

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(DOKTORA TEZİ)

**BASILACAK KUMAŞ ÖZELLİKLERİNİN, BASKI
BOYASINDAKİ ÇEŞİTLİ PARAMETRELERİN VE
FİKSAJ YÖNTEMLERİNİN
BASKI KALİTESİNE VE VERİMİNE ETKİSİ**

Arzu ÖZERDEM

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu: 621.01.00

Sunuş Tarihi: 03.09.2007

Tez Danışmanı: Yard. Doç. Dr. Arif Taner ÖZGÜNEY

Bornova-İZMİR

ÖZET

**BASILACAK KUMAŞ ÖZELLİKLERİNİN, BASKI BOYASINDAKİ
ÇEŞİTLİ PARAMETRELERİN VE FİKSAJ YÖNTEMLERİNİN
BASKI KALİTESİNE VE VERİMİNE ETKİSİ**

ÖZERDEM, Arzu

Doktora Tezi, Tekstil Mühendisliği Bölümü
Tez Yöneticisi: Yard. Doç. Dr. Arif ÖZGÜNEY
Eylül, 2007

Tekstil, seramik, gıda ve ağaç sanayi gibi birçok alanda uygulanan radyo frekans kurutma, kurutulacak materyalin bir dizi paralel plaka ya da elektrot arasında, yüksek frekanslı elektrik alanında kurutulması esasına dayanmaktadır. Çeşitli radyo frekans sistemleri liflerin, topoların, çile ve bobinlerin kurutulmasında yaygın bir şekilde kullanılmakta; ancak kumaş formundaki tekstil yüzeylerinin kurutulmasında Türkiye’de henüz radyo frekans enerjisi kullanılmamakta ve imalatı yapılmamakta, buhar kombineli radyo frekans kurutucu kombinasyonu ise dünyada uygulanmamaktadır. Bu tez çalışmasında kumaş formundaki baskılı tekstil yüzeylerinin fiksajları için reaktör olarak kullanılabilecek bir prototip makinenin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Laboratuarda yapılan denemeler doğrultusunda kumaş için en uygun aplikatör dizaynı geliştirilmiştir. Reaktif baskılı kumaşlar, hem buhar enerjisinden faydalanılması hem de buhar varlığında radyo frekans ortamında enerji absorpsiyonunun artırılabilmesi amacıyla radyo frekans ve buhar kombinasyonu ile fikse edilmiştir. Radyofrekans ve buhar kombinasyonu ile fikse edilen numunelerin renk verimleri, klasik buharlama (10 dakika) ve termofiksaj (5 dakika) işlemleri ile elde edilen sonuçlar ile kıyaslanmıştır. Radyo frekans ve buhar kombinasyonunun, klasik yöntemlere nazaran daha kısa sürede (3 dakika) aynı renk verimini sağladığı tespit edilmiştir. Zaman tasarrufu sağlamanın yanı sıra, enerji tüketimini de düşürmesi, bu yöntemin klasik fiksaj yöntemlerine alternatif bir yöntem olabileceğini göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: Yüksek frekans ısıtma, radyo frekans kurutucu, buhar ve radyo frekans kombinasyonu, reaktif baskı, fiksaj, tekstil endüstrisi

VII

ABSTRACT

EFFECTS OF THE FABRIC PROPERTIES, PARAMETERS OF PRINTING PASTE AND FIXATING METHODS ON PRINTING QUALITY AND EFFICIENCY

ÖZERDEM, Arzu

PhD in Textile Engineering
Supervisor: Yard. Doç. Dr. Arif ÖZGÜNEY
September, 2007

Radiofrequency (RF) drying, which can be used in many industrial area such as textile, ceramic, food and wood industry, is a technique in which material to be dried is passing through a high frequency electric field generated by a radiofrequency generator, between a set of parallel plate or bar electrodes. Different radiofrequency systems are widely used for the drying of fibres, tops, hank and bobbins; however it is not yet used and produced for finishing processes of fabrics in Turkey. On the other hand, the combination of steam and RF energy is not encountered throughout the world. In this study, invention of a prototype machine for processing of fabrics which can be used as a reactor for the continuous finishing processes is aimed. The optimum applicator design for fabrics is developed in accordance with laboratory scale experimental studies. Reactive printed samples were treated with radiofrequency and steam combination in order to take advantage of steam energy and improve the energy absorbtion by the help of steam in the radiofrequency medium. Colour yields of the samples fixated with radiofrequency and steam combination were compared with conventional steam (10 min) and thermofixation (5 min). It was observed that steam combined radiofrequency setting ensures similar colour yields in a shorter setting times (3 min) compared to conventional methods. It was concluded that the new system could be an alternative setting method with the advantages of time savings and lower energy consumption.

Key Words: High frequency heating, radiofrequency dryer, steam and radiofrequency combination, reactive printing, fixating, textile industry

IX

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bana yol gösteren, destek olan kıymetli hocalarım Yard. Doç. Dr. Arif Taner Özgüney'e ve Prof. Dr. Işık Tarakçıoğlu'na, her zaman olduğu gibi tez çalışmam süresince de her konuda yardımcı ve destek olan, dostluklarını esirgemeyen Ahmet Çay, Aslı Demir, Aylin Karahan, Can Ünal, Gonca Özçelik, İbrahim Bahtiyari, Pelin Gürkan Ünal, Rıza Atay, Sema Namlıgöz başta olmak üzere tüm araştırma görevlisi arkadaşlarıma, Kadir Özkaya'ya, Erdem Karagöz'e, gösterdikleri ilgiden ve yardımlarından dolayı çalışmada kullanılan kurutucunun geliştirilmesinde birlikte çalıştığımız Sonar Elektronik Firması'ndan Şükrü Tekin, Cem Tekin ve Mümin Aygün'e, teknik desteklerinden ve numune teminindeki yardımlarından dolayı Huntsmann Firması'ndan Yaşar Uzun'a, şablonların hazırlanmasında yardımcı olan Mustafa Oral Bey'e, döküman teminindeki katkılarından dolayı Ahmet Karaaslan'a, deneylerimin tamamlanmasında, ölçümlerinde yardımcı olan Duygu Eksen'e, Alev Ersöz'e, Nurşen Düzgören'e ve Gözde Sepet'e, teknik desteklerini esirgemeyen Ömer Kodaz'a, Hüsamettin Atılğan'a, İbrahim Uysal'a, sadece tez süresinde değil daima yardımlarını ve manevi desteğini esirgemeyen Ahmet Asan'a, canım anneme, babama ve kardeşlerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

