yönden doğal nişasta daha ucuzdur, hazır tutkallar daha pahalıdır. Ancak kullanma kolaylığı yönünden küçük ve orta boy işletmelerde hazır tutkallar tercih edilir (Eroğlu, Usta, 2004).

2. MATERYAL VE METOD

2.1. OLUKLU MUKAVVA KUTULARI VE KÂĞIT TABAKALARI

Testlerde kullanılan oluklu mukavva örnekleri Ateşsan Oluklu Mukavva fabrikasından temin edilmiştir. İlk örneğin alındığı 28.10.2009 tarihinden itibaren fabrika 28-29 Kasım 2009 tarihleri arasında bakıma girmiş ve makinelerini yeniden yapılandırmıştır, 15. Numuneden itibaren fabrika bakıma girmiş ve proses koşulları değişmiştir. Alınan numunelerin üretim koşulları aşağıda verilmiştir.

- Oluklandırma Silindiri Sıcaklığı: 29 Kasım 2009 tarihine kadar 130 - 150 °C iken 29 - 30 Kasım tarihinde fabrika bakıma girmiş ve oluklandırma sıcaklığı 175 - 185 °C derecelerine çıkmıştır.
- Oluklandırma Makinesi Hızı: Tek dalga için 29 Kasım 2009 tarihine kadar 120 m / dak iken 29 - 30 Kasım tarihinde fabrika bakıma girmiş ve oluklandırma makinesi hızı 160 – 180 m / dak a çıkarılmıştır.
- Tutkal Bileşimi AMYLUM (MERIBOND 110) ve Başar Yapıştırıcı kullanılmaktadır.

Ateşsan firmasından alınan oluklu mukavva kutuları ve kâğıt tabakaları (firmanın ticari işletmelerden temin ettiği kağıtlar) Tablo 2.1’de verilmiştir. Örneklerin hepsinin aynı toplumu temsil etmesi için, hepsi tek katlı oluklu mukavva levhadan yapılmış ve birleştirme malzemesi olarak zımba kullanılmıştır. Tüm örnekler, baskısız levhadan, aynı boyutlarda kutu oluşturacak şekilde hazırlanmıştır. Her parti çıkışında birer levha örneği alınmıştır. Üretime girecek kâğıtların bulunduğu depo ile makine parkının bulunduğu ortam aynıdır. Üretim alanında termometre ve nem ölçer cihaz vardır. Her parti başında alınan levhaların üzerine üretim sorumlusu ortamın nemini ve derecesini kaydetmektedir.

Tablo 2.1 Oluklu Mukavva Levhalarda Kullanılan Kağıt Çeşitleri

Ateşsan'ın Kağıtlarını Temin Ettiği Firmalar	Kağıt Çeşitleri
125 g/m ² Kotlas	Kraft
125 g/m ² Modern Karton	Kraft
110 g/m ² Klabin	Kraft
125 g/m ² Modern Karton	Beyaz Testliner
140 g/m ² Modern Karton	Şirenz
125 g/m ² Modern Karton	Şirenz
115 g/m ² Modern Karton	Testliner
110 g/m ² Modern Karton	Testliner
100 g/m ² Modern Karton	Testliner
100 g/m ² Australia	Testliner
100 g/m ² Modern Karton	Şirenz
100 g/m ² Varel	Şirenz
100 g/m ² Australia	Şirenz
100 g/m ² Macar	Şirenz
90 g/m ² Modern Karton	Şirenz
90 g/m ² Varel	Şirenz
90 g/m ² Australia	Şirenz
90 g/m ² Macar	Şirenz

Tablo 2.2 Oluklu Mukavva Kutuların Hammadde ve Üretim Koşulları

Örnek No	Dış Yüzey Tabakası	Oluklu Tabaka	İç Yüzey Tabakası	Oluklandırma Makinasının Hızı (m/dak)	Oluklandırma Silindiri Sıcaklığı (°C)
1	125g/m ² Kraft Kotlas	140g /m ² Şirenz Modern Karton	125g /m ² Kraft Kotlas	120	140
2	125g/m ² Beyaz Modern Karton	125g /m ² Şirenz Modern Karton	115g /m ² Test Liner Modern Karton	120	140
3	100g/m ² Test Liner Modern Karton	90g /m ² Şirenz Modern Karton	115g /m ² Test Liner Modern Karton	120	140
4	125g/m ² Kraft Modern Karton	100g /m ² Şirenz Modern Karton	115g /m ² Test Liner Modern Karton	120	140
5	110g/m ² Kraft Klabin	100g /m ² Şirenz Modern Karton	100g /m ² Test Liner Australia	120	140
6	100g/m ² Test Liner Modern Karton	100g /m ² Şirenz Varel	100g /m ² Test Liner Australia	120	140
7	110g/m ² Kraft Klabin	100g /m ² Şirenz Varel	100g /m ² Test Liner Modern Karton	120	140
8	110g/m ² Kraft Klabin	140g /m ² Şirenz Modern Karton	110g/m ² Kraft Klabin	120	140
9	110g/m ² Kraft Klabin	100g /m ² Şirenz Modern Karton	110g/m ² Kraft Klabin	120	140
10	125g/m ² Beyaz Modern Karton	125 g /m ² Şirenz Modern Karton	115g /m ² Test Liner Modern Karton	120	140
11	100g/m ² Test Liner Modern Karton	90g /m ² Şirenz Varel	100g /m ² Test Liner Australia	120	140
12	110g/m ² Kraft Klabin	90g /m ² Şirenz Australia	110g /m ² Kraft Klabin	120	140
13	125g /m ² Beyaz Modern Karton	90g /m ² Şirenz Macar	110g /m ² Test Liner Modern Karton	120	140
14	110g /m ² Kraft Klabin	90g /m ² Şirenz Macar	110g /m ² Kraft Klabin	120	140
15	125g /m ² Beyaz Modern Karton	90g /m ² Şirenz Varel	110g /m ² Kraft Klabin	120	140
16	125g /m ² Beyaz Modern Karton	90g/m ² Şirenz Australia	110g /m ² Kraft Klabin	170	180
17	125g /m ² Kraft Kotlas	125g/m ² Şirenz Modern Karton	125g /m ² Kraft Kotlas	170	180
18	125g /m ² Beyaz Modern Karton	90g /m ² Şirenz Macar	125g /m ² Kraft Modern Karton	170	180
19	125g /m ² Beyaz Modern Karton	125g/m ² Şirenz Modern Karton	125g /m ² Kraft Kotlas	170	180
20	125g /m ² Beyaz Modern Karton	100g /m ² Şirenz Australia	100g /m ² Test Liner Australia	170	180
21	115g /m ² Test Liner Modern Karton	125g/m ² Şirenz Modern Karton	100g /m ² Test Liner Modern Karton	170	180
22	115g /m ² Test Liner Modern Karton	100g/m ² Şirenz Modern Karton	100g/m ² Test Liner Modern Karton	170	180
23	115g /m ² Test Liner Modern Karton	90g /m ² Şirenz Australia	100g /m ² Test Liner Modern Karton	170	180
24	125g /m ² Beyaz Modern Karton	100g /m ² Şirenz Modern Karton	100g /m ² Test Liner Modern Karton	170	180
25	110g/m ² Kraft Klabin	100g/m ² Şirenz Varel	110g /m ² Kraft Klabin	170	180
26	110g /m ² Kraft Klabin	100g /m ² Şirenz Australia	110g /m ² Kraft Klabin	170	180
27	125g/m ² Beyaz Modern Karton	100g /m ² Şirenz Macar	115g/m ² Test Liner Modern Karton	170	180
28	110g/m ² Kraft Klabin	90g /m ² Şirenz Modern Karton	110g /m ² Kraft Klabin	170	180
29	125g /m ² Beyaz Modern Karton	100g /m ² Şirenz Varel	115g /m ² Test Liner Modern Karton	170	180
30	110g/m ² Kraft Klabin	90g /m ² Şirenz Varel	110g /m ² Kraft Klabin	170	180

2.2. ÖRNEK SAYISI BELİRLEME

Elde ettiğimiz verilerin normal dağılımlı popülasyona bağlı olduğu kabul edilir. Popülasyonun tahmini değerindeki belirsizlikleri, verilen değerlerin altına indirmek için gerekli ölçümlerin sayısını hesaplamak mümkündür.

Serbestlik derecesi değeri standartta verilen tablodan yararlanılarak seçilen değer aşağıdaki formülde yerleştirilerek alınması gereken örnek sayıları belirlenmiştir (SCAN-G, 2007).

$$f = \infty$$

$$n = \left(\frac{t_5 \cdot s}{a} \right)^2 \quad (2.1)$$

n: Örnek Sayısı

t_5 : $f = \infty$ iken (standarttaki tablo 2 den okunan değer)

s: Standart Sapma (yaklaşık 0,25 alınıyor)

a: Güvenlik Katsayısı

Tespit edilen örnek sayıları BCT ve ECT testleri için belirlenmiştir. Kâğıt örnekleri için alınan örnek sayıları Zwick / Roell Üniwersal test cihazının önerdiği örnek sayısı miktarlarıdır. ECT verileri için her bir levhadan 20 şer örnek test edilerek, ortalama sonuçlar alınmıştır. BCT için ise fabrika şartları nedeniyle 10 ar örnek test edilerek ortalama sonuçlar bulunmuştur.

2.3. İSTATİSTİK PROGRAMI KULLANMA

Yapılan testler sonucu bulunan verilerin analizleri istatistik programlardan Statica kullanılarak yapılmıştır. Kullanılan ECT (kenar ezilme direnç testi) ve BCT (kutu ezilme direnç testi) değerleri formülde yerine konularak, katsayılar en küçük kareler yöntemiyle bulunmuştur.

2.4. KÂĞIT FİZİKSEL DİRENÇ ÖZELLİKLERİ TAYİNİ

2.4.1. Kâğıt Testleri İçin Kondisyonlama Koşulları

Kâğıtların fiziksel testleri (%50±2) bağıl nem ve (23±1) °C sıcaklık koşullarında gerçekleştirilmiştir. Standart yöntem TS 635, EN 20187, ISO 187'dir.

2.4.2. Gramaj Tayini

Gramaj belirlemede ISO 536, TS 8310 standart yöntemi kullanılmıştır. Birimi g/m²'dir.

2.4.3. Kalınlık Tayini

Kâğıtların kalınlıklarının tespitinde ISO 534, TS 3120 standart yöntemi kullanılmıştır. 10 kat deney kâğıdında istatistiksel olarak dağıtılmış olan 10 noktadan özel amaçlı mikrometre ile ölçüm yapılmıştır.

2.4.4. Kısa Mesafe Sıkıştırma Direnci Testi (SCT Yöntemi)

Kısa mesafede sıkıştırma direnci ölçümü ISO 9895 standart yöntemine göre Zwick/Roell Üniversal Test Cihazı ile yapılmıştır. Birimi kN/m'dir.

