

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**LİF VE KÂĞIT TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI**

**OLUKLU MUKAVVA ÜRETİMİNDE KULLANILAN NIŞASTA BAZLI  
TUTKALIN ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE ÜRETİMDE  
ETKİN KULLANIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Orm. End. Müh. Ebru Mine ALKAN**

**TEMMUZ 2020**  
**TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**LİF VE KÂĞIT TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI**

**OLUKLU MUKAVVA ÜRETİMİNDE KULLANILAN NIŞASTA BAZLI  
TUTKALIN ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE ÜRETİMDE  
ETKİN KULLANIMI**

**Orm. End. Müh. Ebru Mine ALKAN**

**ORCID : 0000 - 0001 - 5217 - 4879**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce  
“YÜKSEK LİSANS (LİF VE KÂĞIT TEKNOLOJİSİ)”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 28.05.2020**  
**Tezin Savunma Tarihi : 01.07.2020**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Esat GÜMÜŞKAYA**  
**ORCID : 0000 - 0003 - 1892 - 7317**

**Trabzon 2020**

## ÖNSÖZ

Bu çalışma kapsamında oluklu mukavva üretiminde kullanılan nişasta bazlı tutkal farklı kimyasallarla modifiye edilmiş ve özelliklerindeki değişimler takip edilmiştir. Oluklu mukavva üretiminde yapıştırıcı olarak kullanılan nişasta esaslı tutkalın özelliklerinin ve yapıştırma performansının iyileştirilmesi ve üretilen oluklu mukavva levhaların kalitesinin artırılmasını konu alan bu çalışma KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsüne “Oluklu Mukavva Üretiminde Kullanılan Nişasta Bazlı Tutkalın Özelliklerinin Geliştirilmesi” adı altında Yüksek Lisans Tezi olarak sunulmuştur.

Yüksek Lisans tez danışmanlığımı üstlenerek çalışma konusunu belirleyen, çalışmanın her aşamasında görüş ve desteğini aldığım, yardım ve bilgilerini esirgemeyen sayın Prof. Dr. Esat GÜMÜŞKAYA hocama en içten dileklerle teşekkür ederim. Tez çalışmam süresince bilgi ve tavsiyelerinden yararlandığım sayın Prof. Dr. Hüseyin KIRCI hocama teşekkür ederim. Bu çalışma TÜBİTAK 1501 Üniversite-Sanayi İşbirliği çerçevesinde 5160114 kodlu projeye desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK’a teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmam sırasında üretim tesisini bizlere açan ve her türlü desteği gösteren Çağlar Ambalaj Ltd. Şti. Genel Müdürü Sn. Servet METE ve tüm fabrika çalışanlarına şükranlarımı sunarım.

Tüm yaşamım boyunca üzerimden desteğini eksik etmeyen aileme, eşime ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ebru Mine ALKAN  
Trabzon, 2020

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Oluklu Mukavva Üretiminde Kullanılan Nişasta Bazlı Tutkalın Özelliklerinin Geliştirilmesi ve Üretimde Etkin Kullanımı” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Esat GÜMÜŞKAYA'nın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 27/05/2020

Ebru Mine ALKAN

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VII
SUMMARY .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Oluklu Mukavva.....	2
1.2.1. Oluklu Mukavvanın Tanımı ve Tarihçesi .....	2
1.2.2. Türkiye’de Oluklu Mukavva Üretimi.....	3
1.2.3. Oluklu Mukavva Bileşenleri .....	3
1.2.4. Oluklu Mukavvanın Sınıflandırılması ve Dalga Cinsleri.....	3
1.2.5. Oluklu Mukavva Üretiminde Kullanılan Kâğıtlar.....	5
1.2.5.1. Kraft Liner.....	6
1.2.5.2. Test Liner .....	6
1.2.5.3. NSSC Fluting .....	7
1.2.5.4. Schrenz Kağıdı .....	7
1.2.5.5. Saman Fluting.....	7
1.3. Oluklu Mukavva Üretim Teknolojisi .....	8
1.3.1. Tek Yüzlü Oluklu Mukavva Üretim Hattı .....	8
1.3.1.1. Oluklu Mukavva Makinesi.....	9
1.3.2. Oluklu Mukavvanın Kullanım Yerleri .....	13
1.4. Oluklu Mukavva İmalinde Kullanılan Tutkallar ve Özellikleri .....	14
1.4.1. Nişasta .....	14
1.4.2. Nişastanın Kimyasal Yapısı .....	15
1.4.3. Nişasta Tutkalının Hazırlanması .....	17
1.5. Nişasta Tutkalı Performansının İyileştirilmesi Üzerine Yapılan Çalışmalar .....	19
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	22

2.1.	Materyal.....	22
2.1.1.	Nişasta Tutkalı Üretimi ve Modifikasyonunda Kullanılan Kimyasallar.....	22
2.1.3.	Oluklu Mukavva Üretiminde Kullanılan Kâğıtlar.....	23
2.2.	Yöntem.....	23
2.2.1.	Nişasta Tutkalının Hazırlanmasında ve Modifikasyonunda Kullanılan Yöntemler.....	23
2.2.2.	Tutkal ve Oluklu Mukavva Özelliklerini Belirlemede Kullanılan Yöntemler.....	25
2.2.2.1.	Tutkal Viskozitesinin Belirlenmesi.....	25
2.2.2.2.	Tutkalın Jelleşme Süresinin Belirlenmesi.....	26
2.2.3.	Oluklu Mukavva Üretimi.....	26
2.2.3.1.	Oluklu Mukavva Örneklerinin Test Yöntemleri.....	27
2.2.3.2.	Yüzeye Dik Ezilme Testi (FCT) Ölçüm Yöntemi.....	28
2.2.3.3.	Kenar Ezilme Testi (ECT) Ölçüm Yöntemi.....	29
2.2.3.4.	Pin Yapıştırma Testi (PAT) Ölçüm Yöntemi.....	30
2.2.3.5.	Kutu Ezilme Testi (BCT) Ölçüm Yöntemi.....	31
3.	BULGULAR.....	32
3.1.	Nişasta Tutkalı Hazırlama ve Modifikasyonuna Ait Laboratuvar Bulguları.....	32
3.2.	Tesis Ölçeğinde Üretilen Modifiye Nişasta Tutkalının Viskozitesi ve Jelleşme Süresine Ait Bulgular.....	32
3.3.	Modifiye Tutkalarla Tesis Ölçeğinde Üretilen Oluklu Mukavvaların Mukavemet Özelliklerine Ait Bulgular.....	33
4.	İRDELEME.....	35
4.1.	Nişasta Bazlı Tutkal ve Modifikasyonunun Özellikleri.....	35
4.1.1.	Nişasta Bazlı Tutkalın Üretim Boyunca Viskozite Değerindeki Değişim.....	38
4.1.2.	Nişasta Bazlı Tutkal Modifikasyonlarının Oluklu Mukavva Direnç Değerlerine Etkileri.....	39
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	45
6.	KAYNAKLAR.....	47
	ÖZGEÇMİŞ	

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

**OLUKLU MUKAVVA ÜRETİMİNDE KULLANILAN NIŞASTA BAZLI TUTKALIN  
ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE ÜRETİMDE ETKİN KULLANIMI**

Ebru Mine ALKAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Kağıt ve Lif Teknolojisi Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Esat GÜMÜŞKAYA  
2020, 49 Sayfa

Tez kapsamında oluklu mukavva sektöründe kullanılan nişasta bazlı tutkal için yeni reçete uygulanarak hazırlanan nişasta tutkalıyla daha iyi viskozite stabilizasyonun sağlanarak tutkalın oluklu mukavva makinesindeki kullanım performansı iyileştirilmiştir. Denemeler laboratuvar ortamında gerçekleştirildikten sonra Çağlar Ambalaj Ltd.Şti tesislerinde oluklu mukavva üretim hattında denemeleri yapılmıştır. Oluklu mukavva test sonuçları üretim hattından çıkan ürünle üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Yeni reçete ile hazırlanan nişasta bazlı tutkal ile üretilen oluklu mukavvanın sağlamlık özellikler artırılmıştır. Oluklu mukavvadaki sağlamlık kazancı FCT, ECT, BCT ve PAT için sırasıyla %17, %25, %12 ve %18'dir. Katkısız nişasta baz tutkalın bileşimine yalnızca %0,1- 0,2 keton aldehit ve/veya polivinil alkol ilavesiyle hazırlanan yapıştırıcıyla üretilen oluklu mukavvanın tüm sağlamlık özelliklerinde hissedilebilir bir artış tespit edilmiştir. Levha özellikleri açısından en iyi sonuçlar %0,1 keton aldehit ve %0,2 polivinil alkolün sinerjik etkisiyle elde edilmiştir. Bu koşulda üretilen oluklu mukavvanın FCT değeri 3,82 kPa, ECT değeri 4,09 kN/m, BCT değeri ise 2,34 kN olarak belirlenmiştir. PAT yapışma direnci için en yüksek değer 430 N/m ile %0,2 polivinil alkol katkısıyla hazırlanan tutkalla üretilen levhada belirlenmiştir.

Genel olarak, yeni reçetesi ile hazırlanan nişasta tutkalının polivinil alkol katılarak modifiye edilmesiyle elde edilen nişasta bazlı tutkal kullanarak üretilen oluklu mukavvanın kalite özelliklerinde kayıplar olmaksızın Çağlar Ambalaj Ltd.Şti. tesislerinde oluklu mukavva makinesinin üretim hızının yaklaşık %60 artış olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Nişasta Tutkalı, Oluklu Mukavva, Polivinil Alkol, Ketonaldehit.

Master Thesis

SUMMARY

IMPROVEMENT OF THE PROPERTIES OF THE STARCH BASED ADHESIVE USED IN CORRUGATED CARDBOARD PRODUCTION AND EFFECTIVE USE IN PRODUCTION

Ebru Mine ALKAN

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Fiber and Paper Division Graduate Program  
Supervisor: Prof. Dr. Esat GÜMÜŞKAYA  
2020, 49 Pages

Within the scope of the thesis, the use performance of the glue in the corrugated cardboard machine was improved by providing better viscosity stabilization with the starch glue prepared by applying new prescription for the starch based glue used in corrugated cardboard sector.

The strength properties of the corrugated board produced with starch-based glue prepared with the new recipe have been increased. Strength gains on corrugated cardboard are 17%, 25%, 12% and 18% for FCT, ECT, BCT and PAT, respectively. Only 0.1 to 0.2% ketone aldehyde and / or polyvinyl alcohol addition to the composition of the starch base glue formulation resulted in a noticeable increase in all strength properties of the corrugated board. The best results in terms of corrugated board properties were obtained with the synergistic effect of 0.1% ketone aldehyde and 0.2% polyvinyl alcohol. The FCT, ECT and BCT values of the corrugated boards produced in this condition were determined as 3.82 kPa, 4.09 kN/m and 2.34 kN, respectively. The best PAT bonding strength was found as 430 N/m for the corrugated board prepared with only 0.2% polyvinyl alcohol addition to base starch glue formulation.

In general, it is possible to increase the production speed of the machine to 60% increase without losses in the quality characteristics of the corrugated cardboard produced with PVA-added starch glue in Çağlar Ambalaj Ltd.Şti. Thus, as the production capacity of the factory will increase, hence market competitiveness of the product will increase due to the decrease in the production costs of corrugated board.

**Key Words:** Starch Glue, Corrugated Board, Polyvinyl Alcohol, Ketone Aldehyde.



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Tek duvarlı (single facer), çift duvarlı (double), üç duvarlı (triple) oluklu mukavva.....	4
Şekil 2. Oluklu kâğıtlarda dalga boyu ve dalga yüksekliğinin gösterimi.....	4
Şekil 3. A, B, C, E, F ve G Dalga boylarının gösterimi .....	5
Şekil 4. Tek yüzlü oluklu levha üretim hattının basitleştirilmiş gösterimi.....	9
Şekil 5. Şematik bir oluklu mukavva makinesi .....	12
Şekil 6. Örnek bir oluklu mukavva fabrika planı .....	13
Şekil 7. Amiloz ve amilopektinin moleküler yapısı (URL-3).....	16
Şekil 8. Jelleşme noktasının grafiksel gösterimi .....	17
Şekil 9. Tutkal viskozitesi ölçümlerinde kullanılan viskozimetre ve ölçüm Aparatları.....	26
Şekil 10. İklimlendirme odasındaki sıcaklık ve bağıl nemi ayarlayan klima sistemi.....	27
Şekil 11. Lorentzen & Wettre ezilme direnci ölçüm cihazı .....	28
Şekil 12. FCT örnek kesme aparatı ve oluklu mukavva örneğinin ezilmesi.....	29
Şekil 13. ECT ölçümlerinde kullanılan deney örneği boyutu ve yüklenme doğrultusu.....	29
Şekil 14. Liner ve fluting yapışma derecesini ölçmek için kullanılan pin test ölçüm cihazı .....	30
Şekil 15. Devotrans kutu edilme direnci ölçüm cihazı ve ezilme anındaki oluklu mukavva kutu .....	31
Şekil 16. Farklı oranlarda ilave edilen keton aldehidin nişasta bazlı tutkal özelliklerine etkisi .....	36
Şekil 17. Farklı oranlarda ilave edilen melamin formaldehidin nişasta bazlı tutkal özelliklerine etkisi .....	37
Şekil 18. Farklı oranlarda ilave edilen polivinil alkolün nişasta bazlı tutkal özelliklerine etkisi .....	37
Şekil 19. Farklı tutkal reçeteleri kullanılarak üretilen oluklu mukavvanın düz ezilme direncindeki (FCT) değişim.....	40
Şekil 20. Farklı tutkal reçeteleri kullanılarak üretilen oluklu mukavvanın köşe ezilme direncindeki (ECT) değişim .....	41
Şekil 21. Farklı tutkal reçeteleri kullanılarak üretilen oluklu mukavvanın kutu ezilme direncindeki (BCT) değişim .....	42
Şekil 22. Farklı tutkal reçeteleri kullanılarak üretilen oluklu mukavvanın kutu ezilme yapışma direncindeki (PAT) değişim .....	43

## TABLÖLAR DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1. Oluklu mukavvalarda dalga (oluk) ölçüleri .....	5
Tablo 2. Nişasta tutkalı üretiminde uygulanan eski ve yeni tutkal reçeteleri.....	24
Tablo 3. Yeni reçete (NT-2) için ilave edilen polimerler ve miktarları .....	25
Tablo 4. Laboratuvar ölçüğünde nişasta tutkalına katkı maddesi ilavesiyle hazırlanan nişasta tutkalının viskozite ve jelleşme süresine ait bulgular.....	33
Tablo 5. Tesis ölçüğünde çeşitli katkı maddeleri ilavesiyle hazırlanan nişasta tutkalının formülasyonu ve viskozite ve jelleşme süresi ölçümlerine ait bulgular.....	33
Tablo 6. Endüstriyel ölçekte hazırlanan nişasta tutkalları ile belirli makine hızlarında üretilen oluklu mukavvalara ait ECT, FCT, BCT ve PAT değerlerine ait bulgular.....	34

## SEMBOLLER DİZİNİ

<b>NSSC</b>	: Nötral sülfite yarıkimyasal hamuru
<b>DP</b>	: Polimerleşme derecesi
<b>ÜF</b>	: Üre Formaldehit
<b>MF</b>	: Melamin formaldehit
<b>RF</b>	: Resorsinol formaldehit
<b>PVA</b>	: Polivinil alkol
<b>PVAc</b>	: Polivinil asetat
<b>KA</b>	: Keton aldehit
<b>KMK</b>	: Kahramanmaraş Kağıt Sanayii
<b>FCT</b>	: Düz ezilme direnci
<b>ECT</b>	: Kenar ezilme direnci
<b>BCT</b>	: Kutu ezilme direnci
<b>PAT</b>	: Pin adezyon (yapışma) testi

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Oluklu mukavva çok eski bir geçmişe sahiptir. Oluklu mukavvanın bir ambalaj malzemesi olarak gelişmesi, kullanımının yaygınlaşması ve önemi, ikinci dünya savaşı yıllarında anlaşılmıştır. Savaş yıllarının en kıymetli ambalaj malzemesi olan oluklu mukavva ambalaj kutuları, taşıdığı özelliklerden dolayı, silahlı kuvvetler dahi, pek çok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Bu gelişme, savaş yıllarından sonra oluklu hattı imalat sanayiinin de hızla gelişmesini ve teknolojik yeniliklerin uygulamaya konulmasını sağlamıştır. Ambalaj sanayii tüketim ekonomilerinin ortaya çıkışı ve hızlı nüfus artışlarıyla doğru orantılı olarak önem kazanan bir faaliyet sektörüdür. Ambalaj sanayiinin mallarına olan talep türev taleptir. Bu nedenle, ambalaj sektöründe üretilen ürüne olan talep, ambalajlanan ürüne olan talep değişimine paralellik gösterir (Deniz, 2011).

Türkiye’de 1953 yılında üretimine başlayan oluklu mukavva sektörü ambalaj sektöründeki talep artışıyla hızla gelişmiştir. Ürünün ambalajlanmasında gelişmiş ülkeler ile ülkemiz arasında kullanım niceliği açısından dikkate değer farklılıklar olsa da son zamanlarda ambalaj sektöründe oluklu mukavva kullanımı hızlı bir şekilde artmıştır. Uzun ve zorlu bir üretim prosesi sonunda ortaya çıkan endüstriyel ve tarımsal ürünün değerini kaybetmemesi her şeyden önce uygun tekniklerle iyi tasarlanmış, iyi üretilmiş bir ambalajla mümkündür.

Oluklu mukavva üretiminde yapıştırıcı olarak en yaygın kullanılanı nişasta bazlı tutkallardır. Bu tutkal ısı etkisi ile jel haline geçerek kurur. Tutkal bileşiminde nişasta, su içerisinde çözünmeyen granüller halinde bulunur. Nişasta granüllerinin yapısı bitkiler arasında çok değişiklik gösterir ve bu da nişastanın özellik ve fonksiyonlarını etkiler. Granül yapısı ve şekli, amiloz- amilopektin oranı, amiloz ve amilopektinin moleküler yapısı ve lipid, protein, fosfat miktarı gibi diğer faktörler nişastanın fonksiyonel özelliklerini ve sonuçta endüstriyel kullanım alanını belirler (Ölçer ve Akın, 2008).

Bu çalışma ile oluklu mukavva üretiminde liner ve ondüle kâğıtlarının birleşmesinde kullanılan nişasta bazlı tutkalın gerek hazırlanmasında gerekse üretim sürecinde bazı katkı maddeleriyle modifikasyonlar yaparak tutkalın yapıştırma performansının iyileştirilmesi hedeflenmiştir.