XI

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	V
ABSTRACT	VII
TEŞEKKÜR	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
ÇİZELGELER DİZİNİ	XVIII
1. GİRİŞ.....	1
2. YÜKSEK FREKANS KURUTMA	2
2.1 Yüksek Frekans Sistemleri	3
2.2 Yüksek Frekans Kurutma Sistemlerinin Kurutma Kinetiği	4
2.3 Yüksek Frekans Kurutmanın Prensibi	8
2.4 Mikrodalga (MD)	11
2.5 Radyo Frekans (RF) Kurutma	15
2.6 Yüksek Frekans Kurutmanın Verimliliğine Etki Eden Parametreler ..	16
2.6.1 Elektromanyetik alanın özellikleri	16
2.6.2 Kayıp Faktörü	20
2.6.3 Materyalin elektrolit içeriği	27
2.7 Radyo Frekans (RF) Kurutucunun Çalışma Prensibi	27
2.8 Endüstriyel Bir Radyo Frekans Kurutucunun Yapılışı	30
2.9 Mevcut Radyo Frekans (RF) Kurutucu Dizaynları	35
2.10 Radyo Frekans (RF) Enerjisi ile Klasik Yöntemlerin Kombinasyonu	37

İÇİNDEKİLER (devam)

	Sayfa
2.11 Radyo Frekans (RF) Isıtma Sisteminin Avantaj ve Dezavantajları	38
2.12 Radyo Frekans Kurutucularla Çalışma Emniyeti.....	43
2.13 Tekstil Sanayinde Radyo Frekans Kurutucuların Kullanım Alanları..	44
2.14 Yüksek Frekans Kurutma Sistemleriyle Tekstil Terbiyesinde Daha Önce Yapılmış Çalışmalar	50
2.14.1 Yüksek Frekans Ortamında Ürenin Ve Tuzun Etkisi ...	52
2.14.2 Radyo Frekans Enerjisi Uygulanarak Yapılmış Çalışmalar.....	53
2.14.3 Mikrodalga Enerjisi Uygulanarak Yapılmış Çalışmalar...	58
3. REAKTİF BOYARMADDELER	64
3.1 Reaktif Boyarmaddelerin Tarihi Gelişimi ve Özellikleri	64
3.2 Reaktif Boyarmaddelerin Yapısı	66
3.2.1 Reaktif Boyarmaddenin kromoforu	67
3.2.2 Reaktif Boyarmaddelerin Reaktifliği	70
3.2.3 Boyarmaddenin substantifliği	78
3.2.4 Boyarmaddenin agregasyonu ve çözünürlüğü	79
3.3 Tekstil Baskıcılığında Reaktif Boyarmaddeler.....	80
3.3.1 Reaktif Baskı Yapılacak Ürünlerin Ön Terbiyesi	81
3.3.2 Baskı İşlemi.....	82
3.3.2.1 Tek adımlı baskı yöntemi	82
3.3.2.2 İki fazlı baskı yöntemi	93
3.3.3 Reaktif Boyarmaddelerle Diğer Baskı Olanakları.....	95

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4. MATERYAL VE METOD	97
4.1 Kumaş Özellikleri	97
4.2 Kullanılan Boyarmaddeler	98
4.3 Kullanılan Kimyasal ve Yardımcı Maddeler	98
4.4 Kullanılan Cihazlar ve Makineler	99
4.5 Çalışmada Uygulanan Reçeteler	99
4.6 Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	100
5. BULGULAR	102
5.1 İlk Geliştirilen 1 kW Gücündeki Buhar Kombineli Radyo Frekans Kurutucu ile Yapılan Ön Denemeler	102
5.2 10 kW Gücündeki Buhar Kombineli Radyo Frekans Kurutucu ile Yapılan Denemeler	120
5.2.1 10 kW Gücündeki Buhar Kombineli Radyo Frekans Kurutucu ile Yapılan Deney Sonuçlarına ait Genel Değerlendirme	126
5.2.2 Cibacron Red P-4B Boyarmaddesi ile Yapılan Denemeler	128
5.2.3 Cibacron Blue P-3R Boyarmaddesi ile Yapılan Denemeler	142
5.2.4 Cibacron Turquoise P-GR Boyarmaddesi ile Yapılan Denemeler.....	155
5.2.5 Özgül Enerji Tüketimi.....	167
6. SONUÇLAR	170
KAYNAKLAR DİZİNİ	175
ÖZGEÇMİŞ	183

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Elektromanyetik spektrum	4
2.2 Tekstil ürünlerinde kurutma aşamaları	2
2.3 Yüksek Frekanslı Kurutma Sistemleri ile Konvensiyonel Kurutma Sistemlerinin Karşılaştırılması	6
2.4 Dielektrik kurutma prosesine ait periyotlar	7
2.5 Su moleküllerinin alternatif elektrik alanda hareketleri	10
2.6 RF kurutucuda paralel plaka konfigürasyonu	15
2.7 Yüksek frekans alanında farklı kalınlıktaki materyallerin güç alımlarının karşılaştırılması	18
2.8 Stray-field elektrod sistemi	19
2.9 Dielektrik parametrelerinin nem içeriğine bağlı olarak değişimi	25
2.10 RF kurutucu	28
2.11 Tri-faz alternatif akımın (AC) radyo frekansa dönüşmesi	29
2.12 RF sistemlerinde jeneratör olarak kullanılan triyod tüp.....	29
2.13 Paralel-plakalı elektrot sistemi	33
2.14 Stray-field elektrot sistemi	33
2.15 Kaydırmalı (Staggered) Stray-Field sistemi	34
2.16 Kademeli alan sistemi	35
2.17 Pulse alanlı (darbeli) sistem	35
2.18 Vapo Dry RF/T (Stalam)	47
2.19 Hacimli kumaşlar için kullanılan TDF100 model RF kurutucu	47
2.20 Apollotex R makinesi	48