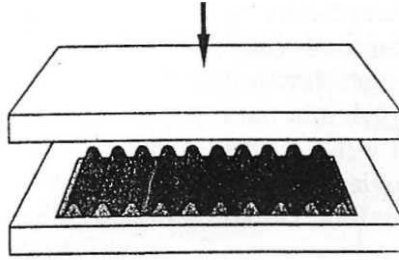
SCT yönteminde, 15 mm genişlikte ve 150 mm uzunlukta alınan örnekler aralarında 0,7 mm bulunan iki çene arasına yerleştirilir, çeneler birbirine doğru hareket ettirildiğinde açıklık azalır ve kâğıt şeridi içindeki gerilim artar. Örnek, kalınlığına göre kısa olduğundan buruşmalar önlenir. Sonuç olarak artan basınç nedeniyle örnekte güçsüzlük meydana gelir ve kısa mesafede sıkışma dayanımı belirlenir. Bu metot, saf sıkışma dayanımını ölçtüğü için gerçek malzeme özelliğini vermektedir (Markström, 1999).

2.4.5. Oluklu Kâğıdı 10 Dalga Ezilme Direnci Testi (CMT Yöntemi)

Oluklu katı direnci ISO 7263 standart yöntemine göre Zwick/Roell Üniversal Test Cihazı'nda belirlenmiştir. Birimi N'dur. Düz ezilme testi de denmektedir.

Oluklu mukavva için en önemli test olup 10 adet tepe noktası olan oluklu şerit üzerinde yapılmaktadır. Sonuç olukların dayanıklılığını ve kâğıdın rijiditesini belirlemektedir. Testte oluklar, basınçla beraber başlangıçta elastik bir madde gibi davranırlar, belli bir noktadan sonra basınç eğrisi elastikiyet sınırına ulaşır, basıncın daha da artırılmasıyla oluklar dönüşümsüz olarak deformasyona uğrar ve ezilirler.

Yönteme göre örnek boyutları, 12,7 mm genişlikte ve 152,4 mm uzunlukta alınır. Kâğıt örnekleri oluklandırma cihazında 170 ± 5 °C'de oluklandırılır ve çift taraflı bantlara yatay olarak yapıştırılarak test numuneleri hazırlanır. Elde edilen numuneler Şekil 2.1'deki levhalar arasına konarak CMT₀ ve CMT₃₀ tespit edilir. CMT₀ belirlemek için, numunelerin hazırlanması ardından test 5-8 saniyede, CMT₃₀ belirlemek için, 30 dakika sonra uygulanır. Laboratuvar tipi oluklandırma cihazları A tipi oluk yapmaktadır ve farklı yiv tipleri için tekrar hesaplama yapmak gerekmektedir. Yivli yüzeyli malzemelerin CMT dayanımları bu malzemelerdeki en önemli kalite özelliği olarak bilinmektedir (Markström, 1999).



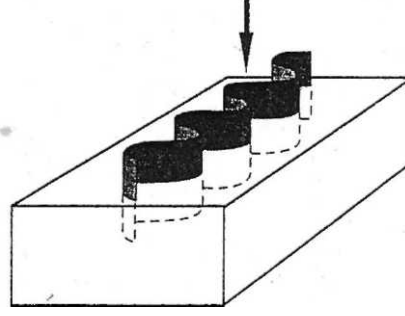
Şekil 2.1 CMT Test Aparatı (Kainulainen, Söderhjelm, 1999)

2.4.6. Oluklu Dik Ezilme Direnci Testi (CCT Yöntemi)

Oluklu kâğıdı dik ezilme testi T 824 (SCAN-P42) yöntemine göre Zwick/Roel Üniversal Test Cihazı'nda yapılmıştır. Birimi kN'dur. Dikine ezilme testi de denmektedir.

Örnek boyutları, 12,7 mm genişlikte ve 152,4 mm uzunlukta alınır. Bu kâğıt örnekleri oluklandırma cihazında 170 ± 5 °C'de oluklandırılır, Şekil 2.2'de görülen oluklandırıcı ile

aynı profile sahip yüzeyler arasına dikey konumda duracak şekilde kıştırılır ve basınç uygulanır.



Şekil 2.2 CCT Test Aparatı (Kainulainen, Söderhjelm, 1999)

2.4.7. Çekme Direnci Belirleme

Çekme direnci ölçümü ISO 1924-2 standart yöntemine göre, Zwick/Roell Üniversal Test Cihazı ile yapılmıştır. Örnekler, 15 mm genişlikte hazırlanmıştır. Test cihazı çene aralığı 100 mm'dir.

Yönteme göre, hazırlanan şeritler cihazın çeneleri arasına yerleştirilince bir çekme kuvveti uygulanarak kâğıdın koptuğu andaki çekme kuvveti kaydedilir. Bu değere “çekme direnci” denir (kN/m).

$$\sigma_T^b = \frac{\bar{F}_T}{b} \quad (2.2)$$

$$\sigma_T^w = \frac{\sigma_T^b}{w} \cdot 1000 \quad (2.3)$$

- σ_T^b :Çekme direnci (kN/m)
 \bar{F}_T :Maksimum çekme kuvveti (N)
b :Şerit genişliği (mm)
 σ_T^w :Çekme indisi (Nm/g)
w :Gramaj (g/m^2)

$$\varepsilon_T = \frac{100 \cdot \bar{\delta}_T}{l} \quad (2.4)$$

ε_T : Çekme anında uzama (%)

$\bar{\delta}_T$: Uzama miktarı (mm)

l : Şerit boyu (mm)

Elastikiyet modülü, çekme katılığının kâğıt kalınlığına bölünmesi ile bulunur. Birimi gigapaskaldır. Aşağıda verilen formüllerle hesaplanır.

$$E = \frac{E^b}{t} \quad (2.5)$$

$$E^b = \frac{S_{\max} \cdot l}{b} \quad (2.6)$$

$$S_{\max} = \frac{\Delta F}{\Delta \delta} \quad (2.7)$$

E : Elastikiyet modülü (GPa)

E^b : Çekme katılığı (kN/m)

t : Örnek kalınlığı (mm)

S_{\max} : Kuvvet/uzama eğrisi maximum eğimi (N/mm)

b : Örnek genişliği (mm)

l : Örnek boyu (mm)

ΔF : Çekme kuvvetindeki artış (N)

$\Delta \delta$: Uzama miktarındaki artış (mm)

2.4.8. Su Emme Dayanımı (Cobb)

Oluklu mukavvanın ve kullanılan kâğıtların su emme dayanımları TS 609, EN 20535 standart yöntemine göre yapılmıştır. İşlem, deney numunelerini kondisyonlamakta kullanılan atmosfer şartlarında yapılır. Bu yöntemle göre bir deney numunesi, 1 mg yaklaşımla tartılır ve deneyin yapılacağı yüzeyi üstte olacak şekilde taban plakası üzerine yerleştirilir. Makinede düzgünleştirilmiş kenar, deney numunesi ile temasta olacak şekilde, silindir yerleştirilir ve silindirle deney numunesi arasındaki herhangi bir sızıntıyı önlemek için yeterli ölçüde

sıkıştırılır. 100 ml \pm 5 ml veya daha küçük deney alanı için, 10 mm'lik yükseklik sağlanması şartıyla orantılı olarak daha az miktarda su, silindir içine boşaltılır. Hemen zaman ölçer çalıştırılır. Her bir tayin için yeni su kullanılır. Suyla temas süresi incelenen kâğıdın su emiciliğine göre seçilir. Örneğin kâğıtlar için 60 saniyelik deney süresi seçilmiş ise, deney numunesinin deney alanı dışındaki kısmının suyla temas etmemesine dikkat edilerek 45 saniye sonra fazla suyu dökülür. Silindir hızlıca ayrılır ve uzaklaştırılır.

Deney numunesi alınır. Düz ve sert bir zemin üzerine önceden yerleştirilmiş kuru bir tabaka kurutma kâğıdı üzerine deneyi yapılacak yüzey üstte olacak şekilde yerleştirilir. Üzerine ilave basınç uygulanmadan merdane kullanılarak, iki defa merdanelenmek suretiyle fazla suyu alınır. Deney numunesinin kurulanmasından hemen önce ve hemen sonra tartılır. Kütledeki artış g/m^2 olarak ifade edilir (TS 609, EN 20535) (Nisan 19996).

Oluklu mukavva kâğıtlarında $Cobb_{60}$, Oluklu mukavva levhalarda $Cobb_{1800}$ deneyleri yapılmıştır.

2.4.9. Patlama Direnci Belirleme

Patlama direnci ölçümü ISO 1974 , TAPPI T 414 standart yöntemine göre, Zwick/Roell Üniversal Test Cihazı ile yapılmıştır.

Yönteme göre, kâğıt kauçuk zara karşı sıkıştırılır ve kauçuk zara hidrolik olarak basınç uygulanır. Hidrolik basınç sonucu patlayan kâğıdın patlama anındaki direnci belirlenir.

Patlama indisi, patlama direncinin kâğıdın gramajına bölünmesiyle elde edilen değerdir. Ölçme sırasında kuvvet, bütün zar üzerine eşit olarak yayılmalı, düşey yönde uygulanmalıdır. Patlama indisi aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$\tau = \frac{p}{w} \quad (2.8)$$

τ :Patlama indisi (kPa.m²/g)

p :Patlama direnci (kPa)

w :Gramaj (g/m²)

2.4.10. Yırılma Direnci Belirleme

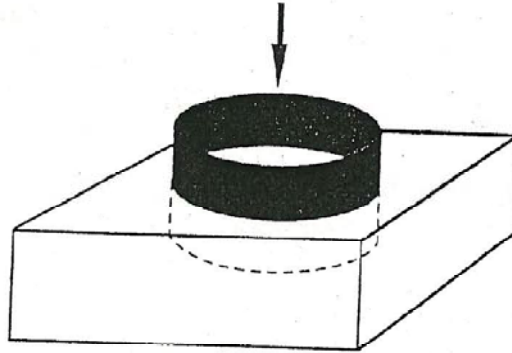
Yırılma direnci belirleme TS 4423, EN 21974 standart yöntemine göre, Zwick/Roell Üniversal Test Cihazı ile yapılmıştır.

Yırılma dayanımı, kâğıdın tek tabakasındaki ilk kesik tatfindan başlatılan yırtılmanın devam etmesi için gereken ortalama kuvvettir. Sonuç milinewton (mN) olarak ifade edilir. Yırılma indisi, kâğıdın yırtılma dayanımının gramajına bölümüdür. Sonuç, milinewton metrekare/gram ($mN \cdot m^2/g$) olarak ifade edilir.

2.4.11. Halka Ezilme Testi (RCT Yöntemi)

Halka ezilme direnci ölçümü TAPPI 818 standart yöntemine göre, Zwick/Roell Üniversal Test Cihazı ile yapılmıştır.