## 1.2. Oluklu Mukavva

### 1.2.1. Oluklu Mukavvanın Tanımı ve Tarihçesi

DIN 55405 Bölüm 2'ye göre oluklu mukavva, "bir veya daha fazla ondüle haline getirilmiş kâğıdın, bir ya da daha çok kâğıda veya kartona yapıştırılmış şekli" olarak tanımlanır. Bir bakıma çok tabakalı kartondur. Oluklu mukavva, ondüle (fluting) denilen sinüzoidal hale getirilmiş ara kâğıt tabakasının alt, üst yüzeyine liner (örtü) kâğıdının yapıştırılmasıyla elde edilen hacimli bir ambalaj ürünüdür (Tuncer, 2010).

Oluklu mukavvanın gelişim kronolojisi aşağıda sıralanmıştır:

1856-Healey ve Allen adlarında iki İngiliz ilk oluklu mukavvanın patentini aldılar. İlk örnek kâğıt, iki adet yivli silindirden oluşan, el ile çalışan çok basit bir makina ile oluklu hale getiriliyor ve bu ürün silindir şapkaların astarı olarak kullanılıyordu.

1871-Amerikalı Albert L. Jones, oluklu mukavvanın ilk kez ambalaj malzemesi olarak patentini aldı ve şişe vb. kırılacak eşyaları ambalajlamakta kullandı.

1874-ABD'de Oliver Long bir yüzüne astar koyarak güçlendirdiği oluklu mukavvanın patentini aldı.

1881-Oluklu mukavvanın öncüleri sayılan bazı üreticiler yaptıkları yeniliklerle patentler aldılar. Bu kişiler çalışmalarını yeni makineler geliştirmekte yoğunlaştırdılar. Thompson ve Norris Firması ilk mekanik olarak çalışan tek yüzlü (tek astar) makinayı geliştirdi ve ilk 3 Avrupalı üreticiye tanıttı.

1883-Londra (İngiltere)

1886-Kirchberg (Almanya)

1888-Exideuil-Sur-Vienne (Fransa)

1895-Çeşitli ekipman üreticileri oluklu mukavva işine girdiler. İlk sürekli (uzun metrajlı) oluklu mukavva makinası Sefton Manufacturing Co. Firmasından Jefferson T. Ferres tarafından geliştirildi (Önen, 2002).

Oluklu mukavva üretimindeki asıl gelişme II. Dünya savaşı sonrası yıllarda gelişen rafinör teknolojisi ile yarı kimyasal esmer kraft hamuru ve özellikle nötral sülfite yarı kimyasal (NSSC) hamuru üretiminin üretimin yaygınlaşmasından sonra yaşanmıştır (Kırcı, 2006).

### 1.2.2. Türkiye’de Oluklu Mukavva Üretimi

Oluklu mukavvanın keşfi ve gelişimi 1800’lü yılların son çeyreğinde olsa da ülkemizdeki ilk üretim 1954 yılında, dünyadaki ilk endüstriyel üretiminden 83 yıl sonra, Seka İzmit’te üretilmiştir. Özel sektöre ait ilk kuruluş olan DAKO, 1960 yılında İstanbul’da faaliyetine başlamış, daha sonra 1966’da BOMSAŞ, 1968’de OLMUKSA sektöre girmişlerdir. Oluklu mukavva sektöründe gerçek anlamda hızlı büyüme ise 1981 yılından sonra görülür. Sektöre yatırım yapan firma sayılarının artması sonucu sektördeki kapasite ve üretim miktarları kısa sürede artırmıştır (Önen, 2002).

### 1.2.3. Oluklu Mukavva Bileşenleri

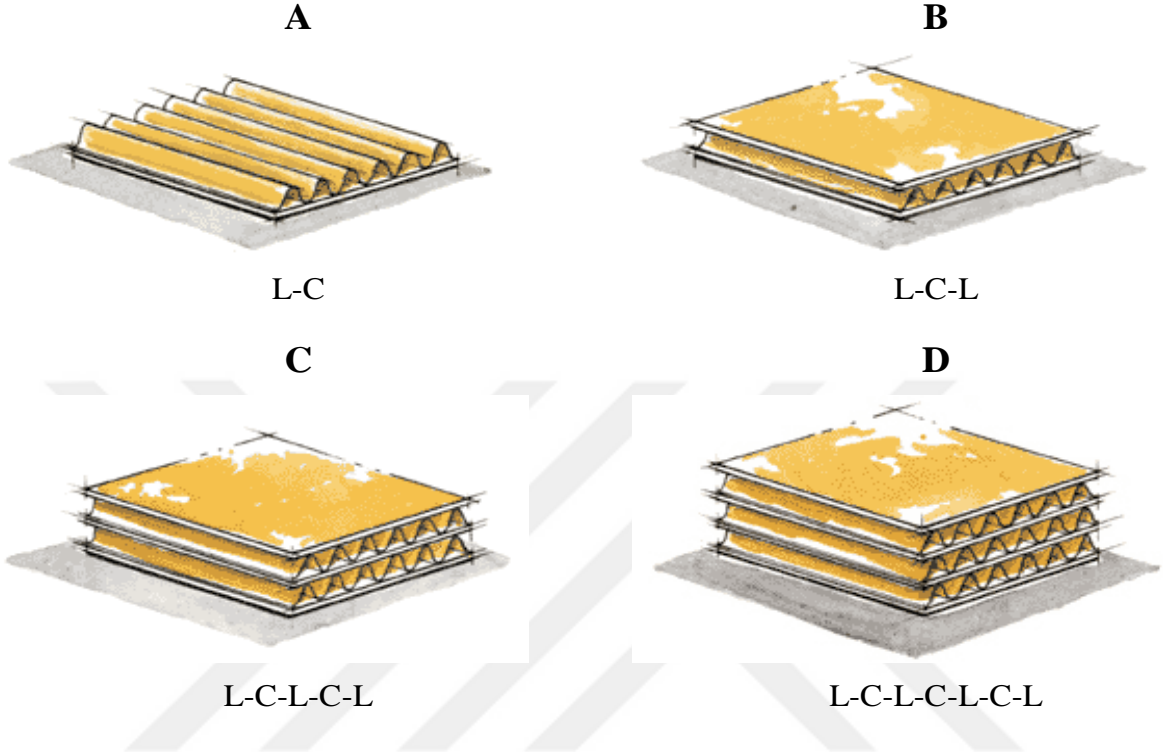
Oluklu mukavvayı oluşturacak dış, iç, ara kâğıtların gramaj, cins ve özellikleri, kutu performansıyla doğrudan ilişkili olmaları nedeniyle, büyük önem taşır. Tek oluklu mukavva 2 adet düz yüzey tabakalardan ve bir adet oluklu bir orta tabakadan oluşur. Yüzey tabaka olarak kullanılacak kâğıtlar genellikle bakir kraft hamurundan (kraft liner) veya eski oluklu mukavvadadan geri dönüşümle elde edilen hamurdan (testliner) üretilir ve gramajları  $125 \text{ g/m}^2$  ile  $350 \text{ g/m}^2$  arasında değişir. Oluklu kâğıtlar NSSC hamuru, yarı kimyasal saman hamuru veya atık kâğıt/kartonun geri dönüşümüyle üretilen hamurlardan  $80 \text{ g/m}^2$  ile  $180 \text{ g/m}^2$  arasında değişen gramajlarda üretilir. Oluklu kağıt yapılacak malzemeye piyasada fluting kağıdı denilmektedir.

Oluklu mukavvanın mekanik özellikleri, bileşenlerinin özelliklerine ve oluk geometrisine bağlıdır. Bu nedenle, bunlar kesit geometrisini değiştirerek, yani farklı oluk boyutları ile farklı oluk tipleri ve kağıt kalitelerini birleştirerek uyarlanabilirler. (Pohl, 2009).

### 1.2.4. Oluklu Mukavvanın Sınıflandırılması ve Dalga Cinsleri

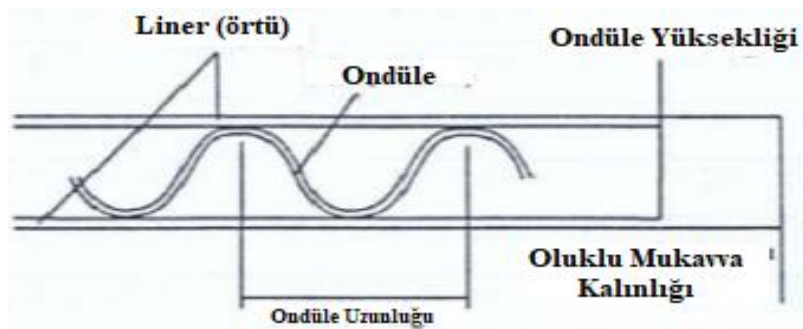
Oluklu mukavva tek yüzlü, tek duvarlı, çift ve üç duvarlı panellerden oluşabilir. Şekil 1’de görüldüğü gibi bir oluklu ve bir liner kağıttan oluşanlar tek yüzlü (single face) (A), tek oluklu ve iki adet örtü kağıdından oluşanlar tek duvarlı (B), iki adet oluklu kağıttan oluşanlar çift duvarlı (doppel) (C) ve üç katlı oluklu kâğıttan oluşanlar ise üç duvarlı (triple)

levha olarak adlandırılır. Ancak endüstriyel üretimin büyük kısmı tek oluklu levhalardır (Pohl, 2009).



Şekil 1. Tek duvarlı (single facer), çift duvarlı (double), üç duvarlı (triple) oluklu mukavva

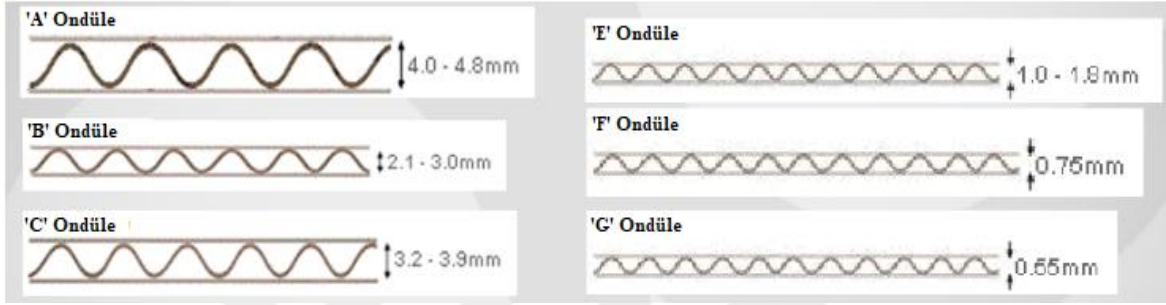
Oluklu mukavva üretiminde kullanılan oluklu kağıtlar Şekil 2 de gösterilen dalga boyu ve yüksekliği bakımından da farklılıklar gösterir. Tablo 1’de gösterilen dalga (oluk) ölçüleri bakımından A, B, C ve E olmak üzere 4 gruba ayrılmıştır. İki duvarlı oluklu mukavva (Dopel) üretimi kullanım yerlerine bağlı olarak A+B, A+C, A+E, C+B, B+E, C+E olmak üzere altı tipte üretilebilmektedir (URL-1).



Şekil 2. Oluklu kâğıtlarda dalga boyu ve dalga yüksekliğinin gösterimi

Tablo 1. Oluklu mukavvalarda dalga (oluk) ölçüleri

Dalga Cinsi	Dalga Yüksekliği (h)	Dalga Boyu (b)	Oluk Sayısı (m)	Ondüle Katsayısı
<b>A (iri)</b>	4,0-4,8	8,0-9,5	105-125	1,48-1,53
<b>B (ince)</b>	2,2-3,0	5,5-8,5	153-181	1,28-1,43
<b>C (orta)</b>	3,2-4,0	6,8-8,0	125-147	1,42-150
<b>E (mikro)</b>	1,0-1,8	3,0-3,5	285-334	1,22-1,29



Şekil 3. A, B, C, E, F ve G Dalga boylarının gösterimi

A'dan E'ye kadar olan oluklu mukavvaların ambalaj üretiminde seçimi, taşınacak mamulün kırılabilirliği, taşıma mesafesi ve şartlarına göre belirlenir. Yüksek derecede bir koruma, iyi bir yastıklama, dikey istifleme mukavemeti istenen yerlerde C ondüle tercih edilir. Bu özelliklerde ki düşme ile E ondüle ölçülerine kadar inilmektedir. A ile B ondüle karşılaştırıldığında, B ondülede birim uzunluğa düşen ondüle sayısındaki fazlalık ve düşük ondüle yüksekliğinden dolayı daha sert olup, şok emiciliği azdır. Yalnız B ondüle daha çok noktadan desteklendiği için ezilme mukavemeti daha yüksektir. Oluklu mukavvaya yapılan baskıda yüzey düzgünlüğü ve ezilme mukavemeti arttıkça, baskı sırasında kontrol kolaylaşır. Sonuç olarak oluk genişliği arttıkça yastıklama, azaldıkça ise yüzey ezilme dayanımı artar (Tuncer, 2010).

### 1.2.5. Oluklu Mukavva Üretiminde Kullanılan Kâğıtlar

Oluklu mukavvayı oluşturan temel yapısal elemanlar, örtü kağıdı yapımında kullanılan “liner” ve oluklu kağıt yapımında kullanılan “Fluting” cinsi kâğıtlardır. Liner



olarak adlandırılan kâğıtlar, istenildiğinde esmer, beyaz veya renklendirilmiş olabilen “Kraft Liner”, “Test Liner” ve

“Schrenz”, ondüle kullanılanlar ise “NSSC Fluting”, “Saman Fluting” ve “Schrenz”dir. (Önen, 2002).

#### **1.2.5.1. Kraft Liner**

Kaliteli oluklu mukavva yapımında kullanılan örtü kağıdı çoğunlukla iğne yapraklı ağaç odunundan üretilen bakir kraft hamuru orijinli “kraft liner” olarak isimlendirilen kağıtlardır. Nadiren ekonomik sebeplerle hamur bileşimine %20 oranında yapraklı ağaç veya atık kağıt hamuru da ilave edilmektedir. Kraft liner kağıtları, çoğunlukla esmer yani ağartılmamış kraft hamurunun orijinal rengindedir. İstenirse ağartılmış kraft hamurundan üretilen tamamen beyaz veya sadece üst yüzeylerinde ağartılmış kraft hamuru kullanılan “white top” adıyla da üretilirler. Ambalaj malzemelerinin dayanıklılık göstergesi olan patlama değerleri bu tür kağıtlarda 3,5-5 kPa, gramaj ise 125-450 gr/m<sup>2</sup> arasında değişebilir (Kırcı,2006).

#### **1.2.5.2. Test Liner**

Son zamanlarda tümüyle eski oluklu mukavva türü atıklardan da örtü kağıtları (test liner) üretilmektedir. Son yıllarda kurulan oluklu mukavva üretim tesislerinde daha ziyade eski oluklu mukavva türünden atık hammaddeler tercih edilmektedir. Modern üretimlerde örtü kâğıdı ve oluklu kâğıt üretimi için geri dönüşümle elde edilen hamurun fraksiyonlanması ile elde edilen uzun lifler kullanılmaktadır. Bu tür kağıtların üretimi sırasında bazı katkı maddeleri ilavesiyle neme mukavemetleri artırılabilir. Test liner kâğıtlarının kalitesi kullanılan atık kâğıt/mukavva hammaddesine ve geri dönüşüm sayısına, atık kâğıt hamur süspansiyonunun fraksiyonlama yapılıp yapılmadığına bağlı lif kalitesi açısından büyük değişkenlikler gösterebilir (Kırcı, 2006).

### 1.2.5.3. NSSC Fluting

Oluklu mukavvanın orta kat kâğıdının yapımında en yaygın kullanılan malzeme yapraklı ağaç türlerinden üretilen yarı kimyasal (NSSC) hamurdur. Üretim yöntemlerini tanımlayan “Neutral Şulfite Semi Chemical” sözcüklerinin baş harfleri ile tanımlanan bu kâğıtlar, 85-200 gr/m<sup>2</sup> olarak üretilebilirler. En yaygın kullanılan gramajları ise 112-127 gr/m<sup>2</sup> 'dir. Üretildikleri ülkelere göre bileşimindeki geri dönüştürülmüş hamur katkısı % 10-50 arasında değişir. Yapraklı ağaç odunlarının iğne yapraklı ağaçlara göre daha ucuz olmasının yanında oldukça hacimli safiha verebilen rijit liflere sahip olması oluklu kağıt üretime oldukça uygundur. Hangi yöntem uygulanırsa uygulansın verimin %75'in üzerinde olmasına dikkat ve gayret edilir (Kırcı, 2006).

### 1.2.5.4. Schrenz Kağıdı

Karışık atık kâğıtlardan geri dönüşümle üretilen, içerdikleri mürekkep nedeniyle genellikle gri görümlü, istenirse renklendirilebilen, liner ve fluting kâğıdı olarak değerlendirilen düşük mukavemetli kâğıtlardır. Patlama değerleri 2 kPa altında olup, ağırlıkları 100-350 gr/m<sup>2</sup> arasında değişir (Kırcı, 2006).