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.21 Tops boyamanın yapıldığı laboratuvar tipi Fastran marka RF makinenin şematik görünümü	56
2.22 Yün keçenin kurutulmasında yüksek frekans ve konvansiyonel kurutmanın karşılaştırılması	62
3.1 Bir reaktif boyarmaddenin yapısı	67
3.2 Reaktif boyarmaddede reaktif grupların düzenleri	67
3.3 Bir siyanürklorür reaktif boyarmaddenin selüloz ile reaksiyonu	71
3.4 Önemli reaktif grupların çektirme yönteminde temperatur aralıkları	74
3.5 Substitüentin varyasyonu ile oluşan substantivite farklılıkları	79
3.6 Reaktif boyarmaddelerin baskıda kullanımlarında etkili faktörler (Hoechst'e göre)	81
3.7 Buhar çeşitleri	89
3.8 Reaktif baskı sonrası son durulama adımından önceki yıkama prosesinin adımları (Hoechst'e göre)	92
5.1 a) Staggered Stray-Field elektrot sistemi uygulana 1 kW'lık RF kurutucu	105
b) Buhar jeneratörü ve Stray-Field elektrot sistemi uygulana 1 kW'lık RF kurutucu	105
5.2 Sabit konumda RF enerjisi ile fıkse edilen reaktif baskılı numune	105
5.3 Cibacron Red P-4B (15g/kg) ile baskıları yapılmış numuneler	106
5.4 100 g/kg üre, 35 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile Cibacron Red P-4B kullanılarak 15 g/kg koyulukta basılan ve RF kurutucudan kontinü olarak geçirilen numuneler	107
5.5 100 g/kg üre, 25 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile Cibacron Red P-4B kullanılarak 15 g/kg koyulukta basılan numuneler	108

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.6 100 g/kg üre, 25 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile 15 g/kg koyulukta Cibacron Red P-4B ile basılan numunelerin K/S grafiği	109
5.7 Baskı patında kullanılan farklı üre miktarlarına ve fiksaj şartlarına bağlı olarak baskılı numunelerin renk verimleri	110
5.8 Üresiz, 35 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile Cibacron Red P-4B kullanılarak 15 g/kg koyulukta basılan numunelere ait K/S grafiği	110
5.9 100 g/kg üre ve 35 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile Cibacron Red P-4B kullanılarak 15 g/kg koyulukta basılan numunelere ait K/S grafiği ..	111
5.10 150 g/kg üre ve 35 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile Cibacron Red P-4B kullanılarak 15 g/kg koyulukta basılan numunelere ait K/S grafiği...	112
5.11 250 g/kg üre ve 35 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile Cibacron Red P-4B kullanılarak 15 g/kg koyulukta basılan numunelere ait K/S grafiği...	112
5.12 100 g/kg üre ve 25 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile Cibacron Blue P-3R kullanılarak 15 g/kg koyulukta basılan numunelere ait K/S grafiği .	114
5.13 150 g/kg üre ve 25 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile Cibacron Blue P-3R kullanılarak 15 g/kg koyulukta basılan numuneler	115
5.14 Baskı patındaki farklı üre içeriklerine bağlı olarak Cibacron Blue P-3R ile 15 g/kg koyulukta basılan numunelere ait K/S grafiği	116
5.15 150 g/kg üre ve 25 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile Cibacron Turquoise P-GR kullanılarak 15 g/kg koyulukta basılan numuneler	117
5.16 150 g/kg üre ve 35 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile Cibacron Turquoise P-GR kullanılarak 15 g/kg koyulukta basılan numunelerin K/S değerleri	119
5.17 Radyo frekans kurutucunun işlem kabini	122

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.18 Geliştirilen radyo frekans kurutucu	122
5.19 Geliştirilen radyo frekans kurutucudan kumaş sevki	123
5.20 Baskı sonrası kurutma yapılmadan 2 dk radyo frekans enerjisi uygulanan reaktif baskılı numune	124
5.21 a) 100 ⁰ C’de 2 dk kurutma sonrası	125
b) Baskı sonrası kurutma yapılmadan 3,5 dk radyo frekans enerjisi uygulanan numune	125
5.22 İki fazlı reaktif baskı patıyla basılan ve radyo frekans enerjisi ile fiksaj işlemine tabi tutulan numune	125
5.23 Cibacron Red P-4B ile farklı miktarlarda üre içeren baskı patlarıyla basılan numunelerin renk verimleri	129
5.24 50 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması	133
5.25 100 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması	133
5.26 Üç boyutlu CIELAB renk uzayı	134
5.27 150 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması	136
5.28 200 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması	136
5.29 100 g/kg üre ve sentetik kıvamlaştırıcı içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması	137

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>		<u>Sayfa</u>
5.30	100 g/kg üre içeren, sentetik kıvamlaştırıcı ve alginat ile hazırlanan baskı patlarıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması	138
5.31	100 g/kg üre içeren patla 30 g/kg koyulukta baskıları yapılan ve ön buharlamanın (102 ⁰ C doymuş buhar şartlarında) uygulandığı numunelerin renk verimleri	139
5.32	100 g/kg üre içeren patla 30 g/kg koyulukta baskıları yapılan ve RF kurutucunun içerisine verilen buhar ile ön buharlamaya tabi tutulan numunelerin renk verimleri	140
5.33	100 g/kg üre içeren 5 g/kg koyulukta basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması	141
5.34	Cibacron Blue P-3R ile farklı miktarlarda üre içeren baskı patlarıyla basılan numunelerin renk verimleri	142
5.35	50 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması	146
5.36	100 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması	146
5.37	150 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması	149
5.38	200 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması	150
5.39	100 g/kg üre ve sentetik kıvamlaştırıcı içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması	151

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.40 100 g/kg üre içeren, sentetik kıvamlaştırıcı ve alginat ile hazırlanan baskı patlılarıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması	152
5.41 100 g/kg üre içeren patla 30 g/kg koyulukta baskıları yapılan ve RF kurutucunun içerisine verilen buhar ile ön buharlamaya tabi tutulan, numunelerin renk verimleri	153
5.42 100 g/kg üre içeren 5 g/kg koyulukta basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması	154
5.43 Cibacron Turquoise P-GR ile farklı miktarlarda üre içeren baskı patlılarıyla basılan numunelerin renk verimleri	155
5.44 50 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması	159
5.45 100 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması	160
5.46 150 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması	161
5.47 200 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması	161
5.48 150 g/kg üre ve sentetik kıvamlaştırıcı içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması	163
5.49 150 g/kg üre içeren, sentetik kıvamlaştırıcı ve alginat ile hazırlanan baskı patlılarıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması	163