Halka ezilmesi testi mukavvanın bükülme ve burkulmaya karşı direncini gösterir. Halka ezilme testinde test örneği örnek tutucu parçanın içindeki daire biçimindeki yarık içine sokularak halka şekli oluşturulur. Test örneği ezilinceye kadar düşey yönde yük altında tutulur. Test örneğinin uzunluğu 152 mm. ve yüksekliği (eni) 12.7 mm dir. Test sırasında kağıt şeridin eninin yarısı yarık içerisinde kalır. Halka ezilme test değeri kN/m. cinsinden ifade edilen uygulanan en yüksek yükün kenar uzunluğuna bölünmesi ile bulunan değerdir Bu test, mukavva üzerinde kolon üzerine gelen basınca karşı mukavvanın dayanıklılığını gösterir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 RCT Test Aparatı (Kainulainen, Söderhjelm, 1999)

2.4.12. Kenar Ezilme Testi (ECT Yöntemi)

Kenar ezilme direnci ölçümü (ISO 3037, TS 6010) standart yöntemine göre, Zwick/Roell Üniversal Test Cihazı ile yapılmıştır. Kenar ezilme direnci, oluklara paralel yük vermek üzere oluklu mukavvaların direncini ölçer. Kutular istiflendiği zaman paneller gibi aynı yönde yük altında kalmaktadır. Bu, oluklu mukavva için önemli bir direnç parametresidir.

Örnek boyutu uygulanan metoda göre değişir. SCAN ve ISO yöntemleri 100x25 mm olan test örneği kullanır. ECT değeri kN/m olarak elde edilir.

ECT değerleri (2.9) daki formülle ya da direkt test makinesi ile bulunabilir.

$$ECT = k. (\sigma_{L1} + \sigma_{L2} + \alpha \sigma_f) \quad (2.9)$$

k : Sabit sayı

σ_{L1} : Üst yüzey kâğıdı RCT (kN/m) veya SCT direnci (kN/m)

σ_{L2} : Alt yüzey kâğıdı RCT (kN/m) veya SCT direnci (kN/m)

α : Oluklandırma katsayısı

σ_f : Oluklu tabaka kâğıdı CCT direnci (kN/m)

Oluklu mukavvanın kenar ezilme dayanımı (ECT) kutu istifleme dayanımının büyük yardımcısıdır. Bu ilişki kâğıdın bileşiminin kritik dayanım özelliği olarak tanımlanabilir. Kâğıdın sıkışma özellikleri arasında matematiksel bir ilişki tespit edilebilir. Ambalaj teknoloji uzmanlarına, istenilen özelliklerde oluklu mukavva ambalaj üretebilmek için (belirli ECT dayanımına sahip olan) uygun direnç özelliklerine sahip kâğıt bileşenlerini seçebilmelerine imkan sağlar (Dimitrov and Heydenrych, 2009).

2.4.13. Kutu Ezilme Testi (BCT Yöntemi)

Kutu ezilme direnci ölçümü TAPPI 804 standart yöntemine göre yapılmıştır.

BCT metodu, sabit basınç altında (10 - 13 mm/dk) iki paralel tabaka arasına sıkıştırılmış oluklu mukavva kutulara yük uygulanarak yapılır. Uygulanan kuvvet, kutu ezilene kadar kaydedilir. Uygulanan maksimum kuvvet, oluklu mukavva kutunun ezilme direncidir.

BCT metodu, farklı oluklu mukavva kutuların yük taşıma kapasitesini karşılaştırmak için iyi bir metottur ancak kutular aynı boyutta olmalıdır.

BCT değeri, test cihazıyla bulunabildiği gibi ayrıca (2.10) daki formülle de bulunabilir (Mc Kee, 1963).

$$BCT = k \times ECT \times T^a \times Z^b \quad (2.10)$$

ECT : Kutu Ezilme Direnci (kN)

k : Sabit Sayı

T : Kalınlık (mm)

Z : Kutu Çevresi (mm)

McKee formülünden yola çıkarak, k sabit sayısını, kalınlığın üssel sayısı 'a'yı ve çevrenin üssel sayısı 'b' yi bulmanın yanı sıra ECT nin de üssel bir fonksiyonu olabilir. McKee formülünün daha güvenilir kutu ezilme direnci sonuçları vermesi için (2.11) deki gibi modifiye edilmiştir.

$$BCT = k \times ECT^c \times T^a \times Z^b \quad (2.11)$$

ECT : Kutu ezilme direnci (kN)

k : Sabit Sayı

T : Kalınlık (mm)

Z : Kutu Çevresi (mm)

2.5. ÇEŞİTLİ PROSES KOŞULLARI VE BUNLARIN DİRENÇ ÜZERİNE ETKİLERİ

Oluklu mukavva üretiminde ortam koşullarının çok değişken olması ve üretim girdilerinin fazla olması, direnç değerleri arasında sabit bir ilişkinin olmasını zorlaştırır. Değişik çalışmaların sonucunda rutubet ve sıcaklığın oluklu mukavva direnç özellikleri üzerinde etkili olduğu anlaşılmıştır.

Yapılan bir çalışmaya göre; kâğıtların dirençleri üzerine lif karakteristikleri ve bileşimlerinin etkisine ait bir bağıntı iki farklı durumda tayin edildi. % 50 nem 23 °C ve % 90 nem 20 °C olmak üzere iki durum ele alınmıştır. Yüksek nem ortamındaki örneklerin SCT değerleri daha düşük bulunduğu, sonuçların oluklu mukavva ambalaj kaliteleri kâğıtların fiziksel-mekanik özellikleri yanında, lif anatomisi ve bileşiminin kâğıtların performanslarını tahmin etmede

tamamlayıcı olarak başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Sonuç olarak bu ilişkilerin kullanımı oluklu mukavva ambalaj endüstrisi için lif kaynaklarının değerlendirilmesi için önerilir (Adomopoulos, Martinez, Ramirez, 2006).

Yapılan çalışmalara bakıldığında, oluklu mukavva kutu ezilme direnci üzerine, kenar ezilme direnci, levha kalınlığı ve kutu çevresinin yanı sıra bazı proses koşullarının da etkisi olduğu görülmektedir.

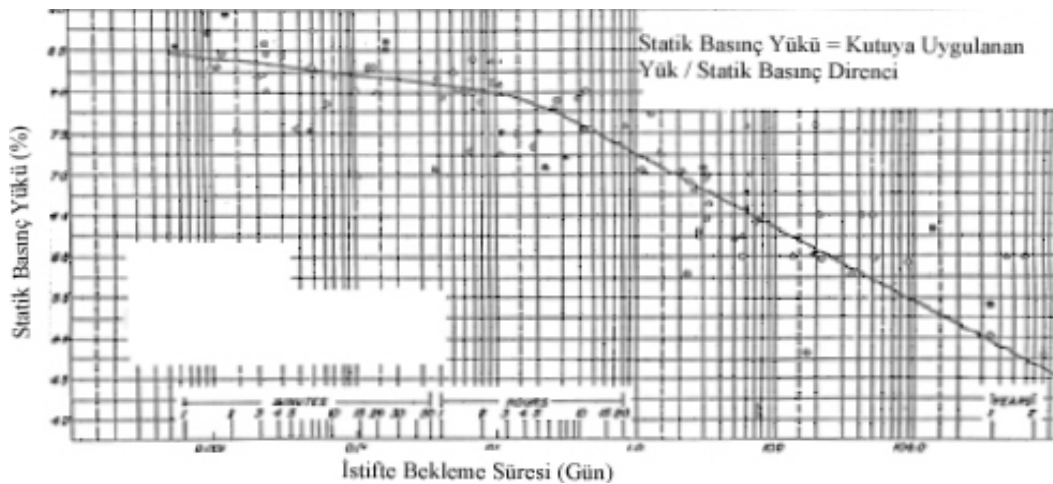
Taşıma koşulları, tutkal miktarı, nemlilik gibi birçok çevresel faktör McKee formülünün içeriğine girmemiştir. Firmalar kendi formül varyasyonlarını aşağıdaki bileşenleri göz önünde bulundurarak oluşturmalarıdır (Anon, 1998).

1. Kâğıt Kombinasyonları
2. Ara Tabaka Kâğıdın Oluklandırma Katsayısı ve Gramajı
3. Çevresel Faktörler; Nemlilik, Stoklama Süresi, Palet Aralığı Faktörü
4. Fabrikanın k Değişkeni (TOPSWIN programı kullanılabilir)

Kutu Ezilme Testi (BCT) = $k \times (ECT)^{0,475} \times (\text{Kalınlık})^{5076} \times (\text{Çevre Faktörü}) \times (\text{Baskı Faktörü}) \times (\text{Nem Faktörü}) \times (\text{Stoklama Süresi Faktörü}) \times (\text{Palet Aralığı Faktörü}) \times (\text{İstif Yüksekliği Faktörü})$ (Anon, 1998).

2.5.1. Stoklama Süresinin Direnç Üzerine Etkisi

Kutular üretim sonrasında bir süre bekletilirler. Bu sürenin uzaması durumunda üzerlerindeki diğer kutuların ağırlıklarının da etkisiyle deformasyona uğrarlar ve Şekil 2.4 teki gibi direnç değerlerinde azalmalar olur.

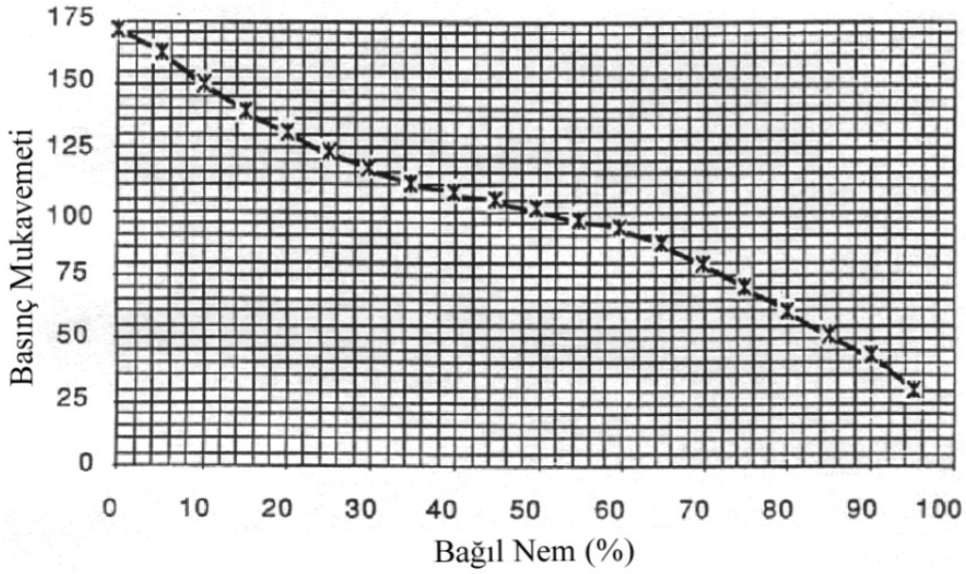


Şekil 2.4 Direnç Değerindeki Azalmanın Zamana Bağlı Değişimi (Schueneman, 2007)

2.5.2. Çevre ve İklim Şartlarının Etkisi

2.5.2.1. Nemin Etkisi

Oluklu mukavva, içerisinde bulunduğu ortamın özelliklerinden çabuk etkilenen bir malzemedir. Ortam sıcaklığı ve neminden etkilenen oluklu mukavva kutu, çevrenin nem oranına göre kendisini ayarlar. Oluklu Mukavvanın nem oranı; içerdiği suyun ağırlığının mukavvanın toplam ağırlığına bölünmesi ile bulunur. Oluklu mukavvanın içerdiği nemin artması, direnç değerlerini önemli ölçüde azaltmaktadır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Mukavvanın Nem Oranının Direnç Özellikleri Üzerindeki Etkisi (Schueneman, 2007)

Ortam neminin % 40 olduğu şartlarda yapılan direnç testleri ile % 40 - % 85 arasında olduğu şartlardaki direnç testleri kıyaslandığında % 40 bağıl neme sahip örneklerin % 85 bağıl neme sahip örneklere kıyasla 15 kg statik yük altında % 35 daha yüksek direnç değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir. (Mahamid, 2003)

Ortam şartlarındaki değişim oluklu mukavvanın beklenen direnç özelliklerini değiştireceğinden bu konuda sınıflandırmaya gidilmiştir (Henkinson, Bredemo, Fellers, Stubbfalt, 2004).