### 1.2.5.5. Saman Fluting

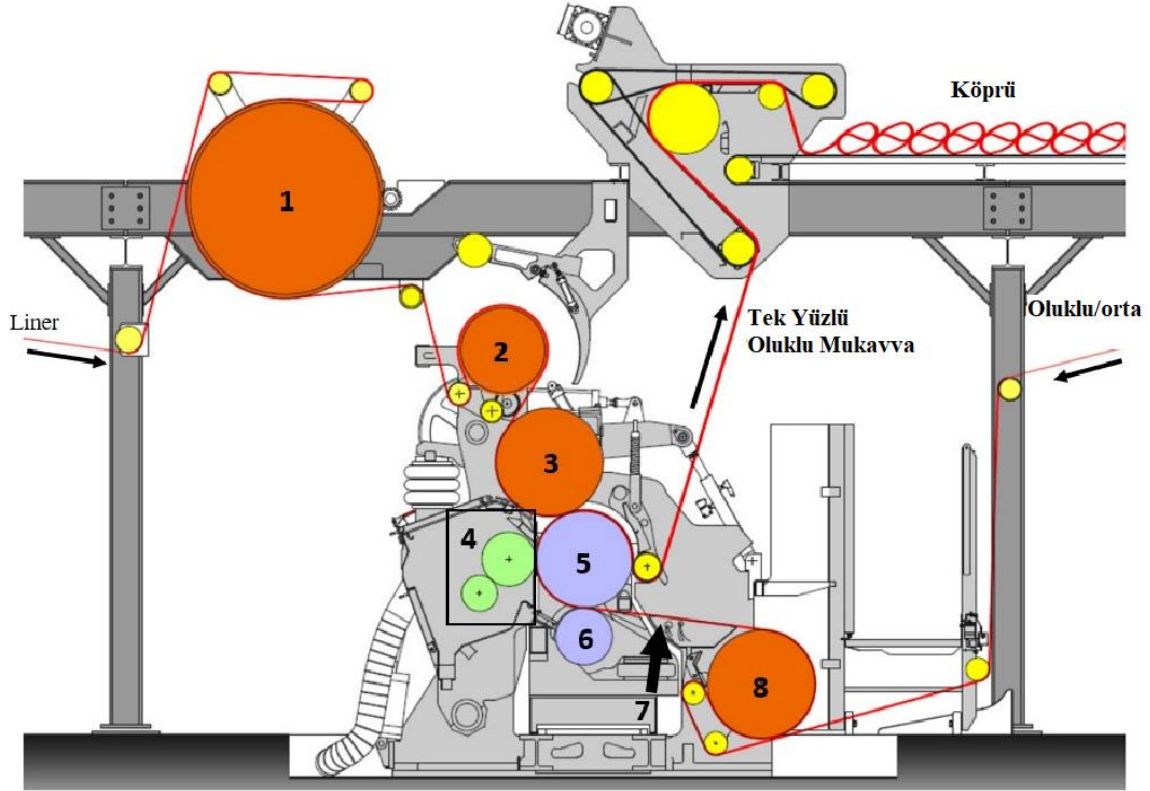
Samandan yarı kimyasal soda yöntemiyle elde edilen birincil hamura, yaklaşık % 60 oranında geri dönüşümle üretilen ikincil hamur katılarak, genellikle 140-160 gr/m<sup>2</sup> gramajda üretilen fluting kâğıtlardır. Bu kâğıtlardan üretilen oluklu mukavvaların yüzey ezilme (FCT) direnci değerleri şrenz fluting kağıdına göre yüksek olmasına karşın, nemden kolay etkilenirler. Ülkemizde 1977 yılından beri üretilmekte ve oluklu kağıt yapımında değerlendirilmektedirler Bu amaçla soda CMP yöntemi oldukça uygundur. Yarı kimyasal yöntemle elde edilen hamurlar yüksek oranda lignin ve hemiselüloz içerdiklerinden fluting kâğıdı için arzu edilen bir rijitlik vermektedir. Üstelik hamurdaki yüksek orandaki lignin ve hemiselülozlar bileşimi orta kat kağıdın oluklu hale getirildiği ondülöz makinesinde daha iyi form tutmasını da sağlar. (Kırcı, 2006).

### **1.3. Oluklu Mukavva Üretim Teknolojisi**

#### **1.3.1. Tek Yüzlü Oluklu Mukavva Üretim Hattı**

Oluklu mukavva üretim hattı üretilecek oluklu mukavvanın eni esas alınarak tasarlanan uzunluğu genellikle 100 metrenin üzerinde olan ve bünyesinde çeşitli işlemlerin yapıldığı ünitelerden meydana gelmiştir. Makine yapılan işlemlere göre, yaş kısım (wet end) ve kuru kısım (dry end) diye adlandırılan iki bölümden oluşmuştur.

Tek yüzlü oluklu levha üretiminin basitleştirilmiş yapısı Şekil 4'te gösterilmiştir. Öncelikle örtü kâğıdı ve oluklu kâğıt kombinasyonundan (L+C) oluşan tek yüzlü levha (single facer) üretmek için liner ve fluting kâğıt bobinleri açılarak besleme silindirine verilir. Fluting kâğıdının oluklu hale getirilmesi için buharla kondisyonlandırılıp ısıtıldıktan sonra ondüle silindirine verilir. Oluklu hale gelip form tutan kâğıdın oluk tepelerine nişasta tutkalı sürüldükten sonra kondisyonlanmış ve ısıtılmış liner kâğıdı ile temasa getirilir. Meydana gelen tek yüzlü levhalar yapışma işleminin tamamlanması için köprüye verilir (Kline, 1982).



- |                              |                                    |
|------------------------------|------------------------------------|
| 1. Harici Ön Isıtıcı (liner) | 5. Üst Oluklu Silindiri            |
| 2. Dahili Ön Isıtıcı (liner) | 6. Alt Oluklu Silindiri            |
| 3. Basınç Silindiri          | 7. Buhar Kutusu                    |
| 4. Tutkal Ünitesi            | 8. Harici Ön Isıtıcı (oluklu/orta) |

Şekil 4. Tek yüzlü oluklu levha üretim hattının basitleştirilmiş gösterimi

Nihai levha formunu (L+C+L) elde etmek için köprüden çıkan tek yüzlü levhanın oluklu yüzeyinin oluk tepelerine nişasta tutkalı sürülür ve ısıtılmış ve kondisyonlanmış diğer liner kâğıdı ile birleştirilerek kuruması için ısıtıcı tablaya (tava) gönderilir. Kurutulmuş levha daha sonra istenilen boyutlarda kesilerek istiflenir (URL-2).

### 1.3.1.1. Oluklu Mukavva Makinesi

Oluk makinesi, bir, iki veya üç kütükten üç, beş veya yedi tabaka kâğıdı üretip bir araya getirebilen bir dizi makinedir. Çalışması kesintisiz bir süreçtir.

Kâğıt bobinleri oluk makinesine sürülür, ısı ve buharla işlenen kâğıt, oluklu büyük rulolar arasından geçirilerek tek yüzeyi oluklu kâğıt elde edilecek şekilde yivlendirilir. Yivlerin tepe noktalarına nişasta tutkalı sürülerek iç astar tabakası oluklu kısıma

yapıştırılır. Tek yüzeyi oluklu kâğıt, işlenmeye devam ederek dış astar tabakası ile birleştirilir ve oluklu mukavva elde edilir. Oluklu mukavva daha sonra kesilir ve istiflenir. Örnek bir oluklu mukavva makinesi şekil 5’te gösterilmiştir.

Oluk makinesinin parçaları şu şekilde açıklanabilir;

**Ekleyici ve Bobin Ayağı:** Kâğıdı oluk makinesine gönderen parçadır ve oluklu mukavva imalatının kesintisiz devam etmesini sağlayan parçalardır. Kâğıt bobinlerin buraya takılır.

**Tek Yüzeyli Oluk Parçası:** Bu parça, yüzeyi oluklu büyük silindirlerden oluşur ve kâğıdı peş peşe oluklar oluşturacak şekilde bükür. Olukların profillerinin değiştirilmesi istenildiğinde ruloların değiştirilmesi gerekir.

**Çift Yüzeyli Oluk Parçası:** Önceden ısıtılmış oluklu kâğıdın oluklarının tepe noktalarına nişasta tutkalı sürüldükten sonra bu parçadan geçirilerek astar tabakası yapıştırılır ve oluklu mukavva haline gelir. Bu aşama ön ısıtma ve nem kontrolünde uzmanlık gerektiren kompleks bir işlemdir.

**Köprü:** Bu parça bobin ya da sipariş değişikliği yapılması gerektiğinde çift yüzeyli oluklu parçasının tek yüzeyli oluklu parçasından farklı hızla çalışmasına olanak sağlar. Üretilen tek yüzü levha ve ya diğerleri burada birikebilir.

**Tutkal Ünitesi ve Çift Yüzey Parçası:** Tek yüzeyi astarla kaplanmış kâğıdın diğer tarafına da astar yüzey yapıştıran parçadır. Ön ısıtma ve yapıştırma prosesindeki bazı farklar bu işlemi ilk astar yapıştırma işleminden ayırır.

**Sıcak Levha Bölümü:** Oluklu levha ile astarın birleştirildiği bölümdür. Isı ile nem giderilerek tutkal jele dönüştürülür ve sağlamlık sağlanır.

**Döner Bıçak:** iki tarafı da astar tabakası ile kaplanmış oluklu mukavvanın döner bıçak bölümünde kusurlu kenar kısımları kesilir.

**Kesici/Skorlayıcı:** Bu bölümde oluklu mukavva, ambalaj kutularının tür ve tasarımına uygun olarak kesilir ve skorlanır.

**Kesme Bıçakları:** Oluklu mukavvanın, ambalaj olabilecek şekilde hassas ölçülerle kesildiği bölümdür.

**İstifleyici:** Son olarak kesilmiş oluklu mukavva parçalar otomatik olarak istiflenir ve dönüştürülme bölümüne yollanır. Bu süreç tamamlandıktan sonra dönüştürme süreci başlar ve üretilen, istiflenen oluklu mukavvaların isteğe bağlı dönüştürme süreci başlar.

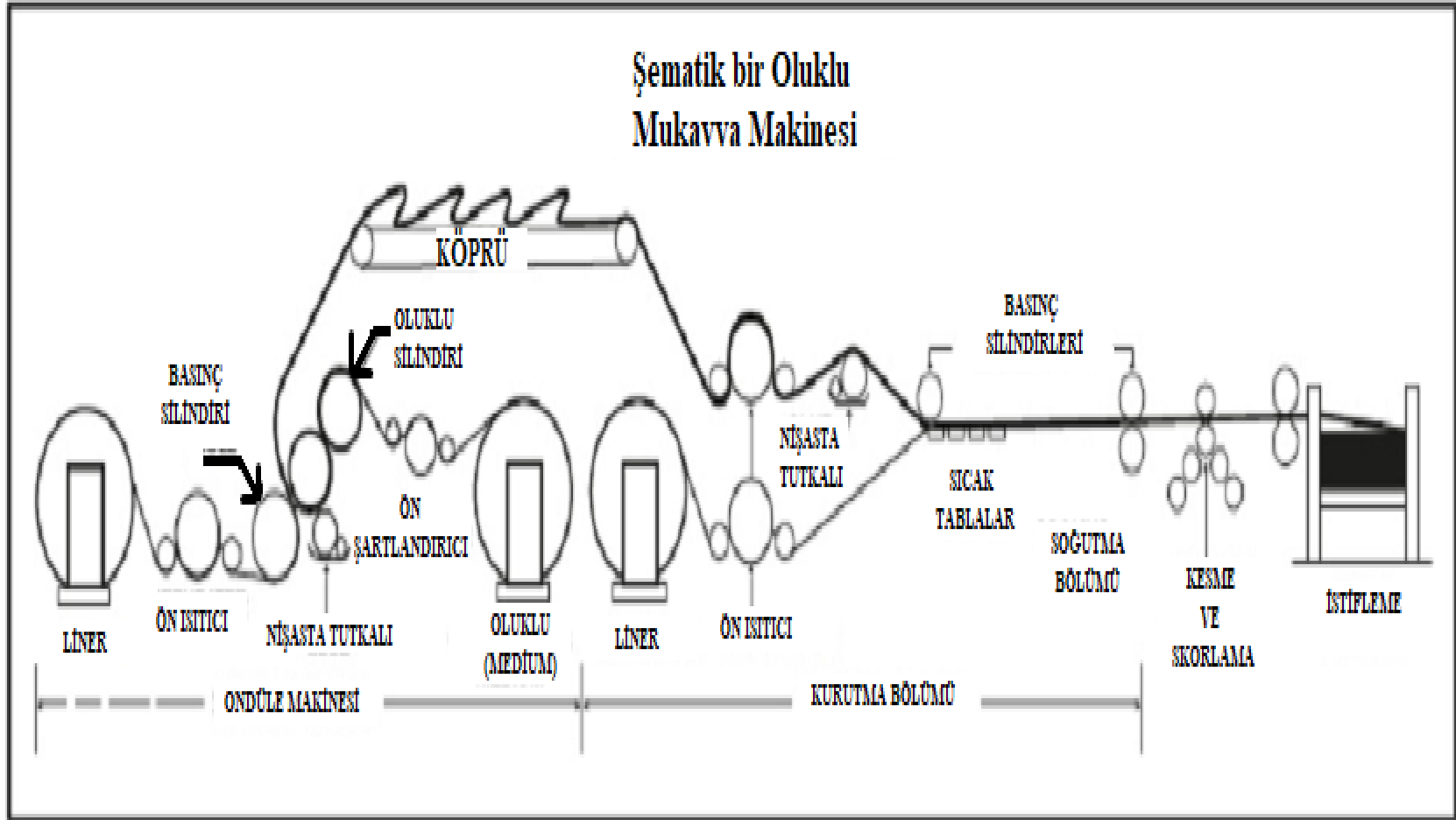
Dönüştürme prosesi şu şekilde açıklanabilir:

Bu proses baskı, delme, katlama ve yapıştırımadan oluşarak oluklu mukavva ambalajının elde edildiği 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.

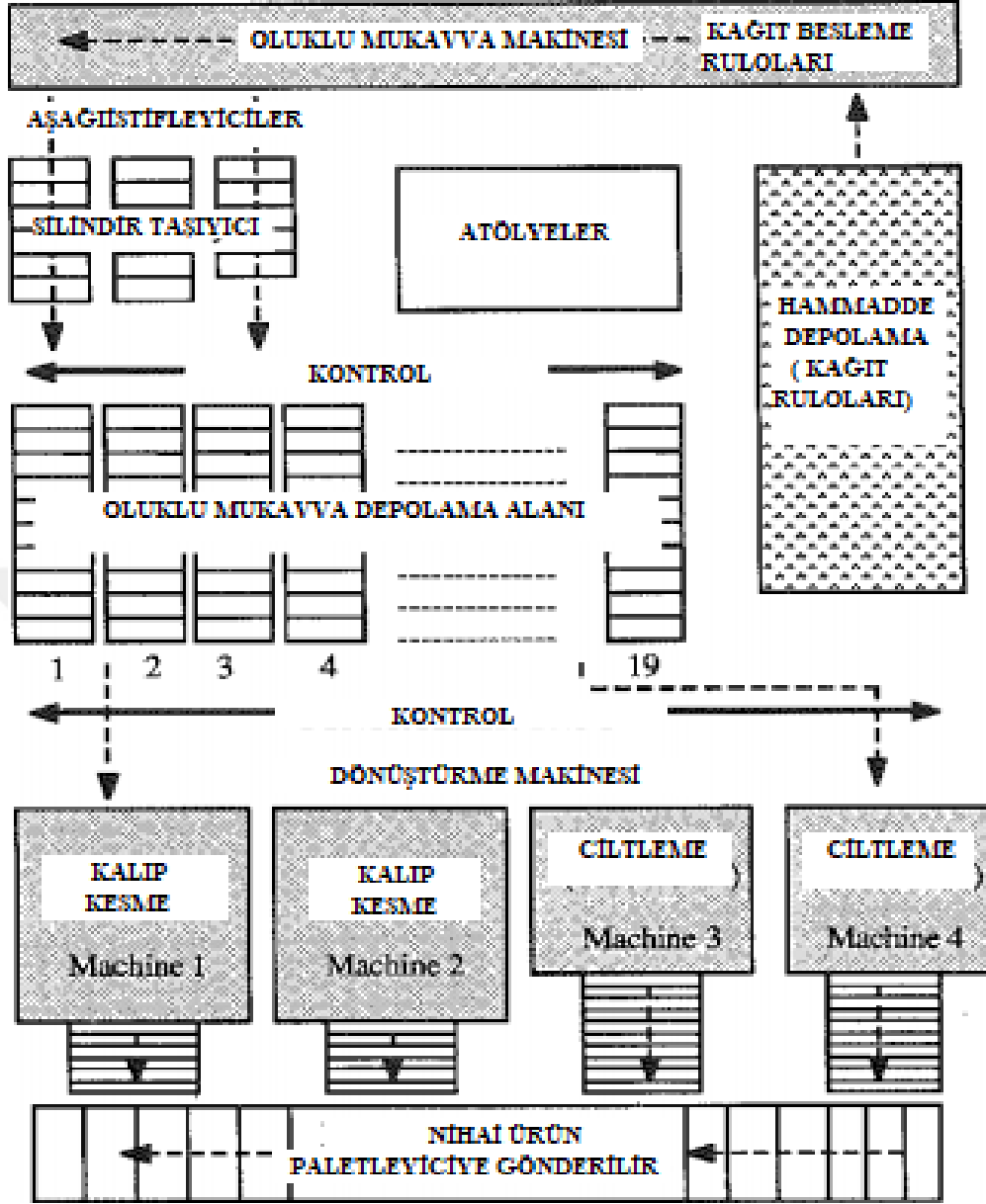
Ambalajın türü ne olursa olsun üzerine baskı yapmak mümkündür. Oluklu mukavva ambalajın üzerine genellikle kabartmalı baskı tekniği ile baskı yapılır. Bu teknik, yüksek hız, yüksek kalite ve mükemmel kalite/fiyat oranına sahiptir. Baskı, işleme zincirinde ve ya sonrasında yapılabilir.

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. Ambalaja dönüştürme prosesi tamamlandığında müşteriye sevk edilecek hale gelir.



Şekil 5. Şematik bir oluklu mukavva makinesi



Şekil 6. Örnek bir oluklu mukavva fabrika planı

### 1.3.2. Oluklu Mukavvanın Kullanım Yerleri

Kullanım amacına uygun olarak, farklı kalite ve gramajda kâğıt ve dalga seçimi ile, çeşitli kalitede oluklu mukavva elde edilebilir. Oluklarının özelliklerine göre, başlıca tek dalga oluklu mukavva türleri A,B,C,E olmak üzere dört tanedir. Bunlar kendi aralarında: E+B, B+A, B+C gibi birleştirilerek çift dalga; E+B+B, B+C+C, A+C+B, C+B+E gibi birleştirilerek üç dalga mukavvaları oluştururlar.



A dalga; Özellikle kendisi taşıyıcı olmayan ürünlerin ambalajlanmasında ve çok sıra üst üste istiflenecek ambalajların yapımında; yastık görevi yapması ve şok emici olması nedeniyle de, ara bölme, takviye vb. malzemenin yapımında kullanılır.

B dalga: Her çeşit ürünün, özellikle kendisi de taşıyıcı olan ürünlerin ambalajında, kalıplı kutuların üretiminde kullanılır.

C dalga: Yaş sebze meyve dâhil, pek çok ürünün ambalajında kullanılır.

E dalga: Oldukça ince bir dalgadır, güzel baskı yapılabilmesi nedeniyle, tüketici ambalajı üretiminde yaygın olarak kullanılır.

Çift dalga: Güçlü yapısı nedeniyle büyük yükleri taşıyabilir, üst üste istiflenmeye çok uygundur. Patlamaya, delinmeye karşı dayanıklıdır. Ağır ürünlerin, dökme ürünlerin, dökme ürünlerin ambalajında, teleskopik kutular olarak tanımlanan narenciye ve çiçek kutularında kullanılır.

Üç dalga: Çeşitli dalga cinslerinin özelliklerini bir araya getirdiği için hacimli ve çok ağır ürünlerin taşıma ambalajı olarak kullanılır. Kalınlığı 12mm'ye kadar çıkabilir.

Tek yüzlü: Çeşitli dalga cinslerinde üretilen tek yüzlü, ofset baskılı karton laminasyonunda; dekoratif amaçlı ve sargı olarak kullanılabilir.