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.50 100 g/kg üre içeren patla 30 g/kg koyulukta baskıları yapılan ve ön buharlamanın (102 ⁰ C doymuş buhar şartlarında) uygulandığı numunelerin renk verimleri	164
5.51 150 g/kg üre içeren patla 30 g/kg koyulukta baskıları yapılan ve ön buharlamanın (102 ⁰ C doymuş buhar şartlarında) uygulandığı numunelerin renk verimleri	165
5.52 100 g/kg üre içeren patla 30 g/kg koyulukta baskıları yapılan ve RF kurutucunun içerisine verilen buhar ile ön buharlamaya tabi tutulan, numunelerin renk verimleri	166
5.53 150 g/kg üre içeren patla 30 g/kg koyulukta baskıları yapılan ve RF kurutucunun içerisine verilen buhar ile ön buharlamaya tabi tutulan, numunelerin renk verimleri	167

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Radyofrekans ve mikrodalga yöntemlerinin genel özellikleri	13
2.2 Bazı maddelerin kayıp faktörleri (25 ⁰ C ve 1 MHz’de)	20
2.3 Liflerin 27,12 MHz ve standart şartlarda kayıp faktörleri	22
2.4 Maksimum güç yoğunlukları, kW/m ³ , E=100 kV/m	23
2.5 Bazı maddelerin dielektrik sabitleri ve kayıp faktörleri	26
2.6 İyonların RF ortamında kurutmaya etkisi	27
2.7 Çeşitli üreticilerin standart RF kurutucu büyüklükleri	37
2.8 Farklı materyallerin kurutma sırasında nisbi enerji tüketimi	42
2.9 Bir tekstil fabrikasında konvansiyonel buharlayıcı ile yüksek frekans kurutucunun maliyetlerinin karşılaştırılması	42
3.1 Reaktif boyarmaddelerin avantaj ve dezavantajları	66
3.2 Reaktif boyarmaddelerde farklı boyarmadde sınıflarının ve kromoforlarının özeti	68
3.3 Farklı reaktif gruplar	75
3.4 Bireaktif ve trireaktif boyarmaddelerin çeşitleri	77
4.1 Tez çalışmada kullanılan kumaşın özellikleri	97
4.2 Pamuklu kumaşın hidrofilite değerleri	97
4.3 Çalışmada kullanılan boyarmaddeler	98
5.1 Renk verimi (K/S değeri) dikkate alınarak radyo frekans enerjisi ile fiksajda önemli parametreler	126
5.2 Radyo frekans enerjisi varlığında ve yokluğunda renk verimine bağlı olarak fiksaj yöntemlerinin istatistiki olarak değerlendirilmesi	127

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

Çizelge	Sayfa
5.3 Radyo frekans enerjisi ile fiksajda önemli olan parametrelerin birbirleriyle etkileşimleri	128
5.4 Cibacron Red P-4B boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin renk verimi değerlerini etkileyen parametrelerin SPSS programıyla değerlendirilmesine ilişkin sonuçlar	130
5.5 Cibacron Red P-4B boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin SPSS programı ile fiksaj yöntemleri esas alınarak renk verimlerinin değerlendirilmesi	131
5.6 Cibacron Red P-4B boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin SPSS programı ile baskı patındaki üre miktarı esas alınarak renk verimlerinin değerlendirilmesi	131
5.7 Cibacron Red P-4B boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin SPSS programı ile fiksaj süreleri esas alınarak renk verimlerinin değerlendirilmesi	132
5.8 Cibacron Red P-4B boyarmaddesi ile 100 g/kg üre kullanılarak baskıları yapılan numunelerin Lab değerlerine ait ölçüm sonuçları	135
5.9 Cibacron Blue P-3R boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin renk verimi değerlerini etkileyen parametrelerin SPSS programıyla değerlendirilmesine ilişkin sonuçlar	143
5.10 Cibacron Blue P-3R boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin SPSS programı ile fiksaj yöntemleri esas alınarak renk verimlerinin değerlendirilmesi	144

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

Çizelge	Sayfa
5.11 Cibacron Blue P-3R boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin SPSS programı ile baskı patındaki üre miktarı esas alınarak renk verimlerinin değerlendirilmesi	144
5.12 Cibacron Blue P-3R boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin SPSS programı ile fiksaj süreleri esas alınarak renk verimlerinin değerlendirilmesi	145
5.13 Cibacron Blue P-3R boyarmaddesi ile 100 g/kg üre kullanılarak baskıları yapılan numunelerin Lab değerlerine ait ölçüm sonuçları	148
5.14 Cibacron Turquoise P-GR boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin renk verimi değerlerini etkileyen parametrelerin SPSS programıyla değerlendirilmesine ilişkin sonuçlar	156
5.15 Cibacron Turquoise P-GR boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin SPSS programı ile fiksaj yöntemleri esas alınarak renk verimlerinin değerlendirilmesi	157
5.16 Cibacron Turquoise P-GR boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin SPSS programı ile baskı patındaki üre miktarı esas alınarak renk verimlerinin değerlendirilmesi	157
5.17 Cibacron Blue P-3R boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin renk verimi değerlerini etkileyen parametrelerin SPSS programıyla değerlendirilmesine ilişkin sonuçlar	158
5.18 Cibacron Red P-4B ile 100 g/kg üre kullanılarak baskıları yapılan numunelerin farklı yöntemlerle fiksajları sonucu özgül enerji tüketimleri	169