1. Normal Şartlar; Havanın nem oranı %85' in altındadır. Bu durum Avrupa genelinde geçerli olan koşullara karşılık gelmektedir.

2. Zor Şartlar; Nem oranı % 90 civarındadır. Bu koşullar genellikle soğuk hava depolarındaki şartlardır.
3. Tropikal Şartlar; Nem oranı % 95'den fazladır. Havanın içindeki nemin yoğunlaşmaya başladığı durumdur ancak ekvator bölgesinde görülebilir.

3. BULGULAR

3.1. OLUKLU MUKAVVA KÂĞIDI FİZİKSEL TEST SONUÇLARI

3.1.1. Laboratuarda Elde Edilen Fiziksel Test Sonuçları

Oluklu mukavva kâğıtlarının kalınlık, patlama direnci, Cobb değeri, enine ve boyuna yönde çekme direnci ve elastikiyet modülü, RCT, SCT, CMT, CCT dirençleri ölçülmüş ve Tablo 3.1, Tablo 3.2 ve Tablo 3.3’de verilmiştir.

Tablo 3.1 Oluklu Mukavva Kağıtlarının Kalınlık, Patlama ve Cobb₆₀ Değerleri

Üretici Firma	Kâğıt Cinsi	Gramaj (g/m ²)	Kalınlık (mm)	Patlama Direnci (kPa)	Cobb ₆₀ (g/m ²)
125 g/m ² Kotlas	Kraft	127	0,189	428	26
125 g/m ² Modern Karton	Kraft	123	0,175	402	28
110 g/m ² Klabin	Kraft	119	0,171	394	25
125 g/m ² Modern Karton	Beyaz Testliner	127	0,162	327	31
140 g/m ² Modern Karton	Şirenz	142	0,91	332	39
125 g/m ² Modern Karton	Şirenz	128	0,173	316	35
115 g/m ² Modern Karton	Testliner	117	0,161	295	34
110 g/m ² Modern Karton	Testliner	114	0,158	280	35
100 g/m ² Modern Karton	Testliner	96	0,155	273	32
100 g/m ² Australia	Testliner	105	0,152	229	38
100 g/m ² Modern Karton	Şirenz	98	0,149	242	35
100 g/m ² Varel	Şirenz	103	0,147	217	37
100 g/m ² Australia	Şirenz	102	0,143	214	39
100 g/m ² Macar	Şirenz	104	0,141	216	35
90 g/m ² Modern Karton	Şirenz	88	0,137	201	36
90 g/m ² Varel	Şirenz	92	0,136	204	38
90 g/m ² Australia	Şirenz	94	0,135	198	34
90 g/m ² Macar	Şirenz	93	0,131	195	36

Tablo 3.2 Oluklu Mukavva Kâğıtlarının Çekme ve Yırtılma Direnç Değerleri

Üretici Firma	Kâğıt Cinsi	Yırtılma İndisi (mN.m/g)		Çekme İndisi (N.m ² /g)		Elastikiyet Modülü MY (GPa)
		MY	EY	MY	EY	
125 g/m ² Kotlas	Kraft	5,66	6,45	74,36	37,74	49,78
125 g/m ² Modern Karton	Kraft	5,97	6,13	73,49	37,09	25,02
110 g/m ² Klabin	Kraft	6,45	6,05	66,03	35,80	21,83
125 g/m ² Modern Karton	Beyaz Testliner	4,39	5,80	62,01	21,65	17,05
140 g/m ² Modern Karton	Şirenz	4,93	5,34	58,8	18,24	-
125 g/m ² Modern Karton	Şirenz	4,80	5,25	57,71	17,97	-
115 g/m ² Modern Karton	Testliner	4,34	5,21	57,49	17,68	13,64
110 g/m ² Modern Karton	Testliner	4,27	5,32	57,32	17,67	13,73
100 g/m ² Modern Karton	Testliner	4,18	5,07	56,35	17,49	13,49
100 g/m ² Australia	Testliner	4,12	5,03	56,22	15,94	12,21
100 g/m ² Modern Karton	Şirenz	3,66	4,85	56,19	15,78	-
100 g/m ² Varel	Şirenz	3,59	4,91	55,75	15,43	-
100 g/m ² Australia	Şirenz	3,51	5,03	55,29	15,31	-
100 g/m ² Macar	Şirenz	3,32	4,46	54,54	15,15	-
90 g/m ² Modern Karton	Şirenz	2,98	3,45	54,03	15,06	-
90 g/m ² Varel	Şirenz	2,82	3,35	53,89	13,95	-
90 g/m ² Australia	Şirenz	2,73	3,32	53,13	13,58	-
90 g/m ² Macar	Şirenz	2,79	3,28	21,35	13,49	-

Tablo 3.3 Oluklu Mukavva Kâğıtlarının RCT, CMT₀, CMT₃₀ ve CCT Değerleri

Üretici Firma	Kâğıt Cinsi	RCT (kN/m)	CMT ₀ (N)	CMT ₃₀ (N)	CCT (kN/m)	SCT (kN/m)
125 g/m ² Kotlas	Kraft	43,89	-	-	-	3,43
125 g/m ² Modern Karton	Kraft	42,06	-	-	-	3,29
110 g/m ² Klabin	Kraft	40,49	-	-	-	3,17
125 g/m ² Modern Karton	Beyaz Testliner	31,54	-	-	-	2,41
140 g/m ² Modern Karton	Şirenz	-	297,17	281,23	0,209	-
125 g/m ² Modern Karton	Şirenz	-	261,29	258,61	0,185	-
115 g/m ² Modern Karton	Testliner	27,27	-	-	-	2,16
110 g/m ² Modern Karton	Testliner	25,14	-	-	-	2,15
100 g/m ² Modern Karton	Testliner	24,65	-	-	-	1,96
100 g/m ² Australia	Testliner	24,00	-	-	-	1,91
100 g/m ² Modern Karton	Şirenz	-	237,92	234,18	0,155	-
100 g/m ² Varel	Şirenz	-	254,88	234,18	0,154	-
100 g/m ² Australia	Şirenz	-	252,25	232,14	0,142	-
100 g/m ² Macar	Şirenz	-	210,72	200,78	0,128	-
90 g/m ² Modern Karton	Şirenz	-	190,89	160,65	0,116	-
90 g/m ² Varel	Şirenz	-	130,35	117,80	0,109	-
90 g/m ² Australia	Şirenz	-	129,41	112,74	0,106	-
90 g/m ² Macar	Şirenz	-	117,23	109,74	0,106	-

3.1.2. Fabrika Fiziksel Test Sonuçları

Oluklu mukavva kâğıtlarının fabrika spesifikasyon değerleri laboratuvar değerleriyle karşılaştırılması için Tablo 3.4 ve Tablo 3.5’de verilmiştir.

Tablo 3.4 Oluklu Mukavva Kâğıtlarının Fabrika Çekme ve Kopma Uzunluğu Değerleri

Üretici Firma	Kâğıt Cinsi	Yırtılma İndisi (mN.m/g)		Çekme İndisi (N.m ² /g)	
		MY	EY	MY	EY
125 g/m ² Kotlas	Kraft	6	7	80,2	45,79
125 g/m ² Modern Karton	Kraft	4,85	6,3	75,1	36,28
110 g/m ² Klabin	Kraft	4,8	6,3	70,2	38,82
125 g/m ² Modern Karton	Beyaz Testliner	4,2	6	65,8	35,65
140 g/m ² Modern Karton	Şirenz	4,25	5,3	60,5	30,94
125 g/m ² Modern Karton	Şirenz	4,3	5,25	60,6	35,27
115 g/m ² Modern Karton	Testliner	4,3	5,2	60,4	30,88
110 g/m ² Modern Karton	Testliner	4,1	5,15	60,2	30,75
100 g/m ² Modern Karton	Testliner	4	5,1	60,9	30,63
100 g/m ² Australia	Testliner	3,2	5,1	65,5	30,52
100 g/m ² Modern Karton	Şirenz	2,7	4,9	58,91	27,21
100 g/m ² Varel	Şirenz	2,7	4,9	55,28	25,43
100 g/m ² Australia	Şirenz	2,7	5,1	57,36	21,50
100 g/m ² Macar	Şirenz	2,4	4,5	57,21	20,72
90 g/m ² Modern Karton	Şirenz	1,98	3,5	57	27,21
90 g/m ² Varel	Şirenz	1,85	3,5	55,23	21,13
90 g/m ² Australia	Şirenz	1,8	3,42	55	18,77
90 g/m ² Macar	Şirenz	1,8	3,37	45,88	15,21

Tablo 3.5 Oluklu Mukavva Kâğıtlarının Fabrika Patlama ve SCT Değerleri

Üretici Firma	Kâğıt Cinsi	Patlama Direnci (kPa)	SCT (kN/m)
125 g/m ² Kotlas	Kraft	450	4,27
125 g/m ² Modern Karton	Kraft	430	3,75
110 g/m ² Klabin	Kraft	400	3,6
125 g/m ² Modern Karton	Beyaz Testliner	360	3,25
140 g/m ² Modern Karton	Şirenz	360	3,17
125 g/m ² Modern Karton	Şirenz	350	3,10
115 g/m ² Modern Karton	Testliner	300	3,15
110 g/m ² Modern Karton	Testliner	300	3,00
100 g/m ² Modern Karton	Testliner	300	2,95
100 g/m ² Australia	Testliner	250	2,50
100 g/m ² Modern Karton	Şirenz	250	2,35
100 g/m ² Varel	Şirenz	250	2,30
100 g/m ² Australia	Şirenz	250	2,35
100 g/m ² Macar	Şirenz	250	2,35
90 g/m ² Modern Karton	Şirenz	230	2,20
90 g/m ² Varel	Şirenz	225	2,15
90 g/m ² Australia	Şirenz	200	2,20
90 g/m ² Macar	Şirenz	200	2,20

3.2. OLUKLU MUKAVVA KUTU FİZİKSEL TEST SONUÇLARI

Oluklu mukavva kutuların dirençlerinin bağlı olduğu fiziksel test sonuçları Tablo 3.6 ve

Tablo 3.7’de verilmiştir. Oluklu mukavva levha örnekleri alınırken, örnekleri temsil etmesi açısından her parti sonunda rastgele 10’ar levha alınmıştır. Oluklu mukavvaların yapıldığı levhalardan ECT testi için birer parça ayrılmıştır. ECT değerleri ile BCT değerlerinin ölçüldüğü malzemeler birbirinin aynısıdır.