#### **1.4. Oluklu Mukavva İmalinde Kullanılan Tutkallar ve Özellikleri**

Dünyada ve ülkemizde oluklu mukavva üretiminde yapıştırıcı olarak kullanılan yaygın malzeme nişasta bazlı tutkaldır. Oluklu mukavva üretiminde kullanılacak tutkalın hazırlanmasında bitkisel kaynaklardan elde edilen doğal nişasta ve bunun işlenmesiyle üretilen modifiye nişasta veya dekstrozdaki yararlanılmaktadır. Hazırlanan nişasta tutkalına özelliklerini iyileştirici bazı katkı maddeleri de ilave edilmektedir.

##### **1.4.1. Nişasta**

Nişasta, bitkilerin tohumlarından, köklerinden ve yapraklarından elde edilen bir doğal polimerik polisakarittir. Mısır, buğday, patates, tapyoka ve sago bitkilerinin nişasta miktarları yüksek olup nişasta üretiminde kullanılmaktadır.

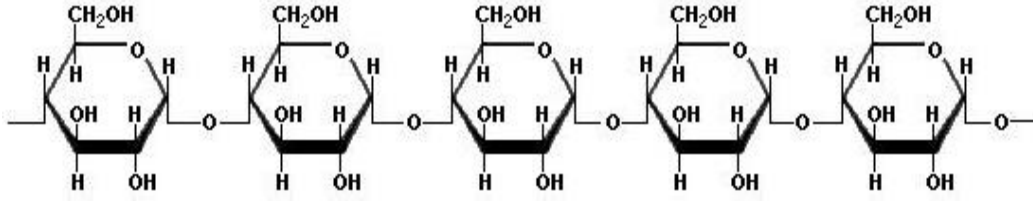
Kağıt üretimi, küresel olarak nişastalar için en büyük gıda dışı uygulama sektörüdür. Kağıt üretim sürecinin beş ayrı noktasında aşağıda belirtilen amaçlarla nişasta kullanılabilir (Maurer, 2009).

1. Size-press uygulamasında nişasta kağıt lifleri ve kağıt bileşimindeki diğer parçacıklar arasında kurduğu bağlarla nihai kağıtta sağlamlık artırıcı katkı maddesi olarak rol oynar.
2. Formasyonu tamamlanan kağıdın yüzeyini nişasta ile kaplanırsa ona yüzey sağlamlığı ve düzgünlüğü kazandırarak kağıdın baskı özelliklerini optimize eder.
3. Kuşe kağıt üretiminde kuşe sosu hazırlaması evresinde yapıştırıcı olarak kullanılır.
4. Kağıt laminasyon işlemlerinde yapıştırıcı olarak kullanılır.
5. Kağıt bazlı ambalaj malzemesi olarak kullanım yeri bulan oluklu mukavva üretiminde yüzey kağıdının oluklu kağıtla birleştirilmesinde de nişasta esaslı yapıştırıcılardan yararlanır. Nişastanın en yaygın tüketimi de bu alandır.

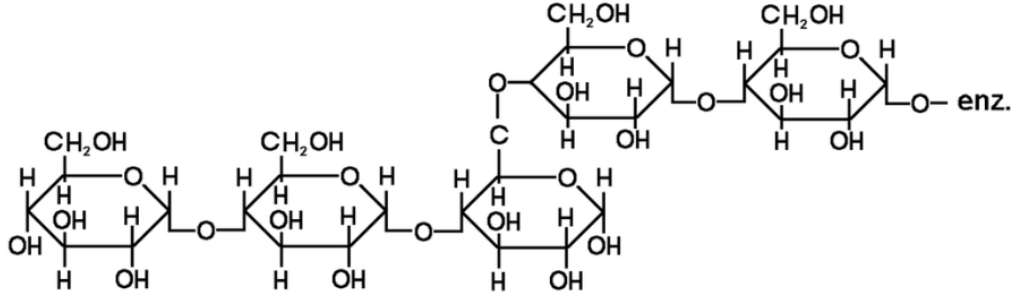
#### **1.4.2. Nişastanın Kimyasal Yapısı**

Nişasta iki molekülden oluşur; amiloz ve amilopektin. Amiloz uzun sarmal zincirlerden oluşurken amilopektin dallı bir yapıya sahiptir (Şekil 7). Nişastanın muntazam bir yapısı yoktur. Nişastanın granüler organizasyonu ve ayrıca amiloz ve amilopektin yapısı elde edildiği kaynağa kaynağa bağlıdır.

Amiloz lineer yapılı D-glukoz birimlerinden yapılı bir polimer olup polimerleşme derecesi 500-6000 arasında değişir. Ortama polimerleşme derecesi 500'dür. Amilopektin ise nişastanın dallanmış yapısını oluşturan bir polimer olup polimerleşme derecesi (DP) 20-25 arasındadır. Amilopektin soğuk suda çözünebilir olduğu halde amiloz çözünmez yapıdadır (Perez, 2010).



Amilöz

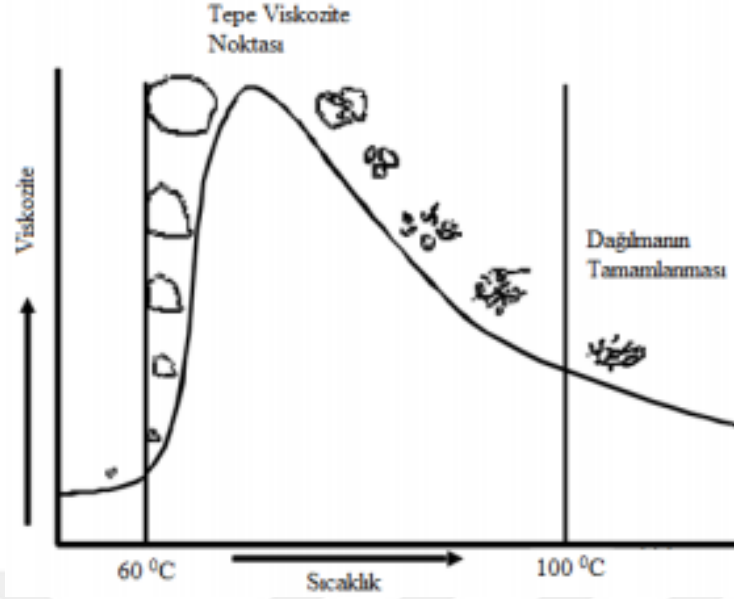


Amilopektin

Şekil 7. Amiloz ve amilopektinin moleküler yapısı (URL-3).

Niştastalar arasındaki en önemli farklılaşma üretim yöntemleri, amiloz fraksiyonunun moleküler ağırlığı ve amilozun amilopektine oranıdır. Amiloz, güçlü alkaliyle ve formaldehitte muamele edilerek veya 150-160 °C'de basınç altında su içinde pişirilerek çözünür hale getirilebilir. Amiloz dispersiyonları soğutulup nötrleştirildiğinde, %2'den daha yüksek konsantrasyonlarda jelleşir; %2'den daha düşük konsantrasyonlarda ise çökelti oluşturur. Amiloz fraksiyonları asla suda gerçekten çözünmezler ve zamanla hidrojen bağlanmasıyla kristalin agregatlarını oluştururlar. Bu retrogradasyon (gerileme) olarak bilinen bir süreçtir (Petrie, 2004).

Suda ısıtmak niştasta granüllerini parçalamanın en basit yoludur. Su içinde ısıtıldığında, niştasta granülleri önce şişer ve daha sonra patlayarak aniden süspansiyonun kıvamını artırır. Niştasta süspansiyonundaki bu ani viskozite yükselmesinin meydana geldiği sıcaklık derecesine "jelleşme sıcaklığı" denir. Saf sudaki çoğu niştasta için jelleşme 57 ila 72 °C arasında endotermik bir reaksiyonla gerçekleşir (Şekil 8). Bu formda niştasta, gerçekte bir çözelti değil, bir koloidal süspansiyondur (Ikeda ve ark. 2000).



Şekil 8. Jelleşme noktasının grafiksel gösterimi

### 1.4.3. Nişasta Tutkalının Hazırlanması

Nişasta esaslı tutkalın hazırlanmasında genel olarak Stein Hall, Single container ya da No-carrier proseslerinin kullanımı tercih edilmektedir. Bu yöntemler arasında nişasta ve diğer kimyasal maddelerin kullanımı açısından belirgin farklılık bulunmamakla birlikte hazırlama aşamalarında farklılıklar vardır. Genel olarak nişasta bazlı tutkal hazırlanırken farklı kaynaklardan elde edilmiş (mısır, buğday, patates gibi) nişasta, ön jeltinizasyona uğratılmış nişasta, NaOH, su, viskozite ayarlayıcılar, koruyucular, köpük önleyiciler, suya karşı direnç sağlayan kimyasal maddelerin ilavesi söz konusu olmaktadır.

En çok kullanılan oluklu mukavva tutkalı nişastadır. Özellikle mısır nişastası tercih edilir. Isı etkisi ile jel halinde kurur. Genelde iki aşamalı nişasta tutkalı, Stein Hail yöntemi ile üretilir. Bu yöntemde nişastanın bir kısmı NaOH mevcudiyetinde jelatinize edilip tutkalın taşıyıcı kısmı elde edildikten sonra kalan kısmı buna eklenir. Jelatinize edilmiş tutkalın görevi: birleştirilmiş oluklu kağıtlarının kurutulması sırasında, jelatinleşmemiş nişastanın macunlaşmaya kadar çökmesini önlemek ve tutkal hattında su tutmaktır (Bielecki, 2014).

Nişasta süspansiyonuna kostik soda (NaOH) eklenir ve sonra asitle nötrale edilir. Bu işlemden sonra nişasta tutkalı artık yüksek bir viskoziteye sahiptir ve yapıştırıcı görevi görür. Tutkal içindeki nişastanın konsantrasyonu %7'nin üzerinde ise, süspansiyon çok

viskozdur ve pompalanması zordur. Nişasta oranı %15'in üzerine çıkarıldığında, pişirilen tutkal karıştırılmadan soğutulursa üzerinde kauçuksu bir tabaka oluşur. Hazırlanan tutkal süspansiyonunda amiloz/amilopektin oranı arttıkça viskozite değeri de artar (Petrie, 2004).

Nişastadan tutkal üretmek için ilk büyük ticari uygulama 1930'larda geliştirilen iki aşamalı Stein-Hall yöntemidir. Bu, yöntemde ilk aşamada su içinde jelatinize edilmiş %8-9'luk taşıyıcı nişasta tutkalı elde edilir. İkinci aşamada ise bu süspansiyon %25'lik nişasta tutkalı ile birleştirilir. İlk aşamada yüksek sıcaklık uygulanarak kullanılan jelatinize etme (pişirme) işlemi yerine son zamanlarda yapışmayı artırmak ve jelleşme sıcaklığını ve boraks kullanımını düşürmek için sodyum hidroksitle (NaOH) jelatinize etme uygulaması kullanılmaya başlanmıştır. Tutkalı suya dayanıklı hale getirmek için tutkal içerisine çapraz bağlayıcılar ve/veya özel nişastalar katılabilir. (Petrie,2004)

Klasik iki aşamalı Stein-Hall yöntemi ile nişasta tutkalı üretimi iki ayrı karıştırıcı tank içinde aşağıdaki adımlar uygulanarak hazırlanır:

A. (taşıyıcı nişasta) tankı içine:

1. 378,5 litre su eklenir.
2. Tankta 90,9 kg mısır nişastası eklenir ve karıştırılır.
3. 37,9 litre %32'lik sodyum hidroksit ilave edilir
4. Süspansiyonun sıcaklığı 66-71 °C sıcaklığa getirilir.
5. Jelleşmenin tamamlanması için tank içinde karıştırılarak 15 dakika bekletilir.
6. 227,2 litre soğutma suyu ilave edilir.

B. (ham nişasta) tankı içine:

1. 1514 litre su eklenir.
2. Karışım 27-32 oC sıcaklık derecesine kadar ısıtılır.
3. 454,5 kg mısır nişastası eklenir ve homojenleşene kadar karıştırılır.
4. 10 mol yani 13,6 kg boraks ilave edilir.
5. A tankındaki süspansiyon B tankına boşaltılır ve 30 dakika karıştırılır.

Yukarıda açıklanan orijinal Stein-Hall yöntemi üzerinde ve/veya farklı katkı maddeleri ilavesiyle sonraki yıllarda tutkalın viskozitesi, katı madde içeriği, stabilitesi, yapışma performansı, kuruma hızı, kullanım esnekliği, su direnci ve maliyetini optimize etmek için bir takım modifikasyonlar yapılmıştır (Maurer, 2009).

Nişasta tutkalının viskozitesini düşürmek ve viskozite kararlılığını sağlamak için boraks, tutkal hattının kırılmasını azaltmak için plastikleştiriciler, suya karşı direnci

artırmak için üre formaldehit bazlı reçineler (ÜF, MF, RF), PVA ve PVAc gibi bağlayıcılar, dolgu maddesi vb. katkıları kullanılabilir (Pizzi ve ark. 2003).

### 1.5. Nişasta Tutkalı Performansının İyileştirilmesi Üzerine Yapılan Çalışmalar

Nişasta türevli yapıştırıcıların çoğu, kağıt ve tekstil endüstrisinde bağlayıcı ve yapıştırıcı madde olarak kullanılır. Oluklu mukavva, ondüveli bir kağıt tabakasının örtü kağıtlarına yapıştırılmasıyla üretilir. Nişasta tutkalı aslında nişastanın kuvvetli bir alkali olan sodyum hidroksitle sulu ortamda jelleştirilmesiyle elde edilen ve “taşıyıcı” olarak adlandırılan karışıma jelleşmemiş nişasta ve boraksın ilavesiyle üretilir. Bu tutkalın viskozitesi 2-4 Pa s ve katı madde oranı %20-22 arasındadır. doğal nişasta yerine çözünürlüğü yüksek olan beyaz dekstrin veya asitle modifiye edilmiş nişasta kullanılarak tutkalın viskozitesini düşürmek mümkündür (Gunderson ve ark. 1986, da Silva ve ark. 2006, Vishnuvarthanan 2012).

Oluklu mukavva üretiminde yaygın olarak kullanılan nişasta tutkalının en önemli dezavantajları arasında suya karşı direncinin düşük olmasına bağlı, nemli atmosferde bırakılan veya suyla temas edilen ortamlarda tutulan oluklu mukavva kutularda tabakaların açılarak taşıyıcı kutu özelliklerinin kaybı söz konusudur. Bu nedenle nişasta tutkalına suya karşı direnç veren ve/veya yapışma direncini artıran katkı maddelerinin geliştirilmesi ve uygulamada kullanımı üzerine patentlere konu olan birçok bilimsel çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar aşağıda kronolojik sıra ile verilmiştir.

P. H. Scrutchfeld ve arkadaşları tarafından 1950 yılında alınmış bir patent çalışmasında oluklu mukavva üretiminde kullanılan nişasta tutkalına boraks ve keton aldehit reçinesi ilavesiyle tutkalın bağlanma direncinin ve suya karşı dayanıklılığının artırıldığı bildirilmiştir. Bu çalışmada kuru maddeye oranla %2,5 - %20 arasında keton formaldehit kullanılmıştır. Bu reçinenin hazırlanmasında asetona oranla sırasıyla 1:1 ve 1:5 mol oranlarında metil etil keton ve cyclohexanone kullanılmıştır.

Nişasta tutkalına keton aldehit reçinesi üzerine yapılan bir diğer patent çalışmasında nişasta tutkalına kombine edilebilecek vasıfta termoset özellikli keton aldehit reaksiyon ürünü elde edilmiştir. “Kıvamlştırılmış keton aldehit reçinesi” denen bu ürün alkali koşullar altında 1 mol aseton ile 3-5 mol arasında değişen formaldehit ile aseton-formaldehit reaksiyon ürünü verecek şekilde reaksiyona sokulmuştur. Daha sonra elde edilen ürün %80 katı madde içerecek şekilde içindeki su buharlaştırılarak 25 °C sıcaklıkta 2000 -15000 cp

viskoziteye sahip kıvamlı bir sıvı haline getirilmiştir. Bu sıvıdan 4 kısım alınıp 1 kısım suyla karıştırıldıktan sonra hazırlanan çözeltinin 21 °C sıcaklıkta bozunmadan 6 ay dayandığı belirlenmiştir. Yukarıdaki formüle göre hazırlanan keton aldehit reçinesinin farklı nişasta türleri ile hazırlanan tutkallara yapışma direncini artırıcı katkı maddesi olarak kullanılabilmesi iddia edilmiştir (Harvey ve ark. 1952).

Silano ve arkadaşları tarafından alınan bir başka patentte nişasta bazlı oluklu mukavva tutkalı bileşimlerine su direnci sağlamak için bir çapraz bağlama katkı maddesi olarak sulu alkali koşullar altında aseton ve formaldehitin 20 ° -80 ° C'de 1 mol aseton ile yaklaşık 2 ila 5.5 mol formaldehit mol oranında reaksiyona sokulması suretiyle hazırlanan keton aldehit reçinesinde içinde kalan reaksiyona girmemiş serbest formaldehit miktarını azaltıcı ajan ve çapraz bağlayıcı olarak dimethylol dihydroxyethylene üre ilave edilmiş ve nişasta tutkalına belirli oranlarda ilave edilmiştir. Böylece nişasta tutkalında kalan serbest formaldehit miktarı %0,1-%2 arasına çekilmiş; diğer taraftan tutkalın suya karşı direnci artırılmıştır (Silano ve ark. 1982).

Bir diğer patent çalışmasında, aseton-formaldehit, üre-formaldehit, aseton-üre formaldehit, melamin-formaldehit gibi çapraz bağlanma ajanları katkısıyla alkalen ortamda bor bileşikleri (borik asit) katkısıyla hazırlanan nişasta tutkalında süreye bağlı olarak gelişen istenmeyen viskozite artışı (tutkal şoku) olayının çözümünde katkı maddesi olarak suda çözünebilen ve hidroksil grubu içeren hidrokarbonlar kullanılmıştır. Bu amaçla tutkala oranla %0,1 – 2 arasında değişen oranlarda polivinil alkol (PVA), bazı mumlar ve monohidrik yağ alkolleri katkısıyla hazırlanan nişasta tutkalından en uygun sonuçlar elde edilmiştir. Bu karışımla elde edilen nişasta tutkalının jelleşme süresinin de düşürülebileceği bildirilmiştir (Willging ve ark. 1989).

Hızlı kuruyan nişasta bazlı oluklu mukavva tutkalı üretimine yönelik hazırlanan bir patent çalışmasında bileşiminde nişasta, sodyum hidroksit, borik asit ve su bulunan geleneksel nişasta tutkalı kısmen hidrolize edilmiş polivinil alkol (PVA) ilavesiyle modifiye edilmiştir. Tutkala oranla %4 düşük polimerleşme derecesine sahip PVA ilavesiyle 20 °C sıcaklıkta 4-10 cP civarında kararlı viskozite değeri elde edilmiştir (Krankkala, 1986).