1. GİRİŞ

Terbiye işlemleri arasında önemli ve yüksek maliyetli kısmı oluşturan proses kurutmadır. Yüksek frekanslı endüstriyel uygulamaların amacı; daha az enerji tüketimi ile klasik sistemlerde elde edilen mamul kalitesinde veya daha kaliteli mamullerin eldesini sağlamaktır. Radyo frekans kurutma, kurutulacak materyalin bir dizi paralel plaka ya da elektrot (aplikatör olarak da isimlendirilmektedir) arasında, radyo-frekans jeneratörü tarafından oluşturulan yüksek frekanslı elektrik alanında kurutulması esasına dayanmaktadır. Radyo frekans teknolojisi kısa işlem sürelerinde ürüne hiçbir zarar vermeden üniform bir ısıtma sağlamaktadır. Konvansiyonel ısıtma yöntemleriyle saatler veya günler gerektiren işlemler RF ısıtma ile birkaç saatte hatta dakika seviyesinde tamamlanabilmektedir. Yüksek frekans enerjisi endüstriyel kurutma işlemlerinde uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Tekstil endüstrisinde açık elyaf, tops, çile ve bobinlerin kurutulması için farklı sistemler başarıyla uygulanmakta kumaş formundaki yüzeyler için ise yaygın bir kullanım olmamakla birlikte birkaç firmaya ait radyo frekans kurutucu bulunmaktadır. Kumaş formundaki tekstil mamullerinin kurutulmasında Türkiye’de henüz radyo frekans enerjisi kullanılmamakta ve imalatı yapılmamakta, buhar kombineli radyo frekans kurutucu kombinasyonu ise dünyada uygulanmamaktadır.

Bu projede ilk aşamada RF kurutucularla buhar kombinasyonunun, kumaş formundaki baskılı tekstil yüzeylerinin fiksajları için kullanılabilecek prototip makinenin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Kumaş için en uygun aplikatör dizaynı üzerinde çalışılmış daha sonra laboratuarda yapılan denemeler doğrultusunda iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Daha sonra reaktif boyarmaddeler kullanılarak tek fazlı baskılar sistematik olarak yapılmış, standart fiksaj yöntemleri ile radyo frekans+ buhar kombinasyonunun sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu sayede baskı fiksajında radyo frekans enerjisinin kullanılabilirliği araştırılmış, işlem süresinin kısaltılması ve veriminin artırılması ile üretim maliyetinin düşürülmesi amaçlanmıştır.

2. YÜKSEK FREKANS KURUTMA

Isıtma; belirli miktar enerjinin ürüne, çeşitli enerji dönüşümleri ve transfer adımları aracılığıyla ısı formunda verilmesi anlamına gelmektedir. Isıtma teknolojileri, ısıyı oluşturan kaynaktan ürün kütleline enerjinin nasıl transfer edildiğine göre indirekt ve direkt yöntemler olarak ikiye ayrılabilir:

a) İndirekt yöntemler: İndirekt yöntemlerde ısı ürünün dışında üretilmektedir. Ürünün dış yüzeyi aracılığıyla;

- kontakt /iletim (ürün ısı kaynağıyla temas halindedir),
- konveksiyon /taşıma (sıcak hava, buhar vb. vasıtasıyla ısıtma yapılır),
- radyasyon /ışınım (ısı ürünün yüzeyine uygun frekanslardaki elektromanyetik dalgalar ile gönderilmektedir; kızılötesi ışınlarla ısıtma gibi)

şeklinde ürüne transfer edilmektedir.

b) Direkt yöntemler: Direkt yöntemler; indirekt yöntemlerden farklı olarak ısıyı dışarıdan içeriye transfer etmek yerine ısıyı ürünün içerisinde oluşturmaktadır.

Ürünün yüzeyinden merkezine doğru olan ısı transferinin hızı, ürünün ısı iletkenliğine ve ürünün yüzeyiyle merkezi arasındaki sıcaklık farkına bağlıdır. Genelde ürünün düşük ısı iletkenliği nedeniyle hızlı ısı transferi sağlamak için yüksek sıcaklıklar uygulanmakta bunun sonucunda ise yüzeyin aşırı ısınması ve bozulması söz konusu olmaktadır. Diğer bir ifadeyle, ısıyı dışarıdan uygulanması ve ısıyı ürünün merkezine gitmesi zorunluluğu, konveksiyonel ısıtmada problemlere neden olmaktadır. Elektriksel iletkenliği düşük maddelerin aynı zamanda ısı iletkenliği de düşük olduğundan, bu tip maddelerin ısıtılması uzun sürmektedir. Ürünün merkezinin istenen sıcaklığa ulaşmasından önce yüzey kısmı aşırı ısınmaktadır.

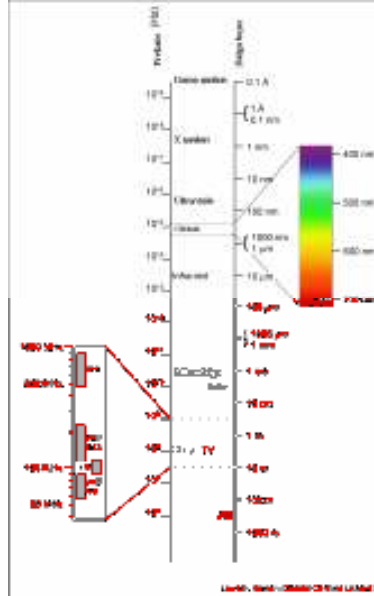
Yüksek frekanslı elektromanyetik alanlar (tipik olarak radyo frekans ve mikrodalga), bir maddeye uygulandığında, onun içine işlemekte ve o kütlenin her yerinde ısı enerjisiye dönüştürülmektedir. Oluşturulan ısı miktarı, ürünün spesifik kimyasal-fiziksel özelliklerine ve uygulanan frekansa bağlıdır. Isının ürünün içerisinde oluşturulduğu, harici bir ısı kaynağından getirilmediği bu ısıtma yöntemi; volümetrik (hacimsel) veya içsel (endojenik) ısıtma işlemi olarak adlandırılmaktadır (Stalam Spa).