Tablo 3.6 Oluklu Mukavva Kutuların Fiziksel Direnç Özellikleri

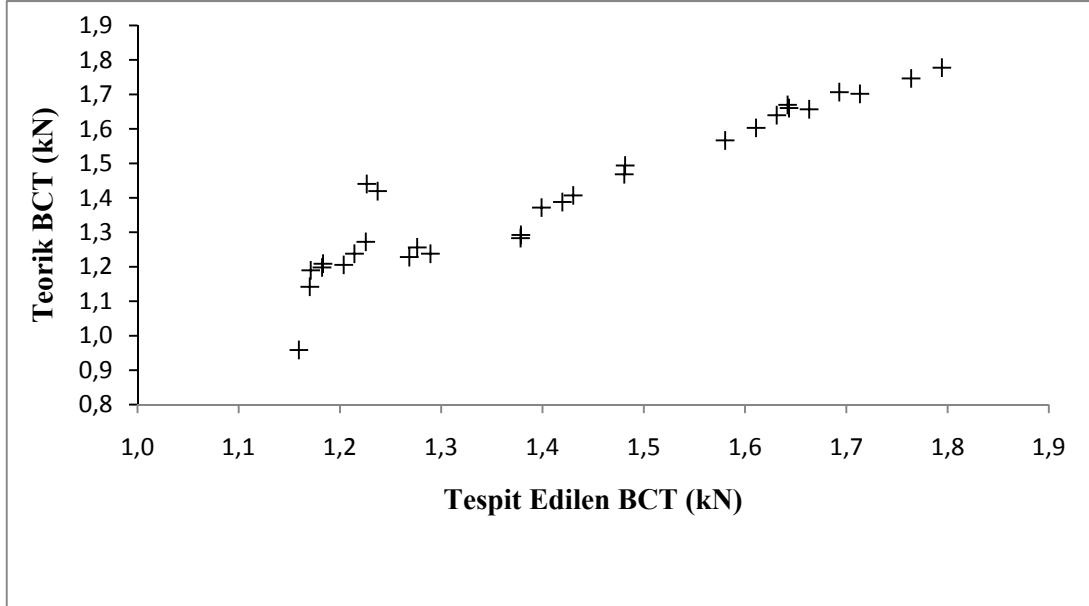
Örnek No	T Kalınlık (mm)	Z ÇEVRE (mm)	Nem Miktarı (%)	BCT (kN)	ECT (kN/m)	Patlama Direnci (kPa)
1	4,20	900	44	1,79	5,10	436
2	3,65	900	51	1,38	4,02	387
3	3,60	900	41	1,17	3,73	351
4	3,63	900	44	1,43	4,39	396
5	3,75	900	48	1,42	4,25	393
6	3,60	900	55	1,17	3,58	348
7	3,63	900	58	1,39	4,28	392
8	4,10	900	48	1,71	4,95	428
9	4,30	900	50	1,69	4,83	425
10	3,63	900	46	1,22	3,97	367
11	3,55	900	38	1,15	3,03	342
12	3,97	900	32	1,61	4,75	409
13	3,63	900	47	1,27	3,92	371
14	3,90	900	39	1,58	4,69	407
15	3,60	900	38	1,23	4,45	369
16	3,65	900	39	1,22	4,48	365
17	4,10	900	41	1,76	5,08	431
18	3,73	900	45	1,48	4,51	398
19	3,80	900	47	1,49	4,54	403
20	3,65	900	47	1,28	3,85	376
21	3,55	900	44	1,20	3,81	362
22	3,60	900	44	1,18	3,79	358
23	3,61	900	47	1,18	3,75	354
24	3,70	900	50	1,37	3,96	385
25	4,10	900	45	1,66	4,82	412
26	4,10	900	40	1,64	4,83	419
27	3,65	900	46	1,21	3,85	366
28	4,20	900	46	1,64	4,79	415
29	3,65	900	38	1,26	3,82	370
30	4,10	900	45	1,63	4,77	411

Tablo 3.7 Oluklu Mukavva Kutu Yüzeylerinin Su Alma Özellikleri

Örnek No	Cobb ₆₀ Değeri (g/m ²)	Cobb ₁₈₀₀ Değeri (g/m ²)
1	14	99
2	24	107
3	32	131
4	18	123
5	26	109
6	14	121
7	26	117
8	16	107
9	23	132
10	30	99
11	30	127
12	16	101
13	24	117
14	26	93
15	22	97
16	107	81
17	93	97
18	184	136
19	105	123
20	115	117
21	150	296
22	130	132
23	99	117
24	87	97
25	85	89
26	113	197
27	14	117
28	26	107
29	16	132
30	23	99

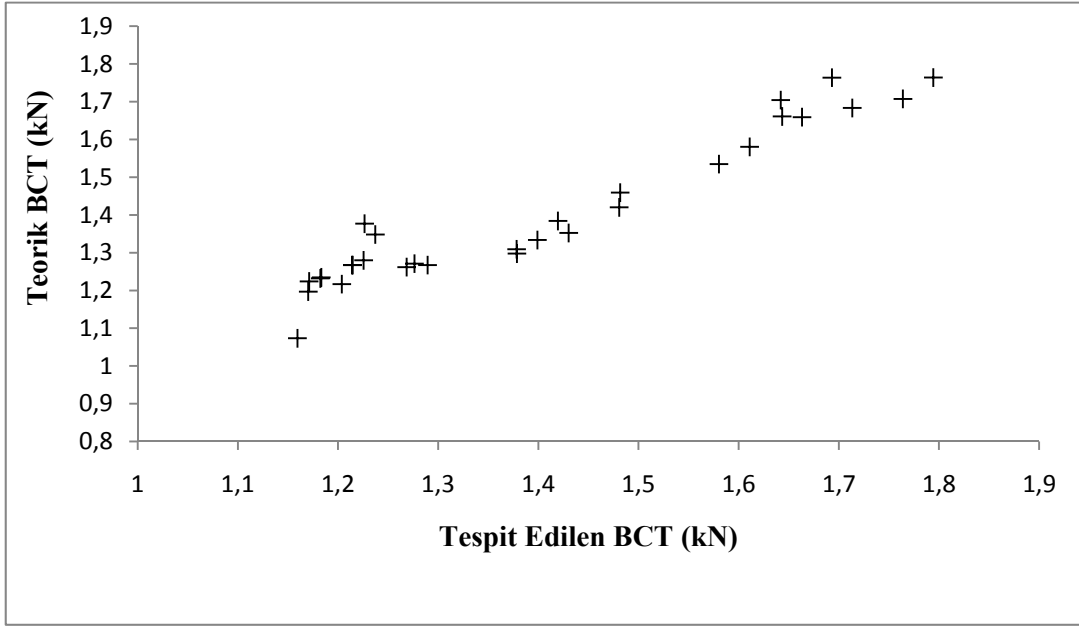
3.3. OLUKLU MUKAVVA KUTU DİRENÇ DEĞERLERİNİN MC KEE FORMÜLÜNE GÖRE HESAPLANMASI

Araştırmada oluklu mukavva kutuları için elde edilen BCT direnç değerleri kullanılarak Mc Kee formülünde (Formül 2, 10) yer alan katsayılar en küçük kareler yöntemine göre belirlenmiştir. Kutuların tamamı tek dalgalıdır ve aynı boyutlarda yapılmıştır. Bu nedenle çevreleri birbirlerine eşittir ve formüldeki gibi Z değişkeninin üssü $b = 0,5$ olarak alınmıştır. % 95 güvenlilikle ($R^2 = 0,95$) $k = 0,5085$ ve $a = 0,575754$ bulunmuştur. Elde edilen katsayılarla hesaplanan değerler (teorik) kutu ezilme dirençleri ile hesaplanan (tespit edilen) kutu ezilme dirençlerinin değerlendirilmesi Şekil 3.1. de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Oluklu Mukavva Kutuların McKee Formülüne Göre Teorik ve Hesaplanan BCT Değerleri

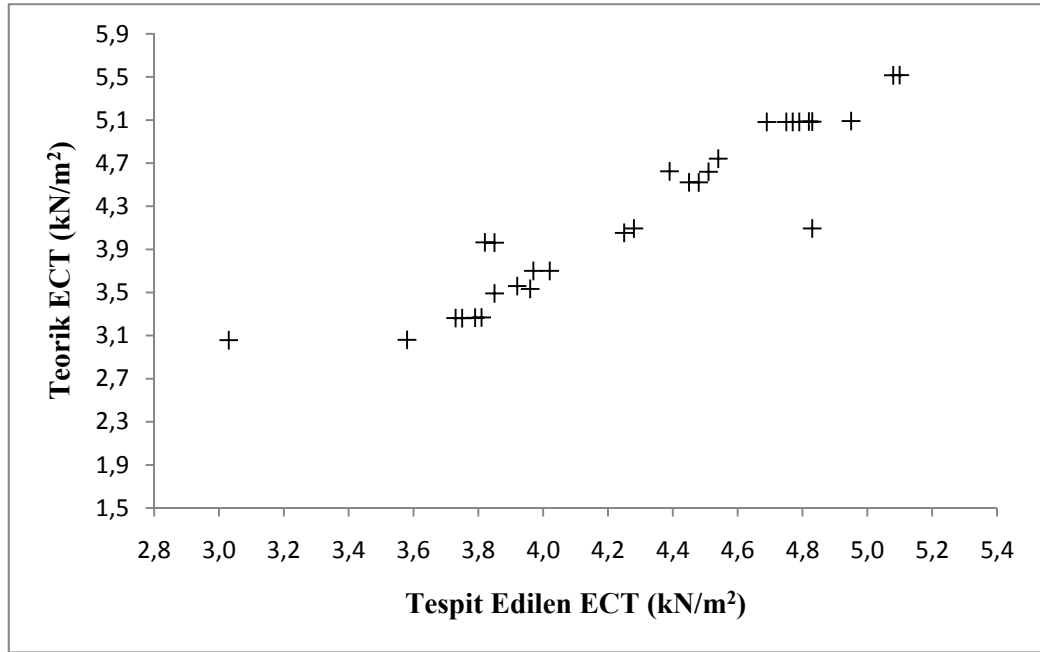
McKee formülü modifiye edilmiş (Formül 2, 11) ve ECT değerine üssel fonksiyon ilave edilerek katsayılar, %92 güvenilirlikle $k = 0,415$, $c = 1,081$, $a = 0,184$ olarak belirlenmiştir. Sonuçlar Şekil 3.2 da gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Mukavva Kutuların Modifiye McKee Formülüne Göre BCT Değerleri