Suya dirençli, formaldehitsiz ve nişasta bazlı oluklu mukavva tutkalı için farklı bir reçete üzerine kurgulanan bir diğer patent çalışmasında epiklorohidrin ile poliamin veya amonyak esaslı bir aminin kondenzatından oluşan çapraz bağ yapma yeteneğine sahip reaktiften alkali ortamda hazırlanan nişasta tutkalına ağırlıkça %0,7 – 7 ilave edilmiştir.

Sonuçta suya karşı direncin artırıldığı bu tutkalın formaldehit içerdiği için tercih edilmeyen kullanım alanlarına bilhassa uygun olduğu ifade edilmiştir (Foran ve ark., 1994).

Polivinil alkol (PVA) kullanımı sınırlı olan, suda çözünebilir özellikte termoplastik bir reçinedir (Shields, 1984). Başlıca kullanım alanları arasında gıda ambalaj endüstrisi, deri endüstrisi, mantar yapımı, yapıştırıcı olarak kağıt esaslı poşet torba ve kutu imali bulunur. Yağa, çözücülere ve küfe karşı oldukça dayanıklı olsa da suya karşı direnci zayıftır. Su kaybederek film oluşturma mekanizmasına sahip bir sertleşme mekanizmasına sahiptir. Sertleşmiş filmleri çoğu gazlar için geçirimsizdir. Zehirsiz ve kokusuzdur. PVA çoğunlukla diğer yapıştırıcıların film oluşturma özelliklerini geliştirmek ve yapısal direncini artırmak amacıyla kullanılır (Correy, 1990).

Bu çalışmada modifiye Stein-Hall yöntemi ile elde edilen nişasta bazlı tutkala bazı katkı maddeleri ilavesiyle tutkalın yapışma performansının artırılması hedeflenmiştir. Tutkalın hazırlanması sürecinde Çağlar Ambalaj Ltd.'ye ait tesiste tümüyle yerli imkânlar kullanılarak otomatik kontrol sistemine sahip yeni nişasta mutfağında çalışılmıştır. Böylece tutkal hazırlama işlemi daha kontrollü hale getirilerek, iyileştirilmiş reçetelerin uygulanmasıyla hem oluklu mukavva kalitesinin artırılması, hem de jelleşme süresi düşürülmüş tutkallarla üretim hızının artırılması ve üretim maliyetlerinin azaltılması hedeflenmiştir.



## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Materyal

Çalışma öncesinde Çağlar Ambalaj Ltd. tarafından kullanılan nişasta bazlı tutkalın gerek hazırlama yöntemi gerekse tutkal hazırlama ünitesinden kaynaklanan sorunlar nedeniyle üretim prosesinde ve ürün kalitelerinde sorunlar yaşadığı tespit edilmiştir. Bu sorunların giderilmesini amaçlayan çalışma bünyesinde hem yeni tutkal hazırlama donatılarının kurulması hem de yeni tutkal üretim reçeteleri yeni katkı maddelerinin kullanımıyla ve tutkal hazırlama prosedürünün iyileştirilmesiyle tesiste üretilen oluklu mukavvaların kalitesinin artırılması hedeflenmiştir. Ayrıca üretim prosesi içerisinde tutkal hazırlama ünitesi tamamen yerli imkânlarla yeniden düzenlenerek hem firma için yeni teknolojilerin adaptasyonu açısından fayda sağlaması hem de yurt dışından ithal edilen bu ünitenin ülke kaynakları ile tümüyle yerli olarak üretilmesi amaçlanmıştır.

#### 2.1.1. Nişasta Tutkalı Üretimi ve Modifikasyonunda Kullanılan Kimyasallar

Bu çalışmada nişasta tutkalı hazırlamak için kullanılan kimyasallar ve özellikleri ve kullanıma hazırlanması ile ilgili bilgiler aşağıdaki gibidir:

1. Nişasta: %10-12 rutubet içeren doğal mısır nişastasası 25 kg lık kağıt torbalarda paketlenmiş olarak temin edildi.
2. Keton aldehit reçinesi: % 10 katı madde içeren sulu çözelti halinde temin edildi.
3. Sodyum hidroksit: %32 NaOH içeren sulu çözelti olarak temin edildi.
4. Polivinil alkol (PVA): %99 saflıkta kuru toz halinde temin edildi. Uygulama öncesinde 90 °C sıcaklıkta uygun miktarda su ile yaklaşık 500 d/dak hızında karıştırıcı kullanılarak katı madde miktarı %17,5 olacak şekilde sulu süspansiyon haline getirildi. Süspansiyon hava kabarcıklarının uzaklaştırılması ve soğutulması için 6 saat dinlendirildi.
5. Boraks: Katı toz olarak temin edildi ve bu hali ile kullanıldı.
6. Su olarak pH'sı  $6,7 \pm 0,3$  olan klor iyonu içermeyen kuyu suyu kullanılmıştır.

### 2.1.3. Oluklu Mukavva Üretiminde Kullanılan Kâğıtlar

Tez kapsamında farklı reçetelerle hazırlanan nişasta tutkalından oluklu mukavva üretiminde yüzey (liner) kâğıdı ve oluklu (fluting) kâğıt olarak kullanılacak materyal Kahramanmaraş Kâğıt Sanayi (KMK) fabrikasından temin edilmiştir. Dış yüzey kâğıdı olarak  $100 \text{ g/m}^2$ , iç yüzey kâğıdı olarak  $80 \text{ g/m}^2$  gramajında test liner; oluklu kâğıt olarak da  $120 \text{ g/m}^2$  gramajında şrenz kâğıdı kullanılmıştır.

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Nişasta Tutkalının Hazırlanmasında ve Modifikasyonunda Kullanılan Yöntemler

Firma tarafından çalışma öncesinde kullanılan reçete ile hazırlanmış tutkalın, oluklu mukavva üretimi sırasında tutkalın viskozitesi ve jelleşme süresinde zamana bağlı düzensiz değişimlerinden kaynaklanan yapışma sorunları yaşanmaktaydı. Bu durum oluklu mukavvanın kalitesinde sorunlara yol açıyordu. Bu sorunları gidermek amacıyla nişasta bazlı tutkalın hazırlama şeklinin değiştirilmesine ve bazı katkı maddeleri ilavesiyle iyileştirilen yeni reçetelerin uygulanmasına karar verildi.

Ayrıca yapılan tutkalın bileşiminde ve hazırlanmasında yapılan modifikasyonlarla kalitenin yanı sıra kapasitenin (makine üretim hızı) ve yeni ürün çeşitleriyle pazar payının artırılması da amaçlanmıştır.

Tablo 2’de fabrikada eskiden uygulanan reçete ve proje kapsamında yeni nişasta mutfığı için geliştirilen baz reçete karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Tutkal kalitesini artırıcı katkı maddelerinin ilavesi bu reçetelerde verilmemiştir.

Tablo 2. Nişasta tutkalı üretiminde uygulanan eski ve yeni tutkal reçeteleri

<b>ESKİ REÇETE</b> <b>(Eski Reaktör tankı; manuel besleme)</b>	<b>YENİ REÇETE</b> <b>(Yeni reaktör tankı otomatik besleme)</b>
Reaktöre 400 litre su pompalanır	1. Reaktöre 480 litre su pompalanır.
50 kg mısır nişastası ilave edilir	2. 42 °C sıcaklığa kadar ısıtılır
60-300 saniye karıştırılır	3. 50 kg modifiye nişasta ilave edilir
25 kg %32'lik NaOH ilave edilir	4. 45 saniye karıştırılır
600 saniye karıştırılır	5. 23,7 kg %32'lik NaOH ilave edilir
600 kg su ilave edilir	6. 450 saniye karıştırılır
250 kg modifiye nişasta ilave edilir	7. 400 litre su ilave edilir
180 saniye karıştırılır	8. 30 °C'a ısıtma
8 kg sıvı boraks ilave edilir	9. 250 kg modifiye nişasta ilave edilir
300 saniye karıştırılır	10. 120 saniye karıştırılır
Tutkal viskozitesi kontrol edilir.	11. 5,6 kg kuru boraks ilave edilir
	12. 400 saniye karıştırılır
	13. Tutkal viskozitesi kontrol edilir.
Üretilen tutkal süspansiyonu: 1333 kg	Üretilen tutkal süspansiyonu: 1302,6 kg*
Tutkalın kuru madde miktarı: %23,7	Tutkalın kuru madde miktarı: %25,3*
Tutkal viskozitesi: 3,8-4,5 dPa	Tutkal viskozitesi: 3,7-3,9 dPa

\* Hesaplamalarda süspansiyonun ısıtılması aşamasında reaktöre verilen buharın reaktör içinde yoğunlaşması dikkate alınmıştır.

Tablodan görüldüğü gibi eski ve yeni reçeteler arasındaki en önemli farklardan birisi yeni reçetede tutkalın taşıyıcı olarak tabir edilen ilk nişasta jelasyonu aşamasında 42 °C sıcaklıkta uygulanan ısıtma işlemidir. Bu işlem hem jelasyon aşaması için gereken sodyum hidroksit (kostik soda) kullanımında %5,2 oranında bir tasarruf sağlamıştır.

Eski reçetede nişasta tutkalını stabilize etmek için %48'lik sulu boraks çözeltisi kullanılırken, yeni nişasta mutfağında toz halindeki maddeleri ölçen ve besleyen proses kontrol elemanlarının kullanılması nedeniyle yeni reçetede boraksın %99'luk kuru toz hali kullanılmaya başlanmıştır.

Yeni reçeteye göre hazırlanan nişasta bazlı tutkala yapışma direncini artırmak, rutubete daha fazla dayanıklı hale getirmek için keton aldehit reçinesi ve polivinil alkol ilaveleri yapılmıştır. Bu ilavelerin nişasta bazlı tutkalın viskozite ve jelleşme sürelerindeki değişim öncelikle laboratuvar denemeleriyle belirlenmiş ve buradan elde edilen sonuçlara göre fabrikada denemeler yapılmıştır. Özellikle üretim sisteminde sorun çıkarmaması ve maliyetler göz önüne alınarak polimerlerin ilave oranlarına karar verilmiştir. Bu amaçla keton aldehit ve polivinil alkol % 0.2 farklı oranlarında nişasta bazlı tutkala ilave edilerek viskozite ve jelleşme süreleri belirlenmiştir.

Tablo 3. Yeni reçete (NT-2) için ilave edilen polimerler ve miktarları

<b>YENİ REÇETE (NT-2) İÇİN İLAVE EDİLEN POLİMERLER</b>	<b>EKLENEN MİKTAR (kuru madde miktarına göre hesaplanmıştır)</b>
<b>KETON ALDEHİT</b>	<b>0,2</b>
<b>POLİVİNİL ALKOL</b>	<b>0,1</b>
<b>POLİVİNİL ALKOL</b>	<b>0,2</b>
<b>KETON ALDEHİT + PVA</b>	<b>0,2 KTA + 0,1 PVA</b>

Çalışma kapsamında özellikleri geliştirilmiş nişasta tutkalı üretmek için yukarıda açıklanan temel formülasyona bazı katkı maddeleri ilavesi yapılmıştır. Bu amaçla laboratuvar ölçeğinde gerçekleştirilen çalışmalarda temel formülasyona; %0,3, %0,5, %0,7, %0,9 ve %1,1 oranında keton aldehit reçinesi, polivinil alkol (PVA) reçinesi ve melamin formaldehit reçinesi ilave edilerek hazırlanan tutkalların viskoziteleri ve jelleşme süreleri tayin edilmiştir. Elde edilen veriler bulgular bölümündeki Tablo 4’de verilmiştir.

Endüstriyel ölçekte yapılan çalışmalarda referans olarak eski reçete (NT-1) ve yeni reçete (NT-2) ile hazırlanan tutkal kullanılarak C dalga tek oluklu mukavvalar üretilmiştir. Geliştirilmiş nişasta tutkalı formülasyonu için yeni reçete ile üretilen temel nişasta tutkalına (NT-2) kuru madde miktarı üzerinden %0,2 keton aldehit, %0,2 keton aldehit + %0,1 PVA, %0,1 PVA ve %0,2 PVA ilavesiyle de tutkallar üretilerek her bir tutkalın viskoziteleri ve jelleşme süreleri belirlenmiştir. Daha sonra bu tutkallardan üretilen C dalga tek oluklu mukavvaların düz ezilme direnci (FCT), dik ezilme direnci (ECT), kutu ezilme direnci (BCT) ve PIN yapışma direnci (PAT) değerleri belirlenmiş ve ilgili tablolarda gösterilmiştir.

## **2.2.2. Tutkal ve Oluklu Mukavva Özelliklerini Belirlemede Kullanılan Yöntemler**

### **2.2.2.1. Tutkal Viskozitesinin Belirlenmesi**

Nişasta tutkalının viskozitesinin belirlenmesinde Şekil 9’da resmi HAAKE marka döner silindirli taşınabilir tip viskozimetre kullanılmıştır. Ölçümler 1 nolu silindir kullanılarak dPa birimi esas alınarak yapılmıştır.



Şekil 9. Tutkal viskozitesi ölçümlerinde kullanılan viskozimetre ve ölçüm Aparatları

#### **2.2.2.2. Tutkalın Jelleşme Süresinin Belirlenmesi**

Tutkalın jelleşme süresinin belirlenmesinde klasik yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla 25 ml'lik deney tüpü içine 20 ml nişasta tutkalı ve karıştırmak için cam baget konulur. Daha sonra deney tüpü sıcaklığı 90°C sıcaklığına ayarlanmış su banyosu içine daldırılarak cam bagetle karıştırılmaya başlanır aynı anda kronometre başlatılır. Tutkal karıştırılırken reolojik özellikleri gözle ve karıştırma gücüyle kontrol edilir. Kronometre başlatıldığı süreden itibaren tutkalın jelleşmeye başladığı kritik süre ve jelleşmenin tamamlandığı süre kaydedilir.

#### **2.2.3. Oluklu Mukavva Üretimi**

Oluklu mukavva üretimi Çağlar Ambalaj Ltd.Şti üretim tesislerinde oluklu mukavva üretim prosesinde gerçekleştirilmiştir. Üretim hattından modifiye nişasta ile üretilen oluklu mukavvalar alınarak, kalite testleri KTÜ Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölüm, Kağıt Test Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

### 2.2.3.1. Oluklu Mukavva Örneklerinin Test Yöntemleri

Oluklu mukavva örnekleri test öncesinde TAPPI T 402 standardına uygun şekilde  $23\pm 1$  °C;  $\%50\pm 2$  bağıl nem atmosferinde 6 saat iklimlendirilmiştir. Bu amaçla Şekil 10'da gösterilen Amica marka solid state sıcaklık ve nem sensörlü dijital kontrollü klima sistemi ile donatılmış iklimlendirme odası kullanılmıştır (TAPPI 2002).

Tez kapsamında belirlenen nişasta tutkallarıyla üretilen tek oluklu C dalga oluklu mukavva örneklerine yüzeye dik yönde ezilme testi (FCT), Kenar ezilme testi (ECT), kutu ezilme testi (BCT) ve PIN yapışma testi (PAT) uygulanmıştır.

FCT, ECT ve PAT ölçümlerinde Şekil 10'da gösterilen Lorentzen ve Wettre markalı ezilme (crash) testi cihazı; BCT ölçümünde ise Devotrans markalı kutu ezilme cihazı kullanılmıştır. İlgili test yöntemleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.



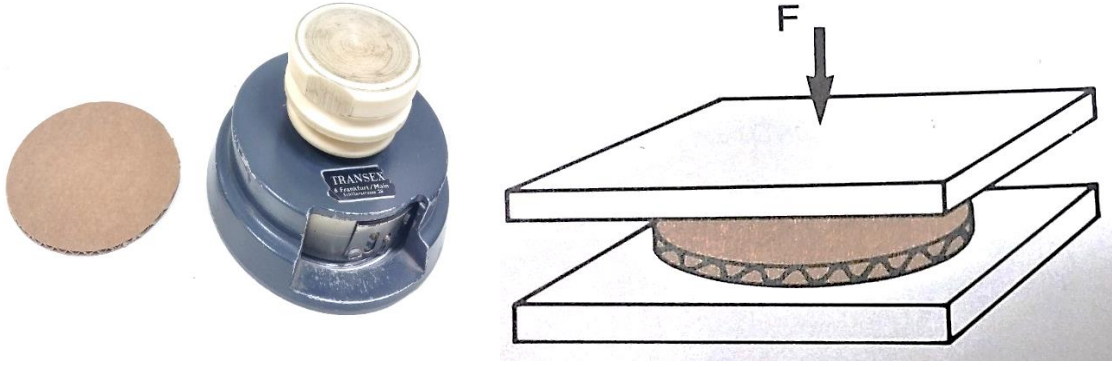
Şekil 10. İklimlendirme odasındaki sıcaklık ve bağıl nemi ayarlayan klima sistemi

### 2.2.3.2. Yüzeye Dik Ezilme Testi (FCT) Ölçüm Yöntemi

Oluklu mukavva kutu yüzeyine dik doğrultuda uygulanan kuvvetlere karşı levhanın dayanımını göstermektedir. Tayin için iklimlendirilen oluklu mukavva örneklerinden TAPPI T 825 standart yöntemine uygun şekilde yapılan FCT testine özel kesme aparatı kullanılarak hazırlanan  $100 \text{ cm}^2$  yüzey alanına sahip ve  $112.8 \pm 0,5 \text{ mm}$  çapında parçalar kesilmiştir (Şekil 11). FCT değeri standart ezilme test cihazında kPa ( $\text{kN/m}^2$ ) cinsinden 12 tekrar uygulanılarak belirlenmiştir (Anonim-2).



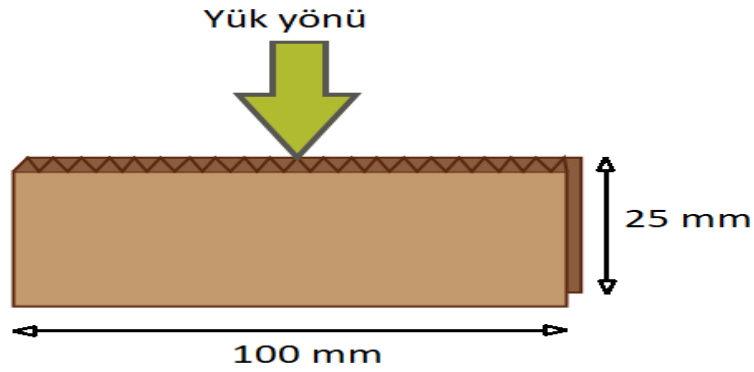
Şekil 11. Lorentzen & Wettre ezilme direnci ölçüm cihazı



Şekil 12. FCT örnek kesme aparatı ve oluklu mukavva örneğinin ezilmesi

### 2.2.3.3. Kenar Ezilme Testi (ECT) Ölçüm Yöntemi

Kenar ezilme testi oluklu mukavva levha levhanın enine kesitine dik doğrultuda uygulanan kuvvete karşı dayanımını göstermektedir. Bu test aynı zamanda oluklu mukavva kutulara dik doğrultuda uygulanan kuvvetlere karşı dayanımının da bir göstergesidir. TAPPI T 811 standardına uygun şekilde yapılan bu testte Şekil 13'te görüldüğü gibi  $25 \pm 0,5$  mm genişliğinde ve  $100 \pm 0,5$  mm uzunluğunda şeritler kullanılmıştır (Anonim-3).