2.1 Yüksek Frekans Sistemleri

Yüksek frekanslı kurutucular, çalışma frekansına ve bu frekanslardaki alternatif akımın elde edilme şekline göre dielektrik ısıtma ve mikrodalga olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Tarakçıoğlu, 1978). Radyofrekans (RF) ve mikrodalga ısıtma (MD); temel prensipler bakımından aynıdır. Sadece uygulanan frekans; elektrik alanı ve aplikatör dizaynları farklıdır. Radyo frekansı, 1 MHz-100 MHz, mikrodalgalar ise 30 MHz-30.000 MHz arasında yer almaktadır (Donmaz ve Miles 1984). Haberleşmede karışıklığa neden olmamak amacıyla her ülkede belli frekans bandlarına izin verilmektedir. Endüstriyel, tıbbi, ve bilimsel uygulamalar için, farklı frekanslarda RF ve MD bantları tasarlanmıştır. RF bölgesinde endüstriyel frekanslar 13.56, 27.12 ve 40.68 MHz olup MD için ise aralık 910- 2850 MHz'dir (Cato et al, 1993). Diğer frekanslar telekomünikasyon, radar vb. için ayrılmıştır. 2450 MHz radyasyon (ısıtma) başlıca ev tipi fırınlarda ve diğer düşük güçlü ısıtma sistemleri gibi uygulamalarda kullanılırken, yüksek güçlü ısıtma teçhizatları 900 MHz frekansta daha rahat çalışabilmektedir (Delaney, 1972). RF dalgasının genişliği (dalga boyu) 36 feet, mikrodalgaların 0,4 feet'tir. Radyo frekans dalgaları uzun dalga boylarına sahip olduklarından, mikrodalgalara kıyasla daha büyük maddelere penetre olabilmektedirler (Cato et al, 1993). Mikrodalgalar esasen yüksek frekanslı radyo dalgalarıdır. Elektromanyetik yelpaze duyulabilir frekanslardan (düşük frekans, yüksek dalga boyu),

radio dalgası, mikrodalga, infrared, görülebilir, ultraviyole ve X ışınlarına (yüksek frekans, kısa dalga boyu) uzanmaktadır.

Elektromanyetik spektrumdaki RF ve MD frekansları Şekil 2.1’de gösterilmektedir.



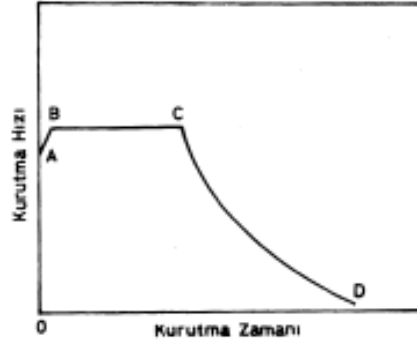
Şekil 2.1 Elektromanyetik spektrum

2.2 Yüksek Frekans Kurutma Sistemlerinin Kurutma Kinetiği

Yaş bir işleme tabi tutulmuş veya yıkanmış bir tekstil mamulü, banyodan hiç sıkmadan çıkarıldığında üzerinde ağırlığının %150-300’ü kadar su bulunmaktadır. Bu suyun uzaklaştırılması ön kurutma (sıkma, santrifujlama, emme veya püskürtme) ve esas kurutma işlemleri olarak iki adımda yapılmaktadır (Tarakçıoğlu I., 1978).

Nemli tekstil mamüllerinin ısı enerjisiyle kurutulmalarında (esas kurutma) kurutma işlemi süresince ısı transferi ile beraber, mamülden ortam havasına kütle transferi gerçekleşmektedir. Ancak işlem gören materyalin yapısına ve nem oranına bağlı olarak kütle transferi, ısı transferinden bağımsız olarak değişim göstermektedir.

Şekil 2.2’de herhangi bir tekstil malzemesinin kurutma işlemi süresince kurutma hızı-kurutma zamanı değişimi şematik olarak gösterilmiştir. Burada AB bölgesi ısınmaya hazırlık kısmı olmakta ve mamül üzerindeki fazla sıvı nedeniyle kurutma hızı artış göstermektedir. Bu aşamada kurutma havası sıcaklığı, nemi ve hızı kurutma hızını etkileyen parametrelerdir. BC bölgesi ise sabit hızda kurutma devresidir, kurutma dengededir ve kurutma hızı kurutma havasının özelliklerinin değişimine bağlıdır. BC bölgesinde kütle transfer olayı ısı transferi ile dengelenmiş bulunmaktadır. Ancak malzemedeki nem miktarı azalmaya başladıkça, kılcal boşluklardaki sürtünme direncinin artması, iç dokunun yüzeye sıvı transferini güçleştirmekte ve böylece yüzeyin sürekli nemli kalması zorlaşmaktadır.

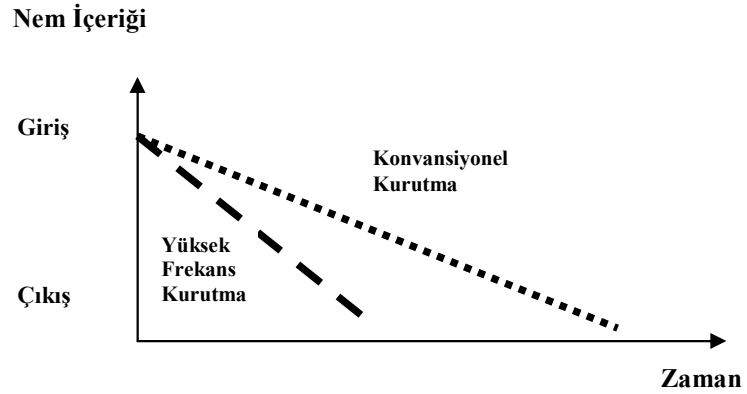


Şekil 2.2 Tekstil ürünlerinde kurutma aşamaları (Oğulata, 1999).

Sabit hızda kurutma devresinin sona erdiği C noktası, kritik nokta olarak ifade edilmekte ve bu noktadan sonra kütle transferinde sürekli bir azalma gözlenmektedir. CD bölgesi azalan kurutma devresi olmakta ve burada tekstil mamülü içerisinde bulunan şişme suyu ve higroskopik nemin mamülün yüzeyine transferi gerçekleşmektedir. Oldukça yavaş bir kurutma hızının elde edildiği azalan kurutma devresinde, mamül yüzeyinde kurulukların oluşması ve yüzey sıcaklığının yüksek değerlere çıkması ile kritik nem değerinin aşılması sonucu higroskopik nem kaybı, üründe yapı ve kalite bozuklukları görülebilmektedir. Özellikle higroskopik nem

kaybının geri kazanımının güç olduğu tekstil ürünlerinde kurutma işleminin, kritik nem değerinin aşılmadığı BC bölgesinde (sabit hızda kurutma devresi) yapılması gereklidir (Oğulata, 1999).

Şekil 2.3’de konvansiyonel sistem ile yüksek frekans kurutmanın karşılaştırılması görülmektedir.