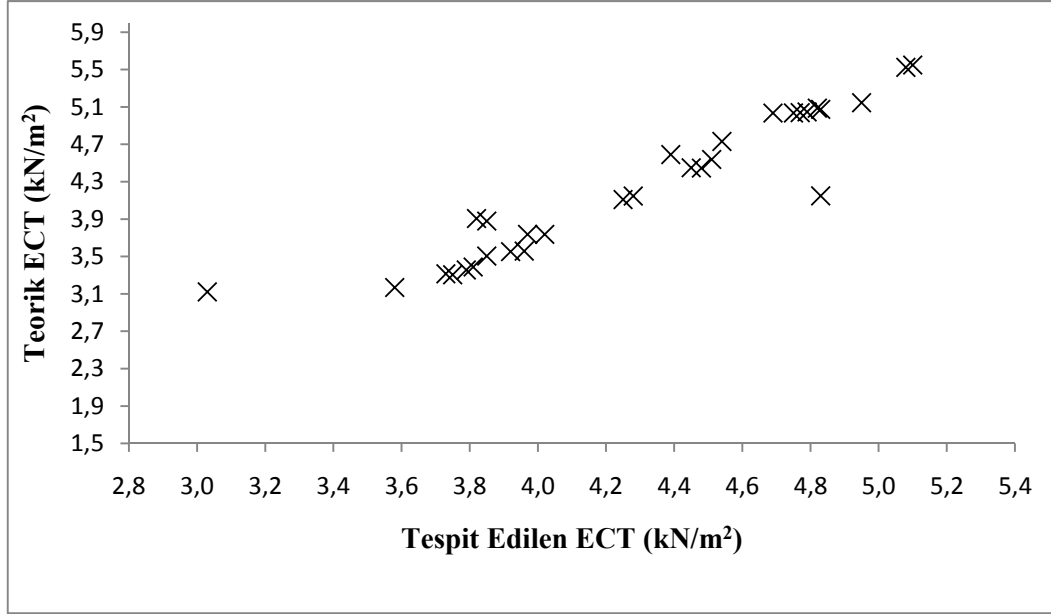
Oluklu mukavva ECT direnç değeri, oluklu mukavvanın içerdiği kâğıtların fiziksel özellikleri ve dirençlerine bağlı olarak değişiklik gösterir. Oluklu mukavvanın yüzey tabakasına, alt tabakasına ve ara tabakasına yapılan testler sonucu bulunan ECT sonuçları formül 3, 2 'de yerine yerleştirilmiştir. Formüldeki σ_{L1} ve σ_{L2} değerleri yerine SCT veya RCT direnç değerleri yerleştirilebilmektedir. İlk olarak σ_{L1} ve σ_{L2} değerleri yerine SCT verileri, σ_f değeri olarak ta CCT değerleri yerlerine yerleştirilmiş, oluklandırma katsayısı 1,36 olarak tespit edilmiş ve k katsayısı % 78 güvenilrlikle, 0,776 bulunmuştur.

Hesaplanan değerler (Teorik) ile laboratuarda bulunan sonuçlar (Tespit Edilen) en küçük kareler yöntemi kullanılarak Şekil 3.3 de karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.3 Oluklu Mukavva Kutu SCT Verileri ile ECT Karşılaştırılması

Formül 3, 2 deki σ_{L1} ve σ_{L2} değerleri yerine RCT verileri, σ_f değeri olarak ta CCT değerleri yerlerine yerleştirilmiş, %73 güvenlilikle oluklandırma katsayısı = 1,36 ve $k = 0,06$ bulunmuştur (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4 Oluklu Mukavva Kutu RCT Verileri ile ECT Hesaplanması

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

4.1. TARTIŞMA

4.1.1. KENAR EZİLME TESTİ ECT'NİN KUTU EZİLME DİRENCİ BCT ÜZERİNE ETKİSİ

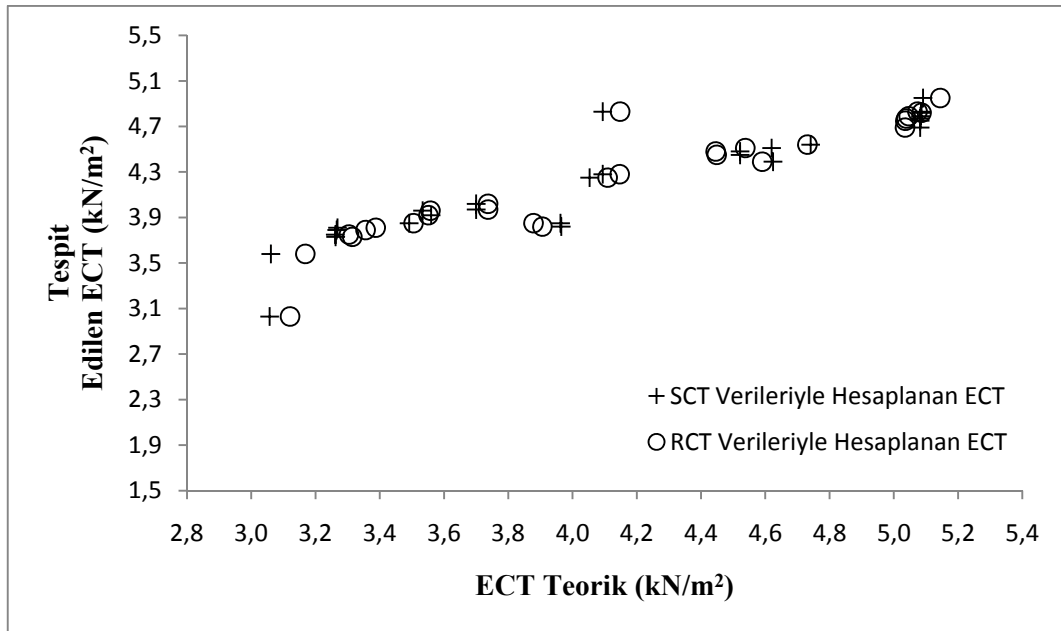
McKee, yaptığı araştırma sonuçlarında bulduğu aşağıdaki formüle göre k katsayısını 5,80, a değişkenini 0,5, b değişkenini de 0,5 olarak tespit etmiştir. (McKee, 1963)

Bu çalışmada da saptanan oluklu mukavva kutu ECT ve BCT direnç değerleri McKee formülünde yerlerine konularak en küçük kareler yöntemi kullanılarak k, a, ve b katsayıları bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda kullanılan k katsayısının genel kabul görmüş olan değeri 5,87'dir. Farklı olarak oluklu mukavvanın dizayn metotlarına göre değişkenlik gösterebileceği belirtilerek k değerinin 1,87 olarak alındığı da göze çarpmaktadır.(Biancolini, Brutti, Porziani, 2010)

2000'li yıllardan günümüze pek çok direnç modeli geliştirilmiştir. Bunların her biri McKee formülünden yola çıkarak, k sabit sayısını, kalınlığın üssel sayısı 'a'yı ve çevrenin üssel sayısı 'b' yi bulmaya yönelik çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmada ilk olarak bulmaya çalıştığımız katsayılar aynıdır. İkinci olarak ise ECT'nin de üssü olabileceği düşünülerek ECT'ye b üssü verilmiş ve sonuç olarak ECT'nin de formülde üssü olması gerektiği bulunmuştur.

4.1.2. SCT VE RCT'NİN ECT ÜZERİNE ETKİLERİ

Daha önce yapılmış olan çalışmalarda iki yöntem arasındaki karşılaştırmalı test sonuçları SCT ve RCT test sonuçları ile ECT testi sonuçlarının arasında korelasyon olduğunu doğrulamıştır. SCT uygulandığında biraz daha yüksek korelasyon sonuçları elde edildiği gözlenmiştir. Bununla birlikte bulunan k değerlerinin birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Dimitrov and Heydenrych'in buldukları k katsayıları $k_{SCT} = 0,6982$ ve $k_{RCT} = 1,028$ 'dir (Dimitrov and Heydenrych, 2009)

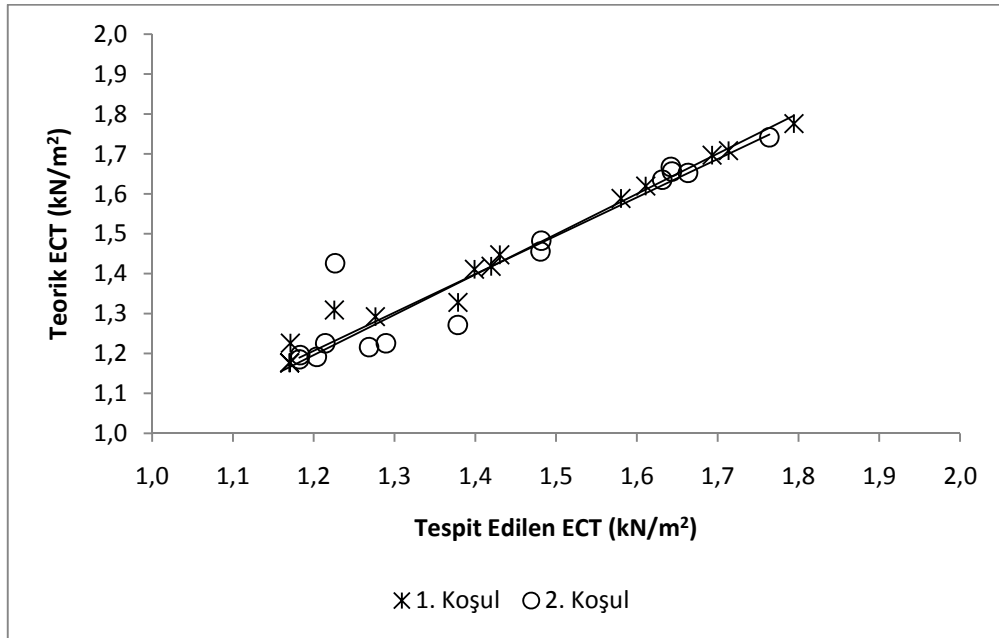


Şekil 4.1 ECT Sonuçları Karşılaştırma

Önceki çalışmalara benzer olarak RCT nin ve SCT nin, ECT üzerine etkileri gözlenmiştir. $k_{SCT} = 0,07$ ve $k_{RCT} = 0,062$ olarak bulunmuştur (Şekil 4.1). SCT'nin ECT üzerine etkileri (ECT karşılaştırılan 1) ile SCT'nin ECT üzerine etkileri (ECT karşılaştırılan 2) arasında korelasyon olup olmadığı incelenmiştir (Şekil 4.1).

4.1.3. PROSES KOŞULLARININ ECT ÜZERİNE ETKİLERİ

Testlerde kullanılan oluklu mukavva kutu ve levha örnekleri iki farklı proses koşulunda üretilmiştir. İlk 15 örneğin proses koşulları; oluklandırma silindiri sıcaklığı 130 - 150 °C ve oluklandırma makinesi hızı 120 m/dak'dır. Son 15 örneğin proses koşulları ise; oluklandırma silindiri sıcaklığı 175 - 185 °C ve oluklandırma makinesi hızı 160-180 m/dak'ya çıkmıştır. Bu iki farklı koşulun kenar ezilme testi (ECT) üzerine etkisi olup olmadığı Şekil 4.2'de incelenmiştir.