Şekil 13. ECT ölçümlerinde kullanılan deney örneği boyutu ve yüklenme doğrultusu

Maksimum kenar ezilme testi ezilme yükü ölçüm cihazında kN cinsinden belirlenmiş olup, ECT değeri aşağıdaki formüle göre kN/m cinsinden hesaplanmıştır:

$$ECT = F / L \text{ [kN/m]} \quad (1)$$



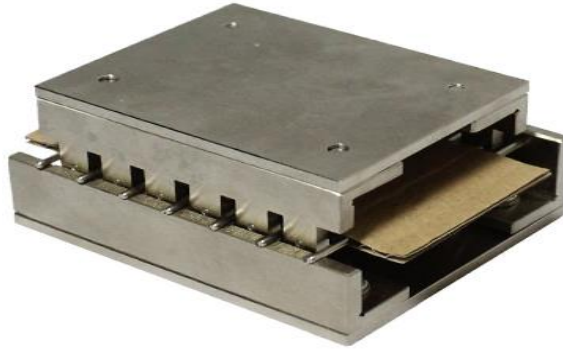
Burada F kilonewton cinsinden maksimum ezilme direnci, L ise m cinsinden örnek uzunluğudur (burada 0,1 m). Bu çalışmada ECT tayini için 12 tekrar yapılmıştır.

#### 2.2.3.4. Pin Yapıştırma Testi (PAT) Ölçüm Yöntemi

Oluklu mukavva örneklerinin yapışma hattı boyunca çekmeye karşı dayanımının bir ölçüsü olan pin adezyon testi nişasta tutkalı ile oluklu mukavvanın birleştirilmesinde yapıştırma gücünü gösterir. TAPPI T 821 standart yöntemine göre yapılan PAT tayininde Devotrans firmasından satın alınan pin aparatı kullanılmıştır. Bu amaçla 50x150 mm boyutunda hazırlanan oluklu mukavva örneği pin test aparatına takılarak ezilme direnci ölçüm cihazında yapışma noktasından kopuncaya kadar yük uygulanmıştır. Kopma anındaki maksimum yük aşağıdaki formül yardımıyla PAT değerinin hesaplanmasında kullanılmıştır (Anonim-4):

$$PAT = F / L \text{ [N/m]} \quad (2)$$

Formülde F: N cinsinden uygulanan maksimum yük, L ise yapışma hattı uzunluğudur. C dalga oluklu mukavvalar için yapışma hattı uzunluğu hesabında örnek genişliği olan 50 mm değeri ile pin sayısı olan 6 çarpılır ve sonucun 2 katı alınır. PAT tayini için 10 tekrar yapılmıştır.



Şekil 14. Liner ve fluting yapışma derecesini ölçmek için kullanılan pin test ölçüm cihazı

### 2.2.3.5. Kutu Ezilme Testi (BCT) Ölçüm Yöntemi

Kutu ezilme direnci ürün ambalajı yapılmış kutuların depo alanına üst üste yerleştirilmesi esnasında kendi ağırlıkları ile alttaki kutulara uyguladığı yüke karşı gösterdikleri maksimum dayanımı yansıtmaktadır. Bu nedenle oluklu mukavva kutuların kullanım yeri ile ilgili ezilmeye karşı dayanımı gösteren makro bir ölçüdür. Bu projede fabrikadan alınan oluklu mukavva örneklerinden 400x400x400 mm sabit ölçülerde kutu yapılmış ve kutular TAPPI T 804 standardına göre Şekil 15'te gösterilen Devotrans markalı ezilme testi cihazı kullanılarak 3 tekrar halinde kN cinsinden tayin edilmiştir (Anonim-5).



Şekil 15. Devotrans kutu ezilme direnci ölçüm cihazı ve ezilme anındaki oluklu mukavva kutu

### **3. BULGULAR**

#### **3.1. Nişasta Tutkalı Hazırlama ve Modifikasyonuna Ait Laboratuvar Bulguları**

Endüstriyel ölçekte tutkal üretimi ve kullanımı öncesinde, tutkal özelliklerini iyileştirmek amacıyla çalışma kapsamında kullanılacak olan katkı maddelerinin tutkalın viskozitesi ve jelleşme süresi üzerindeki etkisini görebilmek için laboratuvar ölçeğinde tutkal hazırlanmıştır. Bu amaçla laboratuvar ölçeğinde eski ve yeni tutkal baz tutkal reçeteleri yanında yeni baz reçeteye belirli miktarlarda keton aldehit (KA), melamin formaldehit (MF) ve polivinil alkol ilave edilerek hazırlanan tutkalın viskozitesi ve jelleşme süresi tayin edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 3’de gösterilmiştir.

#### **3.2. Tesis Ölçeğinde Üretilen Modifiye Nişasta Tutkalının Viskozitesi ve Jelleşme Süresine Ait Bulgular**

Laboratuvar ölçeğinde yapılan çalışmalar temel alınarak yeni kurulan nişasta mutfağında endüstriyel ölçekte tutkal üretmek için işlem ekonomisi de gözetilerek, öncelikle baz olarak kabul edilen tutkal reçetesiyle kontrol amaçlı tutkal üretimi yapılmıştır (NT-2). Daha sonra bu baz tutkal reçetesine kuru madde esasından %0,2 keton aldehit (NT-3), %0,2 keton aldehit + %0,1 PVA (NT-4), %0,1 PVA (NT-5) ve %0,2 PVA (NT-6) ilave edilerek tutkal üretimleri yapılmıştır. Üretilen tutkaldan alınan örneklerin viskozitesi ve jelleşme süresi tayinleri yapılarak Tablo 4’te gösterilmiştir. Bu tabloda ayrıca eski reçeteye üretilmiş tutkala (NT-1) ait özellikler de gösterilmiştir. Endüstriyel ölçekte tutkal üretiminde üretilecek oluklu mukavvaların gıda ambalajı açısından toksik özellik gösteren formaldehit taşıyacağı için melamin formaldehit (MF) katkılı nişasta tutkalı üretimi yapılmamıştır.

Tablo 4. Laboratuvar ölçeğinde nişasta tutkalına katkı maddesi ilavesiyle hazırlanan nişasta tutkalının viskozite ve jelleşme süresine ait bulgular

	Viskozite (dPa)		Jelleşme Süresi (sn)	
	NaOH ile Jelleşme Sonrası	Katkı Madde İlavesi Sonrası	Jelleşme Başlangıcı	Jelleşme Bitimi
Eski reçete Baz Nişasta Tutkalı	4,2		46	58
Yeni Reçete Baz Nişasta Tutkalı	7,4	4,4	42	53
Keton Aldehit Katkılı Nişasta Tutkalı	%0,3	7,3	4,6	41
	%0,5	7,3	4,6	40
	%0,7	7,3	4,8	39
	%0,9	7,6	4,7	38
	%1,1	7,5	4,9	35
MF Katkılı Nişasta Tutkalı	%0,3	7,0	5,3	41
	%0,5	6,9	5,5	40
	%0,7	6,4	5,2	40
	%0,9	6,6	4,5	40
	%1,1	6,4	4,8	36
PVA Katkılı Nişasta Tutkalı	%0,3	6,8	5,6	36
	%0,5	6,9	5,5	33
	%0,7	7,0	5,7	33
	%0,9	6,9	5,3	32
	%1,1	7,1	5,1	35

Tablo 5. Tesis ölçeğinde çeşitli katkı maddeleri ilavesiyle hazırlanan nişasta tutkalının formülasyonu ve viskozite ve jelleşme süresi ölçümlerine ait bulgular

KOD	TUTKAL FORMÜLASYONU	Viskozite (dPa)	Jelleşme Süresi (s)	
			Jelleşme Başlangıcı	Jelleşme Bitimi
NT-1	Eski Reçete [Bkz. Tablo.2]	4,2	36	48
NT-2	Yeni Reçete (YR) [Bkz. Tablo.2]	3,8	37	47
NT-3	YR + %0,2 KA	3,3	35	42
NT-4	YR + %0,2 KA + %0,1 PVA	3,1	39	46
NT-5	YR + %0,1 PVA	2,9	29	38
NT-6	YR + %0,2 PVA	2,8	20	30

### 3.3. Modifiye Tutkallarla Tesis Ölçeğinde Üretilen Oluklu Mukavvaların Mukavemet Özelliklerine Ait Bulgular

Tablo 6'da verilen reçetelere uygun olarak hazırlanan nişasta tutkalı ile endüstriyel ölçekte üretilen tek oluklu C dalga oluklu mukavvalara ait düz ezilme testi (FCT), kenar

ezilme testi (ECT), kutu ezilme testi (BCT) ve PIN adezyon (yapışma) testine (PAT) ait bulgular Tablo 5’de gösterilmiştir. İlgili tablonun 2. kolonunda ayrıca oluklu mukavva üretimindeki makine hızına ait bulgular da verilmiştir. Bu tabloda NT-6 ve NT-7 aynı bileşime sahip tutkallar olup birbirlerinden farkı makine hızıdır.

Tablo 6. Endüstriyel ölçekte hazırlanan nişasta tutkalları ile belirli makine hızlarında üretilen oluklu mukavvalara ait ECT, FCT, BCT ve PAT değerlerine ait bulgular

KOD	Makine Hızı (m/d)	FCT (kPa)		ECT (kN/m)		BCT (kN)		PAT (N/m)	
		Ort.	St. Sap	Ort.	St. Sap	Ort.	St. Sap	Ort.	St. Sap
NT-1	45	0,99	0,18	2,33	0,43	1,42	0,29	292	27
NT-2	60	1,16	0,05	2,90	0,20	1,59	0,08	344	38
NT-3	70	2,41	0,45	3,14	0,16	1,80	0,07	366	27
NT-4	75	3,82	0,10	4,09	0,06	2,34	0,14	367	24
NT-5	80	3,80	0,07	3,56	0,16	2,05	0,09	362	21
NT-6	80	3,19	0,14	3,68	0,34	2,26	0,16	374	32
NT-7*	100	3,13	0,14	3,48	0,24	2,02	0,09	430	25

\* NT-6 tutkalı ile aynı formülasyon uygulanılarak hazırlanmıştır.

## 4. İRDELEME

### 4.1. Nişasta Bazlı Tutkal ve Modifikasyonunun Özellikleri

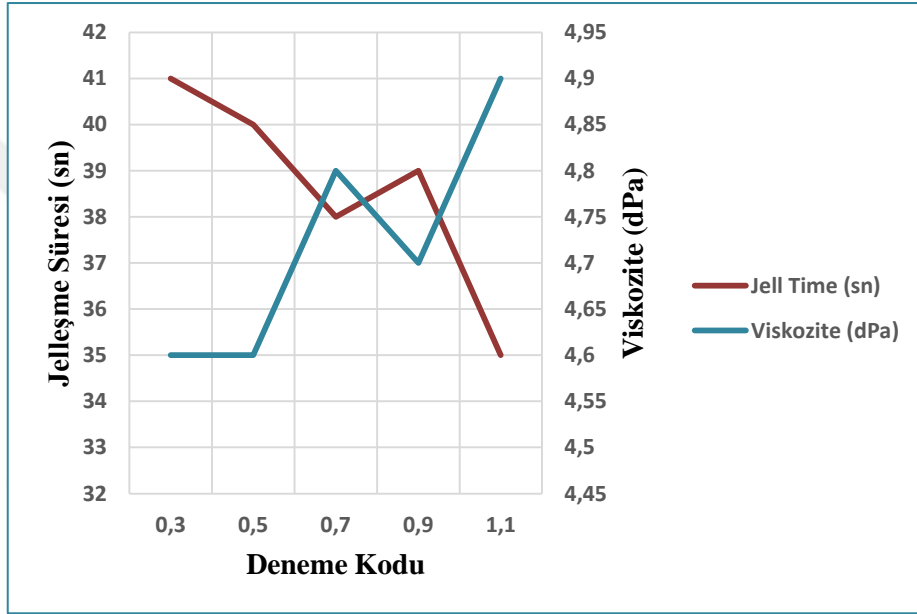
Tez çalışmasında Çağlar Ambalaj Ltd.Şti tarafından oluklu mukavva üretiminde kullanılan nişasta bazlı tutkalın geleneksel hazırlanma şekli değiştirilmiştir. Öncelikle KTÜ Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi ABD laboratuvarlarında farklı kimyasal maddelerin (keton aldehit, melamin formaldehit, polivinil alkol) farklı oranlarda ilaveleriyle modifiye edilmiştir. Hazırlanan nişasta bazlı tutkalların viskozite değerleri ve jelleşme süreleri belirlenerek, oluklu mukavva üretim sisteminde kullanım oranlarının belirlenmesine çalışılmıştır. İlave kimyasal maddelerinden keton aldehit, melamin formaldehit ve nişasta tutkalının yapışma direncini ve suya karşı mukavemetini artırmak, jelleşme sürelerini azaltılarak makine hızı ve kapasitesinin artırılmasına yönelik kullanılması planlanmıştır.

Bunlardan melamin formaldehit etkili çapraz bağlayıcı polimer olmasına karşın, bünyesinde barındırdığı formaldehit nedeniyle gıda ambalaj malzemeleri için zararlı olacağı tespit edilmiştir. Polivinil alkol, tutkalın film oluşturma özelliklerini geliştirmek ve viskozitesini kararlı hale getirerek yapışmayı arttırmak için diğer sulu yapışkan sistemler için modifiye edici bir polimerdir. Her ne kadar suya karşı direnci düşük olsa da PVA düşük maliyetli laminasyon yapıştırıcısı olarak dekstrin ve nişastalarla birlikte çeşitli alanlarda yapıştırıcı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca zarflar ve pullar için toksik özelliği bulunmayan yapıştırıcı olarak uzun zamandır tercih edilmektedir (Shields, 1984). Ancak literatürde oluklu mukavva üretiminde nişasta tutkalına ilave edilen PVA'nın oluklu mukavva tabakaları arasındaki yapışmaya ve levhanın direnci üzerine etkisi konusunda doyurucu çalışmalara rastlanmamıştır.

Keton aldehidin farklı oranlarda ilavesiyle elde edilen nişasta bazlı tutkalın viskozite ve jelleşme sürelerindeki değişimler Şekil 16'da verilmiştir. Eski nişasta bazlı tutkalın viskozite değeri 4,2 dPa olarak bulunurken, yeni hazırlanan tutkalın viskozitesi 4,4 dPa olarak tespit edilmiştir. Bunun nedeni ise yeni hazırlanan tutkal bünyesinde kullanılan boraks oranının bir miktar yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Yeni hazırlanan katkısız nişasta bazlı tutkalın jelleşme süresinin de viskoziteye bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir.

Keton aldehidin nişasta bazlı tutkala ilavesiyle birlikte genel olarak oranın artmasıyla birlikte arttığı buna bağlı olarak da jelleşme süresinin azaldığı görülmüştür.

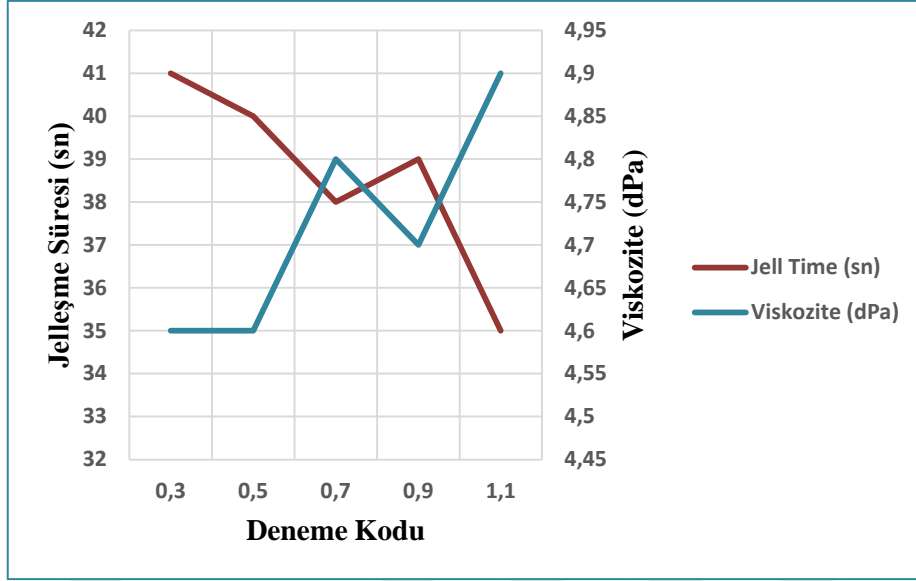
Su bazlı bir yapıştırıcı olarak nişasta tutkalının özelliklerinin geliştirilmesine yönelik keton aldehitin farklı sentez yöntemlerini kapsayan birçok patent çalışması bulunmakla birlikte (Scrutchfield ve ark., 1950, Harvey ve ark., 1954, Silano ve ark., 1982, Stephen ve ark., 1989, Foran ve ark., 1984) bu maddenin oluklu mukavva kalitesi üzerindeki etkisine yönelik çalışmalara rastlanılmamıştır.