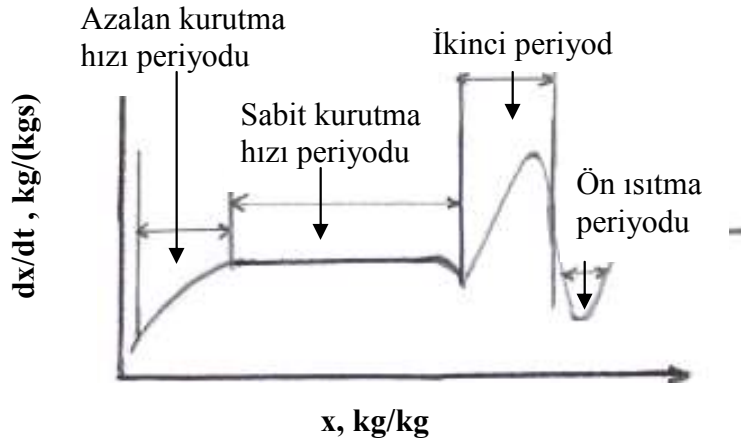


Şekil 2.3 Yüksek Frekanslı Kurutma Sistemleri ile Konvansiyonel Kurutma Sistemlerinin Karşılaştırılması

Yüksek frekanslı kurutma sistemlerinde, kurutma malzemenin her tarafında birden başlamakta, kurutma işlemi hızlı gerçekleşmekte ve süreden kazanç sağlanırken üretimdeki artış da kaydadeğer hale gelmektedir. Cihazın hazırlanması için bekleme süresinin olmayışı enerji tasarrufu sağlamaktadır. Yer ihtiyacı fazla değildir. Elektrik bağlantıları ve işlem sırasında çıkan buharın atılması için kurulacak baca bağlantısıyla sistem hazırdır. Çevreyi kirletmemektedir. Kirlenme riski olmaksızın farklı renkte mamuller birlikte kurutulabilmektedir. Elektrik kesilmesi gibi durumlarda kurutma işlemi otomatik olarak durmakta ve mamul zarar görmemektedir (Ulcay vd., 2002).

Literatürde belirtildiği üzere, dielektrik kurutmanın su uzaklaştırma prensibi ile konvansiyonel kurutmanınki oldukça benzerdir. Bununla beraber, ısının materyalin içerisinde oluşması bazı farklılıklar meydana getirmektedir. Dielektrik kurutmada materyalin sıcaklığını sıvının kaynama noktasına kadar yükseltmek mümkündür. Yaş

mamulün içerisinde gerçekleşen yoğun buharlaşma ve materyal yapısından kaynaklanan akışa karşı direnç nedeniyle bir içsel basınç gradienti oluşmaktadır. Bu, sabit kurutma hızı periyodundaki kütle transferinin ana itici gücünü oluşturmaktadır. İçsel ısı oluşumu nedeniyle, materyal içinde pozitif bir sıcaklık gradienti meydana gelmektedir. Bu da sıcaklığın daha düşük olduğu (daha düşük buhar basıncı) materyal yüzeyine doğru bir nem hareketine neden olmaktadır. Bu hareket sıvı, buhar ya da moleküler akım şeklinde olabilmektedir. Genel olarak dielektrik kurutma prosesi dört periyotta incelenmektedir (Şekil 2.4) (Strumillo and Kurda, 1986).



Şekil 2.4 Dielektrik kurutma prosesine ait periyotlar

1. Ön ısıtma periyodu: Yaş mamulün sıcaklığı, sıvının kaynama noktasına kadar yükselebilmektedir. Bu periyotta, nem kaybı olmamaktadır ve materyal içerisindeki basınç, atmosfer basıncına eşit olarak kabul edilebilmektedir.
2. İkinci periyotta akışa karşı direnç ve güç girdisi nedeniyle materyal içerisinde basınç yükselmesi meydana gelmektedir. Materyal içerisinde oluşan buhar yüzeye doğru çıkmaktadır.
3. Sabit kurutma hızı periyodu (sabit güç girdisi için): Materyal içerisindeki buharlaşma hızı absorbe edilen güç ve içten dışa buhar geçişine karşı olan direnç ile belirlenmektedir.

4. Azalan kurutma hızı periyodu: Materyalin nem miktarındaki düşüşle birlikte, absorbe edilen güç azalmaktadır. Eger materyalin kuru maddesi de elektromanyetik enerjiyi absorbe edebiliyor ise, düşük nem içeriğinde materyal sıcaklığı yükselebilmektedir.

Yukarıda bahsedilen ideal kurutma kinetikleri ancak belirli koşullar için geçerlidir (örneğin yüksek nem içeriğine sahip, kapılar boşluklu materyaller için). Son araştırmalarda kurutma kinetiklerinin aşağıdaki faktörlerden de etkilendiği belirtilmektedir:

- Buharlaşıma için gerekli gizli ısıyı sağlayan enerji kaynağı (sadece dielektrik kurutma ya da dielektrik kurutma ile kombine soğuk veya sıcak hava)
- Yaş materyalin higroskopik özellikleri (higroskopik olmayan, yarı-higroskopik, kuvvetli higroskopik)
- Materyalin yapısı, ısı ve nem transferine karşı direnci (ihmal edilebilen ya da önemli direnç)
- Güç yoğunluğu (kuvvetli ya da orta ısı üretimi)

Yukarıdaki durumlara bağlı olarak ön ısıtma periyodu ile basınç artışı periyodu gözlenmeyebilmektedir (Strumillo and Kurda, 1986).

2.3 Yüksek Frekans Kurutmanın Prensibi

Elektromanyetik enerji, manyetik alanda depolanan ve alternatif (dalgalı) elektrik tarafından yayılan bir enerji formudur. Elektromanyetik dalga gibi boşlukta yayılmaktadır. Bu yüzden *dalga boyu*(λ), *frekans*(f), *manyetik alan kuvveti* (H) ve *elektriksel alan kuvveti* (E) ile karakterize edilmektedir.