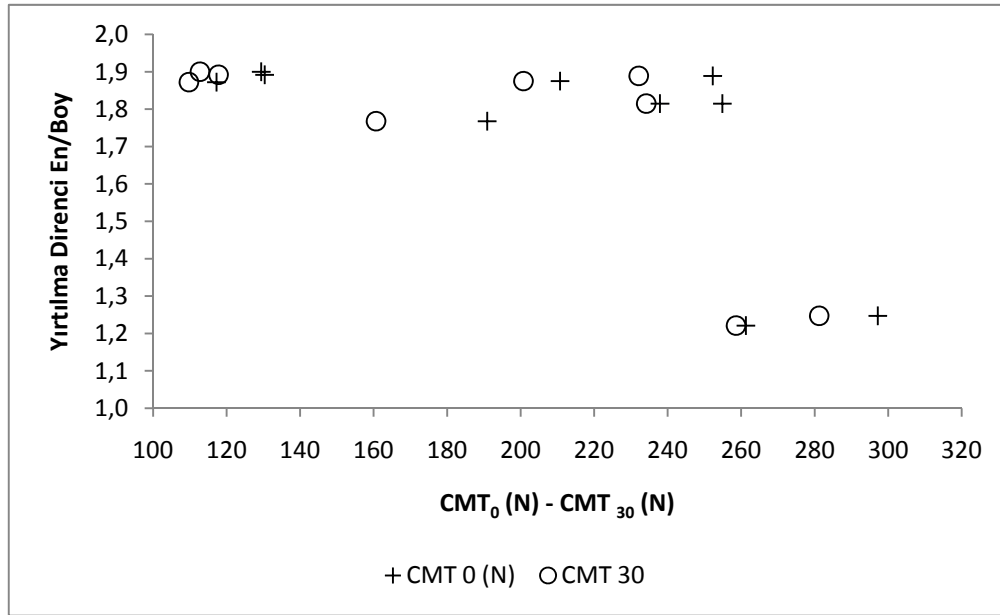


Şekil 4.2 Proses Koşullarının ECT Üzerine Etkisi

Proses koşullarının değişiminin ECT üzerine etkisi olmadığı görülmektedir. Kâğıdın kendi özellikleri ECT üzerinde daha fazla etkilidir.

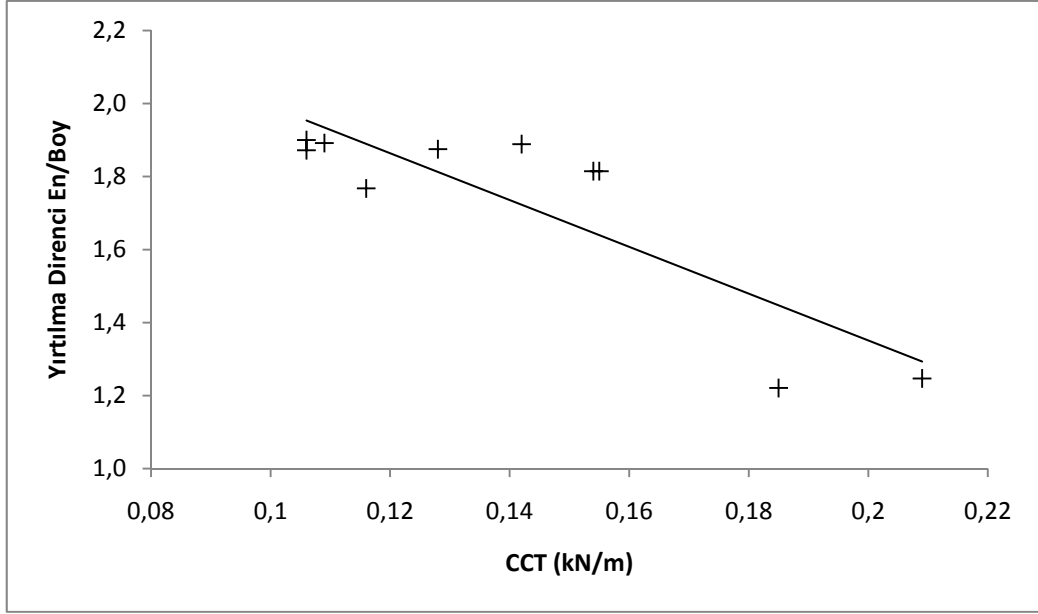
4.1.4. OLUKLU MUKAVVA KÂĞITLARINDA YIRTIлма DİRENCİ VE ÇEKME DİRENCİNİN OLUKLU MUKAVVA KUTU DİRENCİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Makinede kâğıt üretimi sırasında lifler yönlenmektedir ve kâğıdın enine ve makine yönündeki direnç özelliklerinin farklı olmasına neden olmaktadır. Oluklu mukavva kâğıtları için de bu geçerlidir ve farklı yönlerdeki yırtılma ve çekme dirençlerinin oranları bize lif yönlenmesi hakkında bilgi verir. Bu oranın yüksek olması lif yönlenmesinin fazla olduğunu göstermektedir. Lif yönlenmesinin kullanılan oluklu mukavva kâğıtlarında uygulanan direnç özelliklerine (CMT_0 , CMT_{30} ve CCT) etki edeceği açıktır. Lif yönlenmesinin kâğıtların direnç özelliklerine olumsuz etki ettiği Şekil 4.3, Şekil 4.4 te görülmektedir..



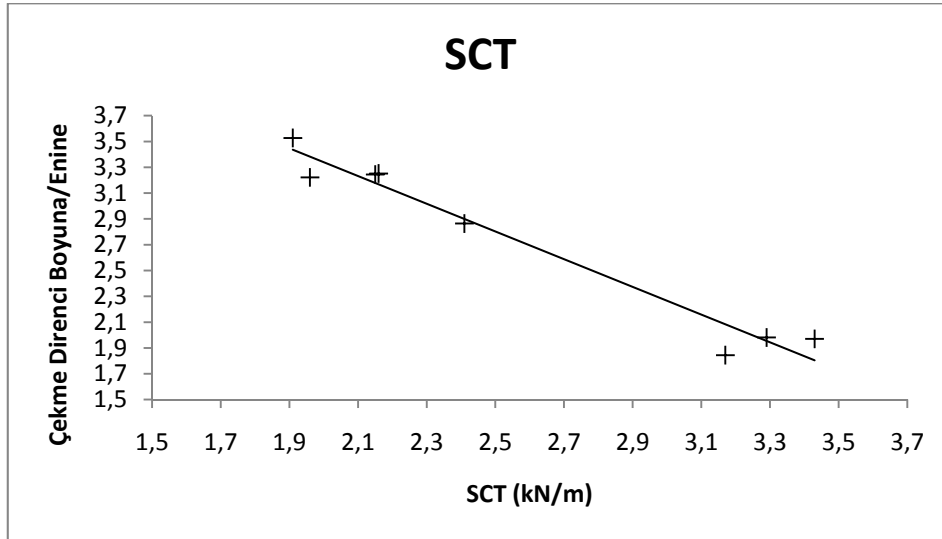
Şekil 4.3 Yırtılma Direnci ile CMT_0 ve CMT_{30} Karşılaştırılması

Yırtılma direncinin CMT_0 ve CMT_{30} 'a etkisi Şekil 4.3'de görüldüğü gibidir. Lif yönlenmesinin CMT_0 etkisi daha fazladır. Kâğıdın bünyesine nem almasının, lif yönlenmesi üzerine etki ettiği gözlenmektedir.

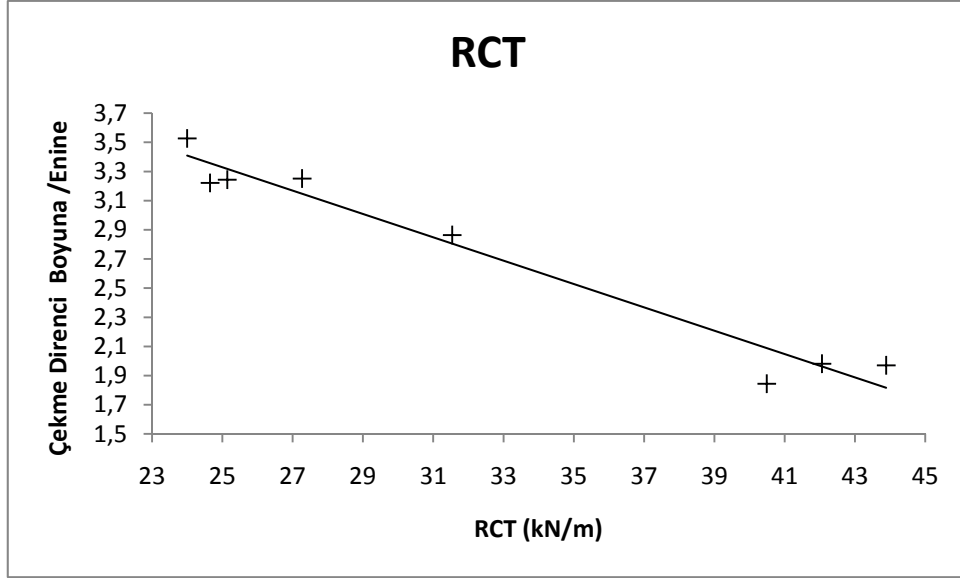


Şekil 4.4 Yırtılma Direnci ile CCT Direnci Karşılaştırılması

Şekil 4.4 te görüldüğü gibi lif yönlenmesi CCT direncini olumsuz etkilemektedir. Çekme dirençlerinin enine yönleri ile makine yönlerinin oranları büyüdükçe lif yönlenmesi artar. Şekil 4.5 ve Şekil 4.6 lif yönlenmesi arttıkça RCT ve SCT direnç değerlerinde azalma görüleceğini gösterir. Oluklu mukavvada RCT ve SCT dirençleri bulunurken, enine yön verileri değerlendirilir. Bu nedenle lif yönlenmesinin fazla olması, oluklu mukavva kutu direncini düşüreceğinden istenmeyen bir durumdur.



Şekil 4.5 SCT ile Çekme Direnci Karşılaştırılması

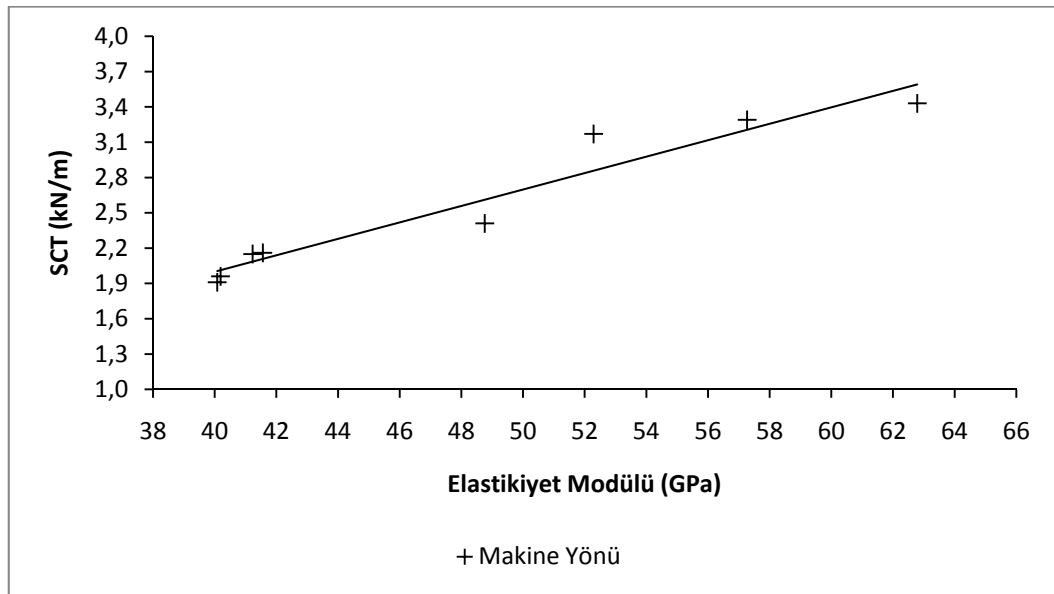


Şekil 4.6 RCT ile Çekme Direnci Karşılaştırılması

Firmalar hammadde tedarik ederken, kâğıtların makine yönleri ile enine yönlerinin oranlarının düşük olmasına (lif yönlenmesi az olan kâğıtlar) dikkat ederlerse daha iyi dirençler veren oluklu mukavva kutu elde edebilirler.