Şekil 16. Farklı oranlarda ilave edilen keton aldehidin nişasta bazlı tutkal özelliklerine etkisi

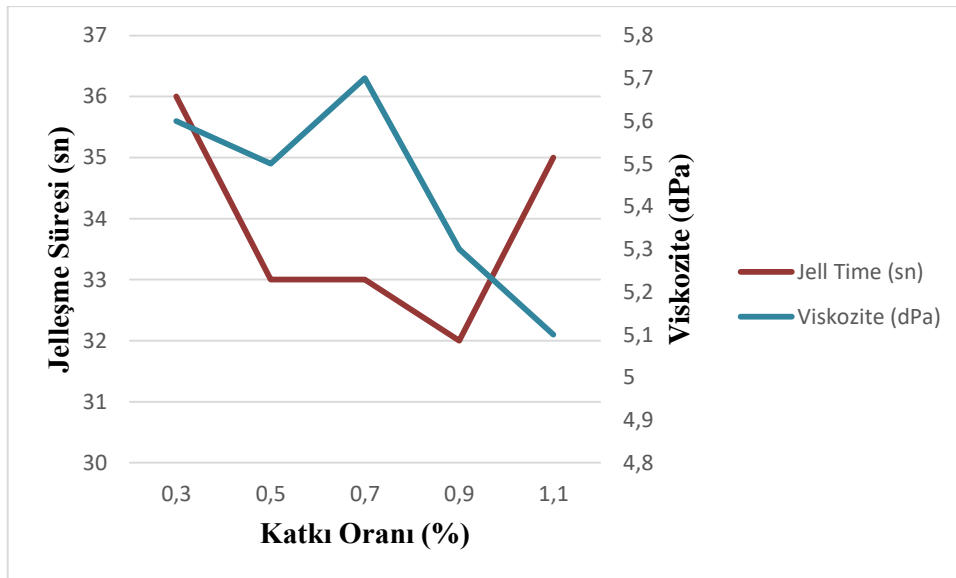
Melamin formaldehit nişasta bazlı tutkala ilavesiyle nişasta bazlı tutkalın viskozite ve jelleşme sürelerindeki değişimler Şekil 17'de verilmiştir. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde melamin formaldehit ilavesiyle viskozite değerlerinin azaldığı belirlenirken, jelleşme süresinin de azaldığı görülmüştür. Bunun temel nedeni kullanılan melamin formaldehidin alkali özelliği nedeniyle viskozite düşmesine sebep olmasıdır. Jelleşme süresindeki azalma ise sıcaklığa bağlı olarak melamin formaldehidin polimerize olmasına bağlanabilir.

Melamin formaldehitin su bazlı bir yapıştırıcı olması ve polimerize olduktan sonra suya dayanıklı hale gelmesi bilinen bir gerçektir. Bu özelliği nedeniyle oluklu mukavva üretimi için suya dayanım verici bir katkı maddesi olarak kullanımı mantıklı olabilir.



Şekil 17. Farklı oranlarda ilave edilen melamin formaldehidin nişasta bazlı tutkal özelliklerine etkisi

Nişasta bazlı tutkala polivinil alkol ilavesinin viskozite ve jelleşme sürelerine etkileri Şekil 16’de verilmiştir. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde PVA ilavesiyle katkısız nişasta bazlı tutkala göre viskozite değerinin yükseldiği, katkı oranlarının artmasıyla birlikte ise azaldığı tespit edilmiştir. Jelleşme süresi ise viskozite değeri yükselmesiyle jelleşme süresinin azaldığı görülmektedir.



Şekil 18. Farklı oranlarda ilave edilen polivinil alkolün nişasta bazlı tutkal özelliklerine etkisi



Tez çalışmasında yaş mukavemet amaçlı kullanılan poliamin epiklorohidrinin (PAE) nişasta bazlı tutkala %0,1 oranında ilavesi durumunda viskozite ve jelleşme süresindeki değişimler laboratuvar ortamında takip edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda viskozite değerinin 3,4 dPa olduğu ve jelleşme süresinin ise 37 sn olduğu görülmüştür. Daha yüksek oranlarda ilavesi durumunda nişasta bazlı tutkalın hazırlanması sürecinde süspansiyonun kıvamlılığının arttığı görülmüştür. Sistem üzerinde tıkanmalara sebebiyet verme olasılığından dolayı endüstriyel ölçekli oluklu mukavva üretiminde denenmesi için farklı kombinasyonlara ihtiyaç duyulduğuna karar verilerek, bu katkı maddesi üzerine üretim denemesi yapılmaması uygun bulunmuştur.

Genel olarak bakıldığında ilave edilen polimerik yapıdaki kimyasal maddelerin özelliklerine bağlı olarak nişasta bazlı tutkalın viskozite ve jelleşme süresi üzerine olan etkileri farklılıklar göstermiştir. Farklı kimyasal maddelerin nişasta bazlı tutkal ile olan kimyasal reaksiyonlarının incelenmesi de yeni projeler kapsamında değerlendirilebilir.

Kullanılan nişasta bazlı tutkalın maruz kaldığı mekanik ve termal etkiler sonucunda eski reçeteye göre hazırlandığı durumda viskozite değerlerindeki azalma oranının %30-35 arasında olduğu belirlenmiştir. Yeni reçeteye göre hazırlanan tutkal ile birlikte geliştirilen yeni nişasta mutfağı sistemi ile taşıma sistemi sayesinde bu azalma oranının %15-17 aralığına çekildiği tespit edilmiştir. Viskozite değerindeki üretim sürecinde meydana gelen azalmanın sebepleri sadece nişasta bazlı tutkal reçetesi olmayıp, aynı zamanda tutkal hazırlama ünitesinin yapısı ve tutkalın sistem üzerinde kullanım şeklinin önemli olduğu görülmüştür.

#### **4.1.1. Nişasta Bazlı Tutkalın Üretim Boyunca Viskozite Değerindeki Değişim**

Nişasta bazlı tutkalın viskozite değerinde oluklu mukavva üretim hattı boyunca maruz kaldığı termal ve mekanik etkilerden dolayı azalmalar meydana gelmektedir. Bu durum özellikle üretim başlangıcında kullanılan tutkal ile üretimi ortasında ve sonunda kullanılan tutkal özellikleri arasında farklılıklar oluşmasına dolayısıyla ürün kalitesinin değişmesine neden olmaktadır. Bu amaçla çalışma sırasında bu değişim oranının en düşük seviyede tutulması amaçlanmıştır.

Çalışma öncesinde kullanılan nişasta bazlı tutkalın başlangıç viskozitesi 4,2 dPa iken bu oran iki saatlik çalışma sonrasında 2,52 dPa'ya adar gerilemiştir. Yeni reçete düzenlemesi ile hazırlanan nişasta bazlı tutkalın başlangıç viskozitesi 3,8 dPa iken iki

saatlik üretim sırasında 3,2 dPa da kalmıştır. Keton aldehit ilaveli nişasta tutkalında ise viskozite değeri başlangıçta 3,1 dPa iken iki saatlik üretim sürecinde 2,71 dPa'a düşmüştür. PVA ilaveli nişasta bazlı tutkalda ise %0,1 oranında ilave ile başlangıçta 2,9 dPa olan viskozite değeri 2,29 dPa'a gerilerken, %0,2 oranında ilave edilmesiyle 2,8 dPa'dan 2,16 dPa' a azalmıştır. Değişim oranları tez çalışmasından önce kullanılan eski reçeteye göre hazırlanan nişasta bazlı tutkalda viskozite değerindeki değişim %40 civarında iken, yeni reçeteye göre hazırlanan nişasta bazlı tutkalın viskozite değerlerindeki azalma %18-23 arasında tespit edilmiştir.

Yukarıda açıklanan tutkal viskozitesinde belirlenen kısmi viskozite stabilizasyonu yeni reçete uygulamasına ve katkı maddelerinin etkisine bağlamak mümkündür. Bu konu üzerine yapılan bir çalışmada keton-aldehit reçineleri ile tepkimeye giren polivinil alkol içeren oluklu mukavva yapıştırıcılarında daha stabil viskozite ve mükemmel yapışkanlık özelliklerinin gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu katkıların erken jelleşmeye dirençli ve iyi ıslak yapışma ve yapışkanlık özellik kazandırmak için alkali ve boraks içeren nişasta bazlı tutkal reçetelerine eklenebileceği önerilmiştir (Pelton, 2004).

#### **4.1.2. Nişasta Bazlı Tutkal Modifikasyonlarının Oluklu Mukavva Direnç Değerlerine Etkileri**

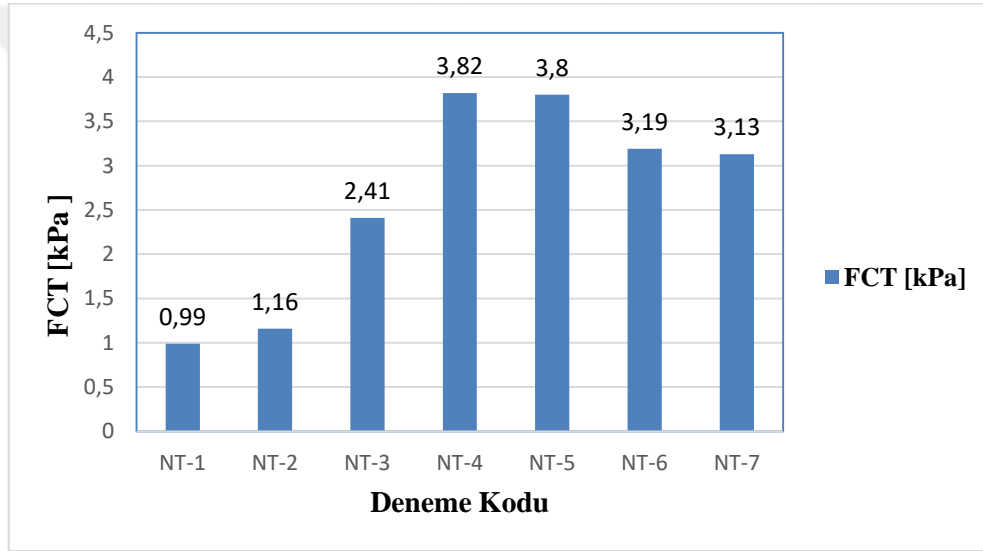
Çalışma öncesi Çağlar Ambalaj Ltd. Şti tarafından kullanılan nişasta ve çalışma sonrasında hazırlanan nişasta bazlı tutkal kullanılarak üretilen oluklu mukavvaların yüzeye dik ezilme (FCT), köşe ezilme (ECT), kutu ezilme (BCT) ve yapışma direnci (PAT) değerleri tespit edilerek karşılaştırılmıştır. Çalışma öncesinde kullanılan nişasta bazlı tutkalla üretilen oluklu mukavvalarda liner kâğıdının oluklu (fluting) kısmından ayrıldığı, dolayısıyla ürün kalitesini olumsuz etkilediği belirlenmiştir.

Çalışma sırasında yapılan denemelerle geliştirilen reçete ve tutkal modifikasyonu sonucunda hem ürün kalitesinde hem de sistem çalışmasına olumlu katkılar sağladığı belirlenmiştir. Ürünler 80 m/dak'lık makine hızında çalıştırılan oluklu mukavva makinesinden elde edilen ürünler üzerinden tespit edilmiştir.

Eski ve yeni nişasta bazlı tutkal reçeteleri kullanılarak hazırlanan tutkalların endüstriyel ölçekte üretilen oluklu mukavvaların yüzeye dik ezilme direnç (FCT) değerlerindeki değişim Şekil 19'da verilmiştir. Nişasta bazlı tutkalda polimer ilaveleriyle yapılan modifikasyon sonucunda FCT değerlerinde eski kullanılan reçeteye göre 1,43-2,85

kat artışlar tespit edilmiştir. Özellikle keton aldehit ve polivinil alkol ilavesinin birlikte yapıldığı nişasta tutkalında en yüksek FCT değeri tespit edilmiştir. Baz reçeteler dikkate alındığında eski reçeteye göre yeni reçete ile hazırlanmış (katkısız) tutkalla üretilen oluklu mukavvada FCT değerinde %17 artışın olduğu belirlenmiştir.

Nişasta tutkalına keton aldehit ve/veya polivinil alkol ilaveleriyle FCT değerindeki artışın daha yüksek oranlara ulaştığı görülmüştür. Bu bulgular keton aldehit ve/veya PVA ile tepkimeye giren katkılı oluklu mukavva yapıştırıcılarının mükemmel yapıştırıcılık özelliği göstereceği ve sonuçta levha kalitesini artıracığı öngörüsünü doğrulamıştır (Pelton, 2004).



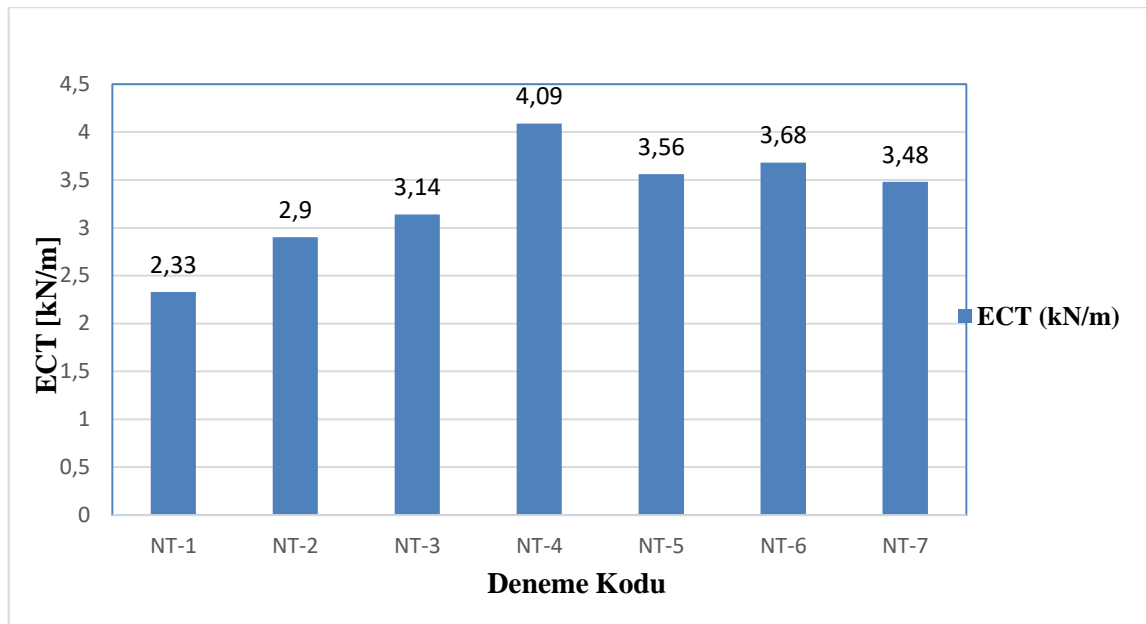
Şekil 19. Farklı tutkal reçeteleri kullanılarak üretilen oluklu mukavvanın düz ezilme direncindeki (FCT) değişim

Çalışma kapsamında hazırlanan nişasta bazlı tutkallarla üretilen oluklu mukavvaların köşe ezilme direnç değerlerindeki (ECT) değişim Şekil 20’de verilmiştir. Değişim oranlarına bakıldığında eski reçeteye göre hazırlanan nişasta bazlı tutkal ile yeni reçeteye göre katkısız hazırlanan oluklu mukavvaların ECT değerleri arasındaki değişim %24,4 olarak tespit edilmiştir.

Yeni reçeyle hazırlanan nişasta bazlı tutkalın keton aldehit ve/veya polivinil alkol ile modifiye edilmesi sonucunda ECT değerlerindeki artışın %41,4-%84,2 arasında arttığı belirlenmiştir. Oluklu mukavvaların ECT değerlerindeki en büyük artış oranı keton aldehit ve polivil alkolün kombine kullanımıyla elde edilmiştir. Keton aldehit ilavesinin tek başına

yapıldığı durumda ECT değeri %41,4 olarak artış gösterirken, bu değişim polivinil alkolün %0,1 ilavesinde %60,3, %0,2 ilavesinde ise %65,7 olarak hesaplanmıştır. ECT değerindeki artışa polivinil alkolün daha fazla katkı sağladığı elde edilen sonuçlardan görülmektedir. Makine hızının 80 m/dak'dan 100 m/dak'ya çıkarıldığı ve %0,2 polivinil alkol ilavesinin yapıldığı üretimlerde ise ECT değerindeki değişim %56,8 olarak belirlenmiştir.

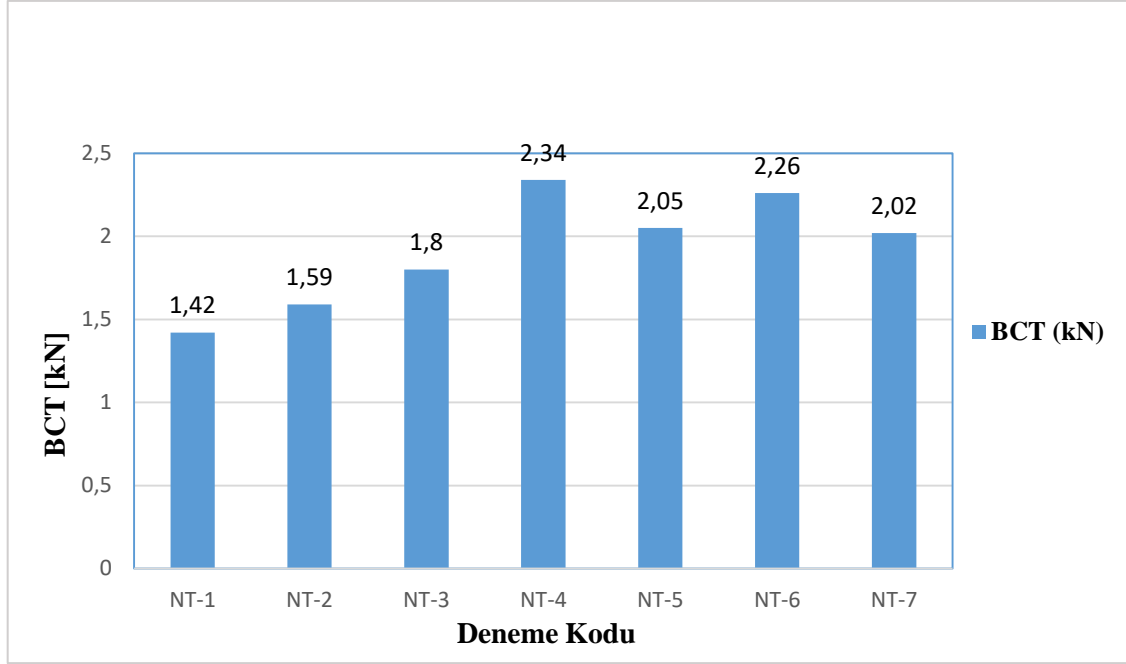
Katkılı tutkalla yapılan levhalardaki artışın temel nedeni tutkalın sürüldüğü çizgi boyunca yapışmanın daha efektif olmasından kaynaklanmış olabilir. Bu durum Pelton'un öngörülleri ile de uygunluk göstermiştir (Pelton, 2004).



Şekil 20. Farklı tutkal reçeteleri kullanılarak üretilen oluklu mukavvanın köşe ezilme direncindeki (ECT) değişim

BCT değerler ECT değeri ile paralellik gösteren bir direnç değeridir. ECT oluklu mukavvanın çeperine paralel yönde uygulanan yüke karşı maksimum dayanma gücünü veren mikro ölçekte bir sonuç verirken; BCT oluklu mukavvadan yapılan kutunun yük altında ezilmeye karşı maksimum dayanımını veren makro bir ölçüdür.

Tez çalışması sırasında hazırlanan nişasta bazlı tutkallar ile üretilen oluklu mukavvalardan elde edilen kutuların ezilme direnç değerleri (BCT) belirlenerek Şekil 21'de verilmiştir.



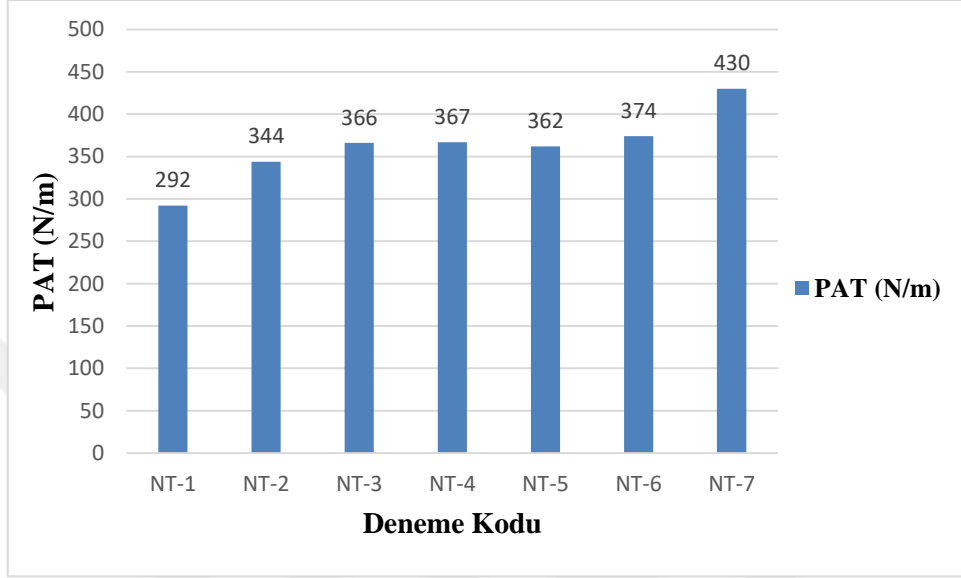
Şekil 21. Farklı tutkal reçeteleri kullanılarak üretilen oluklu mukavvanın kutu ezilme direncindeki (BCT) değişim

BCT değerlerindeki değişim incelendiğinde eski reçete ve yeni reçeteye göre katkısız olarak hazırlanan nişasta bazlı tutkalla üretilen oluklu mukavvalardan elde edilen kutuların BCT değerindeki değişim %11,9 olarak tespit edilmiştir. Kutu ezilme direnç değerinde (BCT) meydana gelen değişim keton aldehit ilavesiyle birlikte %26,8 artış olarak belirlenmiştir. En büyük artış ise yine keton aldehit ve polivinil alkolün kombine kullanımı sırasında sağlanmıştır. Polivinil alkolün %0,1 ilavesiyle hazırlanan nişasta bazlı tutkal ile üretilen oluklu mukavvadadan üretilen kutuların ezilme direnç değerindeki artış %44,3 olarak bulunurken, %0,2 ilavesi durumunda bu artış oranı %59,1 olarak tespit edilmiştir.

Baz reçeteye %0,2 PVA katılarak üretilen nişasta bazlı tutkalla oluklu mukavva makinesinin hızı 80 m/dak'dan 100 m/dak'ya çıkarılması durumunda üretilen levhanın BCT değerinde %10,6'lık bir kayıp olsa da 100 m/dak hızda üretilen levhaların BCT değeri eski reçeteye göre %42,3; yeni reçeteye üretilene göre ise % 27,0 olarak hesaplanmıştır. Bu artışların yanında üretim hızında eski reçeteye %122; yeni reçeteye üretilene göre ise %67'lik artış meydana gelmiştir. Tespit edilen bu çift yönlü olumlu etki tesisin üretim ekonomisinde önemli ölçüde katkı yapacağı açıktır.

Oluklu mukavvanın PAT yapışma direnci değeri yapışma çizgisi boyunca sürülen ve serleştirilen tutkalın koparılması için gereken gücü ifade etmektedir. Tez çalışmasında

hazırlanan eski ve yeni baz reçeteler ve yeni baz reçeteye katkı maddeleri ilavesiyle hazırlanan tutkalla üretilen oluklu mukavvaların PAT yapışma direnç değerlerindeki değişim Şekil 22’de gösterilmiştir.



Şekil 22. Farklı tutkal reçeteleri kullanılarak üretilen oluklu mukavvanın kutu ezilme yapışma direncindeki (PAT) değişim

Eski reçete ve yeni reçeteye göre hazırlanan tutkaldan üretilen oluklu mukavva üzerinde yapılan testler sonucunda yeni reçete ile birlikte tutkalın PAT değerindeki değişim %17,8 artış olarak belirlenmiştir. Keton aldehit ilavesiyle birlikte nişasta bazlı tutkalın yapışma direncindeki değişim %25,3 olarak belirlenmiştir. Nişasta bazlı tutkal modifikasyonunda PAT değerindeki en büyük artış %0,2 PVA ilavesinin kullanıldığı ve makine hızınının 100 m/dak olduğu denemede %47,2 lik bir artışla belirlenmiştir. Polivinil alkol ile keton aldehidin birlikte katıldığı tutkalla üretilen levhalarda ise PAT değerine yalnızca PVA ilavesiyle hazırlanan tutkalinkine oranla %4 daha fazla katkı sağlamıştır.

Literatürde katkı maddeleriyle iyileştirilmiş nişasta tutkalı ile üretilen oluklu mukavvaların yapışma direnci ile yeterli bilgi bulunmamakla birlikte Hamzeh ve çalışma arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada selülozik malzemeler için PVA'nın güçlü bir bağlayıcılık özelliği gösterdiği anlatılmıştır (Hamzeh ve ark. 2013). Bir başka araştırmada ise polimerik PVA'nın her monomerinde mevcut olan hidroksit grupları sayesinde selülozla mükemmel bağ kurdukları ve yalnızca nişastaya göre 3-4 kat daha güçlü bağ yapma potansiyeli olduğu bildirilmiştir (Fatehi ve ark. 2009).

Keton aldehit katkısıyla da muhtemelen benzer bir etki söz konusu olabilir. Keton aldehit ve/veya PVA'nın nişasta tutkalına düşük miktarlarda ilavesinin PAT değerinde yukarıda belirtilen artışları yapması selülozik maddeler için çok iyi yapıştırıcılar olmasından ve nişasta tutkalını takviye edebilmesinden kaynaklı olabilir.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Oluklu mukavva üretiminde kalite, kullanılan ara mamül maddelere (kâğıt, nişasta gibi) ve üretim sistemine bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışma kapsamında ilk olarak nişasta bazlı tutkal hazırlama ünitesinin düzenlenmesi ve bu üniteye bağlı olarak ürün kalitesinde ortaya çıkan bazı olumsuzlukların ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. İkinci olarak da yeni oluşturulan ve modifiyesi yapılan nişasta bazlı tutkal ile birlikte ürün kalitesinin artırılması ve üretim prosesinin daha iyi çalışmasının sağlanması hedeflenmiştir.

Tez çalışmasına başlamadan önce denemeler için yardım aldığımız Çağlar Ambalaj'da oluklu mukavva üretiminde kullanılan makinenin üretim hızı ürün çeşidine göre 45-70 m/dak arasında değişmekteydi. Çalışmamız sırasında ve sonrasında üretim hızı 80-100 m/dak'ya kadar çıkarılmıştır.

Nişasta bazlı tutkalın yeni reçeteye göre hazırlanması ve modifiye edilmesiyle birlikte üretim sürecinde viskozite kayıpları %40'lardan %18-23'e kadar gerilemiştir. Bu sayede üretim boyunca daha stabil kalite özelliklerinde üretim yapılması sağlanmıştır. Bilindiği üzere tutkal viskozitesindeki azalma aynı zamanda yapışma direncini de olumsuz etkilemektedir.

Jelleşme sürelerine bakıldığında nişasta bazlı tutkal hazırlama için kullanılan eski ve yeni reçete arasında belirgin bir farklılık bulunmamıştır. Her iki hazırlama metodundan da jelleşme süresi 47-48 san olarak bulunmuştur. Ancak keton aldehit ilavesiyle (%0,2) jelleşme süresinde %12,5, polivinil alkol ilavesiyle de %20,8-37,5 azalma tespit edilmiştir.

Tesiste üretilen oluklu mukavvanın yüzey ezilme direncinde (FCT) katkısız yeni reçete ile üretilen tutkal kullanımında eski reçeteye üretilen tutkal kullanımına göre %17,2'lik bir gelişme sağlanmıştır. Nişasta bazlı tutkala keton aldehidin %0,2 oranında ilave edilmesiyle de FCT değerinde 1,43 katlık artış kaydedilirken; polivinil alkolün %0.1 ve 0.2 ilavesiyle birlikte FCT değerinin 2,22-2,84 kat yükseldiği belirlenmiştir.

Oluklu mukavva köşe ezilme direnci (ECT) değeri yeni reçete hazırlama yöntemi ile %24,5 geliştiği belirlenmiştir. Nişasta bazlı tutkalın keton aldehit ile modifiye edilmesiyle ECT değeri %34,8; polivinil alkol ilavesiyle birlikte %0.1 ilave oranında %52,1, %0.2 ilave oranında ise %57,9 gelişme tespit edilmiştir.

Oluklu mukavva kutu ezilme direnci (BCT) ele alındığında yeni reçeteye göre hazırlanan nişasta bazlı tutkal ile üretilen ürünlerde BCT değerinde eski reçeteye göre



hazırlananlara göre %12,0 artış gösterdiği belirlenmiştir. Yalnızca %0,2 keton aldehit ilavesiyle hazırlanan nişasta bazlı tutkalın kullandığı üretimlerde ise BCT değerinin %26,8 arttığı tespit edilmiştir. Polivinil alkolün %0,1 ilavesiyle bile BCT değerinin %44,4; %0,2 ilave oranıyla %59,1 arttığı görülmüştür.

Oluklu mukavva kutularında oluk kısmı ile liner kâğıdı arasında yapışma miktarını belirleyen yapışma değeri (PAT) yeni hazırlanan reçeteye eskisine göre %17,8 artmıştır. Bu değer keton aldehitin %0,2 nişasta bazlı tutkala ilavesiyle eski reçeteye göre %25,3 yükselmiştir. PAT değerinin eski reçeteye göre hazırlan nişasta bazlı tutkala göre yeni nişasta bazlı tutkala polivinil alkolün %0,2 oranına ilave edilmesiyle %28,1 oranında yükseldiği tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen bulguların sonraki çalışmalara kaynaklık edeceği ve özellikle nişasta tutkalının yapıştırma gücünün bazı katkı maddeleriyle takviye edilmesinin levha özellikleri üzerinde yaptığı etkinin bu anlamda önemli olduğu ifade edilebilir.

Tez çalışması kazanımlarından biri de baz tutkal reçetesine PVA katkısıyla hazırlanan tutkalla oluklu mukavva levha katmanlarının yapışma direncinde ciddi bir kayıp olmaksızın oluklu mukavva makine hızının artırılabilmesidir. Yalnızca %0,2 PVA katkısıyla üretilen tutkal kullanıldığında makine hızının 80 den 100 m/dk'ye çıkarılması ile ürün kalitesinde ciddi bir kayıp olmaksızın yapışma direncinde %15; katkısız baz reçeteye üretilene göre ise %25 artışın elde edilmesidir. Bunun anlamı makine hızının artışıyla tesisin üretim kapasitesinin artırılabilmesi ve nihai olarak üretim maliyetlerinin düşürülebilmesidir.

Sonuç olarak, tez çalışması kapsamında kimyasal olarak kullanılan PVA ve keton aldehitin nişasta tutkalının özellikleri üzerinde olumlu etkileri olduğu tespit edilmiştir. Yapılan işlemler sırasında kullanılan yeni reçeteli nişastanın oluklu mukavva üretiminde etkin kullanılması, oluklu mukavvanın kalitesinin artırılmasında önemli rol oynamıştır. Bu açıdan sonraki çalışmalarda farklı kimyasal maddeler ve farklı hammaddelerden üretilen oluklu mukavvaların kullanılması faydalı olabilir.

## 6. KAYNAKLAR

- Anonim-1, 2002. TAPPI T 402: Standard conditioning and testing atmospheres for paper, board, pulp handsheets, and related products, TAPPI Test Methods 2002, Technical Association of Pulp and Paper Industry, Atlanta, USA.
- Anonim-2, 2002. TAPPI T 804: Compression test of fiberboard shipping containers, TAPPI Test Methods 2002 Technical Association of Pulp and Paper Industry, Atlanta, USA.
- Anonim-3, 2002. TAPPI T 811: Edgewise compression strength of corrugated fiberboard using the clamp method (shortcolumn test), TAPPI Test Methods 2002 Technical Association of Pulp and Paper Industry, Atlanta, USA.
- Anonim-4, 2002. TAPPI T 821: Pin adhesion of corrugated board by selective separation, TAPPI Test Methods 2002 Technical Association of Pulp and Paper Industry, Atlanta, USA.
- Anonim-5, 2002. TAPPI T 825: Flat crash test of corrugated board (Rigid Support Method), TAPPI Test Methods 2002, Technical Association of Pulp and Paper Industry, Atlanta, USA.
- Bello-Perez, L. A., 2010. Rodriguez-Ambriz, S. L., Sanchez-Rivera, M. M. ve Agama-Acevedo, E., Starches Characterization, Properties and Applications, Ed. By A.C. Bertolini, Chapter-3, 276 p., CRC Press, New York.
- Bielecki, M., Wurch, A. C., Damiecki, T., Patalan, B., Sloma M. ve Zdzieblo, S., 2014. General issues and the recommended standards for corrugated board and corrugated board packaging, Information Paper, The Association of Polish Papermakers, 1-60.
- Correy, A.E., 1990. Polyviniyl acetate emulsions and polyviniyl alcohol for ahhesives, Ed. Van Nostrand Reinhold NY, Third Edition,381-400, Springer, Boston, MA.
- da Silva, L.F.M. ve Adams R.D., 2007. Techniques to reduce the peel stresses in adhesive joints with composites, Int. J. Of Adhesion&Adhesives, 27,3, 227-235.
- Deniz, Ö., 2011. Oluklu mukavva ambalaj raporu, Keskinılıç Gıda San T.A.Ş., Yayın No: KA Ar 001.
- Fatehi, P., Tutus, A., Xiao, H., 2009. Cationic-modified PVA as a dry strength additive for rice straw fibers, Bioresource Technology, 100, 2, 749-755.
- Foran, M., Schoenberg, J ve Chaudhuri, D.R., 1994. Water resistant formaldehyde-free corrugating adhesive compositions, US Patent No: 5,190,996, Mar. 2.

- Gunderson, D. Bendtsen L., ve Rowlands R., 1986. A mechanistic perspective of the biaxial strength of paperboard, ASME J. Eng. Mater. Technol. 108, 2, 135–140.
- Hamzeh, Y., Sabbaghi, S., Ashori, A., Abdulkhani, A. ve Soltani, F., 2013. Improving wet and dry strength properties of recycled old corrugated carton (OCC) pulp using various polymers, Carbohydrate Polymers, 94, 1, 577-583.
- Harvey, M. T. ve Rosamilia, P., L., 1954. Starch-aceton-formaldehyde composition, US Patent No: 2,683,104 , Jul.6.
- Ikeda, S., Yabuzoe, T., Takaya T., Nishinari K., 2000. Effects of sugars on gelatinisation and retrogradation of corn starch, In: Starch adhesives in structure and function, Ed. By Barsby T. L., Donald, A. M., Frazier, P. J., Royal Society of Chemistry, Cambrigre, 223.
- Kırcı, H., 2007. Özel Kâğıtlar Teknolojisi Ders Notları, KTÜ Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü (Basılmamıştır) 59.
- Kline, J., E., 1982. A Pulp and Paper Book, 232 p, Miller Freeman Publisher, San Fransisco.
- Krankkala,P.L., 1986. Fast setting starch-based corrugated adhesive having partially hydrolized water-soluble polyvinyl alcohol component, US Patent No: 4,600,739, Jul. 15.
- Maurer, H.W., 2009. Starch chemistry and tecnology, Ed. By BeMiller J., Whistler, R., 3. Rd. Edition, 657-713, Academic Press is an imprint of Elsevier.
- Ölçer, H. ve Akin, B., 2008. Starch: biosynthesis, granule structure and genetic modifications., Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 16.
- Önen, M. O., 2002. Oluklu mukavva ambalaj ürünleri, Türkiye Kalkınma Bankası Sektörel Araştırmalar Raporu, Yayın No: SA-02-2-5, Ankara.
- Pelton, R., 2004. On the design of polymers for increased paper dry strength—A review, Appita Journal, 57, 3, 181-190.
- Pohl, A., 2009. Strengthened corrugated paper honeycomb for application in structural elements, doctoral thesis, ETH Zürich, Zürich.
- Scrutchfield, P., H., Mo, H., 1950. Adhesive composition, US Patent No: 2,529,851, Nov. 14.
- Shields, J., 1984. Adhesives Handbook, 3rd. Ed. Butterworths Heinemann, 374, London.
- Silano, M. A., ve Featherston R. D., 1982. Water-resistant alkanin corrugating adhesive composition, US Patent No: 4,366,275 , Dec. 28.

Stephen M. W., ve Fuller H. B., 1989. Substantially viscosity stable moisture-resistant corrugated board adhesives, US Patent No: 4,814,039 , Mar. 21.

Tuncer, T., 2010. Karton ambalaj ve oluklu mukavva üretiminde kullanılan kraft liner ve saman fluting malzemelerinin seçim kriterlerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

URL-1, [https://www.cristini.com/vedit/15/img\\_download/CB-Corrugated-Technical-Overview.pdf](https://www.cristini.com/vedit/15/img_download/CB-Corrugated-Technical-Overview.pdf), 22 Şubat 2019.

URL-2, <http://www.fefco.org/lca/dscription-of-production-system/corrugated-board-production>, 22 Şubat 2019.

URL-3, [abs.mehmetakif.edu.tr/upload/1127\\_1457\\_dosya.ppt](abs.mehmetakif.edu.tr/upload/1127_1457_dosya.ppt), 22 Şubat 2019.

Vishnuvarthanan M., 2013. Additives for enhancing the drying properties of adhesives for corrugated boards, Alexandria University, Alexandria Engineering Journal, 52, 137-140.

## ÖZGEÇMİŞ

Ebru Mine ALKAN, 1993 yılında İzmit’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Bolu’da tamamladı. 2011 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünü kazandı ve 2016 yılında eğitimini tamamlayarak mezun oldu. 2016 yılında KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Lif ve Kağıt Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.

Ebru Mine ALKAN orta derecede İngilizce bilmektedir.