4.1.5. ELASTİKİYET MODÜLÜNÜN SCT ÜZERİNE ETKİSİ

Kâğıtların elastikiyet modülü ile SCT arasında doğru orantılı bir ilişki Şekil 4.7 de olduğu gibi açıkça görülmektedir.



Şekil 4.7 Elastikiyet Modülü ile SCT karşılaştırılması

5. SONUÇ

Oluklu mukavva üretiminde kullanılan hammaddenin direnç üzerine etkisinin diğer parametrelerden daha fazla olduğu gözlenmiştir. Özellikle de ürünün temel direnç özelliklerini temsil eden BCT testi verileri sayesinde ürünün kullanım yerine uygun olması sağlanabilir. Burada yapılan çalışmayla ana hammadde olan kâğıdın özelliklerinden yola çıkarak, son ürün olan oluklu mukavva kutunun direnç özellikleri, bulunan formül katsayılarıyla hesaplanabilecektir. Bu sayede oluklu mukavva fabrikası istenen direnç özelliklerini verebilecek kâğıt kombinasyonunu en etkin şekilde görebilecek ve kullanabilecektir. Bunların yanında kâğıt temin edilen işletmelerin taahhüt ettikleri direnç değerleri ile laboratuvar sonuçları kıyaslanmıştır. Sonuç olarak taahhüt edilen değerlerle bulunan değerler arasında az da olsa farklar olduğu görülebilmektedir.

Bu çalışmada iki ayrı dönemde materyaller alınmıştır. Fabrikanın üretim sistemi revize edilmeden önce alınan örneklerin direnç değerleri ile revize edildikten sonra alınan örneklerin direnç değerleri arasında anlamlı bir fark yoktur. Oluklu mukavva kutunun direnç özellikleri üzerinde hammadde direnç özelliklerinin proses koşullarından daha fazla etkisi vardır. Oluklu mukavva direnç özellikleriyle, kullanılan kâğıdın direnç özellikleri arasında sıkı bir ilişkinin bulunduğu yapılan deneyler sonucunda ortaya konulmuştur. Oluklu mukavva levhada kullanılan kâğıdın farklı yönlerdeki yırtılma dirençleri ve çekme dirençleri oranları lif yönlenmesi hakkında bilgi vermektedir. Lif yönlenmesinin kâğıtların direnç özelliklerine olumsuz etki ettiği gözlenmiştir. Kısa mesafe çekme testi (SCT) değerlerini kullanarak kenar ezilme direnci (ECT) test sonuçlarının değerlendirilmesinin daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür. Elastikiyet modülü ile SCT arasında doğru orantılı bir ilişki gözlenmiş, oluklu mukavva kutunun direnç özellikleri hesaplanırken, elastikiyet modülünün de kullanılabileceği görülmüştür. Bu veriler sayesinde, oluklu mukavva fabrikasında üretilecek kutuların hammadde direnç özelliklerinin bilinmesi ile istenen direnç değerlerine sahip oluklu mukavvalar üretilebilecek, doğru maliyet analizi yapılabilmesi mümkün olacaktır.

Oluklu mukavva firmalarında çeşitli müşterilerin beklentileri karşılanmaktadır. Bazı ürünler için örneğin depolama ambalajlarında taşıyıcı özellik ön plana çıkarken, tüketici ambalajlarında görsellik daha önemli olmaktadır. Ürünlerin zarara uğramadan taşınabilmesi için ambalajın belli direnç özelliklerinde olması gerekir. Bu da yüksek direnç özelliklerine

sahip kâğıtlarla karşılanabilir. Kullanım yerine uygun malzeme seçiminin doğruluğu ürün kalitesi bakımından üretici firmaların devamlılığının bir göstergesi olmaktadır.

Bütün bu bilgiler doğrultusunda oluklu mukavva kutu üreticilerinin hem kârlılık, hem de müşteri memnuniyetini göz önünde bulundurduğunda üretime geçmeden önlemlerini almaları gerekmektedir. Bu da baştan oluklu mukavva kutu üretiminde kullanacağı ara ve üst tabaka kâğıtlarının direnç özelliklerine dikkat ederek alması, kutu üretiminde proses koşullarını optimize etmesi, kâğıt ve kutuların bekleme sırasında rutubet ve sıcaklık için standart koşullara uymaya dikkat etmesi gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR

ADAMOPOULOS, S., MARTINEZ, E., RAMIREZ, D., 2006, *Characterization of Packaging Grade Papers from Recycled Raw Materials Through The Study of Fibre Morphology and Composition*, Global NEST Journal, Vol 9, No 1, pp 20-28, Greece, 23-26

ANONİM, 1990, ISO 187: Kâğıt, Karton ve Hamur – Şartlandırma ve Testler için Standart Atmosfer Koşulları ve Şartlandırılmış Örneklerle Atmosferi İzleme Prosedürü, Türk Standartları Enstitüsü, ICS 85.040; 85.060

ANONİM, 1994, ISO 536: Kâğıt ve Karton – Gramaj Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, ICS 85.060

ANONİM, 1994, TS 609, EN 20535: Kâğıt ve Karton Su Emme Dayanımı– Cobb Tayini, Türk Standartları Enstitüsü.

ANONİM, 1994, ISO/DIS 1924-2: Kâğıt ve Karton – Çekme Özelliklerinin Belirlenmesi – Bölüm 2, Türk Standartları Enstitüsü, ICS 85.060

ANONİM, 2001, ISO/FDIS 2759: Karton – Patlama Direncinin Belirlenmesi, Türk Standartları Enstitüsü, ICS 85.060

ANONİM, 2002, ISO 12192: Kâğıt ve Karton – Basınç Direnci – Halka Ezilme Metodu, Türk Standartları Enstitüsü, ICS 85.060

ANONİM, 2004, ISO 534: Kâğıt ve Karton: Kalınlık, Yoğunluk ve Hacimlilik Belirleme, Türk Standartları Enstitüsü, ICS 85.060

ANONİM, 2004, TS 4423, EN 21974: Kâğıt ve Karton: Yırtılma Direnci Belirleme

ANONİM, 2008, ISO 7263, Oluklu Orta Katı – Laboratuvar Oluklu Kâğıtları için Düz Ezilme Direnci Belirleme, Türk Standartları Enstitüsü, ICS 85.060

ANONİM, 2008, ISO 9895: Kâğıt ve Karton – Basınç Direnci – Kısa Mesafe Testi, Türk Standartları Enstitüsü, ICS 85.060

ANONİM, 2008, Selüloz ve Kâğıt Sanayi Vakfı, 3-6

ANONİM, TSE 1989, TS 1119, Oluklu Mukavvalar

ANONİM, Tappi Test Methods, T 824, Oluklu Katı Dikine Ezilme Testi

ANONİM, Tappi Test Methods, ISO 3037, TS6010), Oluklu Mukavva Kenar Ezilme Testi

ANONİM, Tappi Test Methods, TAPPI 804, Oluklu Mukavva Kutu Ezilme Testi

- ANONİM, Scan-G, Statistical Treatment of Test Results, 2:07 İstatistiksel Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi
- DİMİTROV, K., HEYDENRYCH, M., 2009, *Relationship Between the Edgewise Compression Strength of Corrugated Board and the Compression Strength of Liner and Fluting Medium Papers*, NISC Pty Ltd Yayıncılık, South Africa
- EROĞLU, H., USTA, M., 2004, *Kâğıt ve Karton Üretim Teknolojisi*, I. Cilt, Esen Ofset Matbaacılık, Trabzon, 310-321
- EROĞLU, H., USTA, M., 2004, *Kâğıt ve Karton Üretim Teknolojisi*, II. Cilt, Esen Ofset Matbaacılık, Trabzon, 1, 199-208
- GÜRBOY, B., 2007, *Türkiye Kağıt ve Karton Endüstrisi Orman Kaynaklarının İşlevleri Kapsamında Darboğazlar, Çözüm Önerileri ve Öncelikler*, Uluslararası Sempozyum, 17-19 Ekim 2007, Harbiye İstanbul.
- GÜRBOY, B., 2004, *Kağıt Ambalaj Tekniği*, Yayımlanmamış Ders Notları, 21-34
- HARTIKAINEN, K., 1998, *Paper and Paperboard Covering*, Fapet Oy Yayıncılık, Finlandiya, 244-268
- HARKINSON, L., BREDEMO, R., FELLERS, C., STUBBFALT, G., *Mechanical Properties and Their Relation to Packaging Performance*, STFI Packfors AB, Stockholm, İsveç, 6-9
- KIRCI, H., 2003, *Kâğıt Hamuru Endüstrisi*, Karadeniz Üniversitesi Basımevi (72), Trabzon, 1, 14-19
- KAINULAINEN, M., SÖDERHJELM, L., 1999, *Pulp and Paper Testing*, Fapet Oy Yayıncılık, Finlandiya, 219-223
- KIVİRANTA, A., 2000, *Paper and Board Grades*, Fapet Oy Yayıncılık, Finlandiya, 55-71
- MARKSTRÖM, H., 1999, *Testing Methods and Instruments for Corrugated Boards*, Lorentzen & Wettre Yayıncılık, İsveç, 7-9
- MCKEE, R., GANDER, J.W., WACHUTA, JR., 1963, *Compression Strength Formula for Corrugated Boxes*, Paperboard Packaging 149-159
- ÖNEN, M. O., 2007, *Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş., Sektörel Araştırmalar*, Oluklu Mukavva Ambalaj Ürünleri 1-13
- POUSTİS, J., 2005, *Paper and Paperboard Technology*, Blackwell Publishing Ltd Yayıncılık, (317-322)
- RAHMAN, A., URBANİC, T., MAHAMİD, M., 2003, *Response of Corrugated Fiberboard to Moisture Flow: A 3-D Finite Element Transient Nonlinear Analysis*, International Paper PhySics Conference, 277-280

SCHUENEMAN, H., 2007, *Paper and Corrugated Paperboard*, Westpak, INC., 29, 39-46

TANK T., 1998, *Kâğıt Fabrikasyonu*, İstanbul Üniversitesi Basımevi (4028/446), İstanbul, 17, 177-183

7. ÖZGEÇMİŞ

Ahsen Ezel BİLDİK 29.07.1985 tarihinde Elazığ'da doğmuştur. İlk öğrenimini Elazığ'da Orta öğrenimini Manisa'da tamamladıktan sonra, 2003 yılında Manisa Fatih Anadolu Lisesi'nden mezun olmuştur. 2003-2007 yılları arasında Lisans öğrenimini İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde tamamlamıştır.

2007 yılı Ekim ayında İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başlamıştır.