Yüksek frekans kurutmanın sadece polar moleküllerle mümkün olduğuna dikkat çekmek gerekmektedir. Dipolar olmayan (yüklenmeyen) materyaller; elektriksel alan

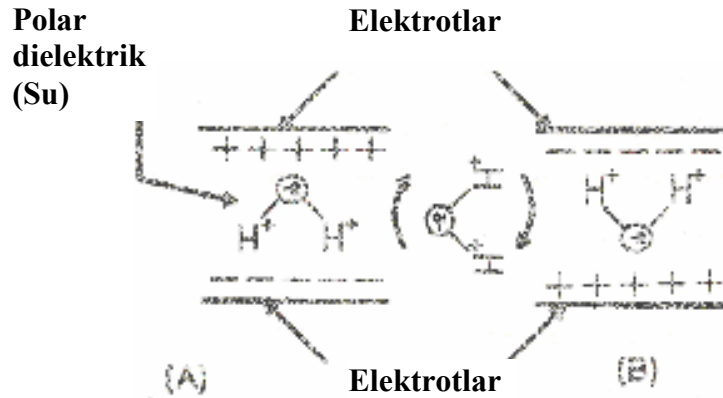
asimetrik molekülleri etkilemediği için ısınmamaktadır. Polar olmayan maddeler etkilenmezken su gibi polar maddeler (yüksek polar), yüksek frekanslı bir değişken alanın (alternatif alanın) etkisi altında çok hızlı ısınmaktadır (Holland, 1986). Isıtma en çok su olan yerde gerçekleşmektedir. Bu nedenle, daha yaş kısımlar daha yüksek sıcaklığa çıkabilmektedir. Bunun bir sonucu olarak, nem profilini düzenleyen bölgesel bir buharlaşma meydana gelmektedir ve genellikle kurutma hızı nem ve sıcaklık gradienti arasındaki bu ilişki sonucu artmaktadır (Strumillo and Kurda, 1986).

Gerek RF ve gerekse MD teknolojilerinde materyal içindeki ısı üretimi, polarizasyon mekanizmaları vasıtasıyla olmaktadır. Materyal içinde bulunan yüklü gruplar bir alternatif elektrik alanında polarize olabilmektedir. Polarizasyon yardımıyla materyal içinde meydana gelen moleküler sürtünme, ısı oluşumuna neden olmaktadır (Donmaz, Kanık 1993).

Bir elektrik alan uygulamasında, dielektrik materyallerin polarizasyonunda pek çok mekanizma vardır. Elektronlarla atomik çekirdekler yer değiştirdiğinde meydana gelen indüklenmiş momente “*Elektronik polarizasyon*” denilmektedir. Bu tip polarizasyon, spektrumda görülebilir dalga ya da ultraviyole frekanstadır. Elektronik polarizasyonda çok kısa bir dielektrik kaybı vardır. Dielektrik kaybındaki bu miktar toplam ısınmaya çok az katkı sağlamaktadır. Moleküllerdeki elektron dağılımı, karşıt yüklü iki iyon hazır bulunduğu halde simetrik değildir. Dış alan uygulamalarında bu iyonların yörüngelerinden sapmalarıyla oluşan indüklenmiş dipol momente “*Atomik polarizasyon*” denilmektedir, spektrumda infrared bölgesindedir, elektronik polarizasyona benzerdir. Atomik polarizasyonun dielektrik kaybı azdır dolayısıyla toplam ısınmaya katılımı da düşük olmaktadır (Ulcay vd., 2002).

Su molekülleri kovalent bağlarla birbirine bağlanan iki hidrojen ve bir oksijen atomundan ibarettir. Su molekülündeki oksijen – hidrojen bağları 105^0 'lık bir açıda

bulunmaktadır. Oksijen hidrojene nazaran daha elektronegatif olduğundan bağlar polar olup elektronlar molekül etrafında eşit dağılmamış ve oksijen çekirdeği etrafında daha fazla kümelenmiştir. Bunun sonucu olarak molekül sürekli dipol moment özelliği kazanmaktadır. Su molekülleri dipol oluşturdıklarından, kondansatör levhalarının + ve – yüklü oluşuna göre belirli bir yerleşme şekli almak istemektedir. Fakat yüksek frekanslı alternatif akım kullanıldığından, kondansatör levhalarının yükü devamlı olarak değişmekte buna bağlı olarak da su moleküllerinin yerleşme şekli de devamlı olarak değişim göstermektedir. Saniyede milyonlarca kere tekrarlanan bu değişim sırasında; moleküllerin sürtünmesi sonucu açığa çıkan ısı, suyun buharlaşmasının sağlamaktadır. Kurutucu içerisinde, iyonik iletim ve/veya materyal içerisindeki su moleküllerinin dipolar vibrasyonu sonucu ısı açığa çıkmaktadır. Materyal içerisindeki ısıtılacak su molekülleri, radyo dalgaları etkisiyle, normal pozisyonları etrafında dönmektedir (Şekil 2.5). Su moleküllerinin dönmesi sonucu oluşan sürtünme kuvveti ısınmayı sağlamaktadır (Stalam Spa). Yeterli ısı oluşturulduğunda, su buhara dönüşmekte ve materyalden uzaklaşmaktadır. Böylece materyalin kuruması sağlanmaktadır. Kurutulan materyalin üzerine ve kamaranın iç yüzeylerine açığa çıkan buharın yoğunlaşmaması için kurutucu kamarası içerisinde hava sirküle edilmelidir. Üstteki elektrotlar ile materyal arasındaki havanın dielektrik özelliğindeki değişimlerin engellenmesi amacıyla kurutma kamarasında açığa çıkan buhar mümkün olduğunca çabuk uzaklaştırılmalıdır.



Şekil 2.5 Su moleküllerinin alternatif elektrik alanda hareketleri

2.4 Mikrodalga (MD)

Çok geniş bir frekans spektrumuna sahip mikrodalgalar, XX. yüzyılın başından itibaren önemli bilimsel ve teknolojik gelişmeler göstermiş, daha çok telekomünikasyon alanında kullanımları amaçlanmış ve bu alanda çok önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. XX. yüzyılın ikinci yarısından itibaren mikrodalgaların telekomünikasyon uygulamaları dışında endüstriyel proseslerde de kullanılabileceği ortaya çıkmış ve bu uygulamalar giderek artmıştır (Oktay, 2005). Amerika ve Avrupada sanayinin değişik alanlarında mikrodalga ısıtma ve kurutmanın uygulanmasına rağmen Türkiye’de bu sistemlerin fazla bilinmemesi ve tehlikeli olduğu düşüncesi kullanımlarını sınırlamıştır. Kahramanmaraş’ta ODTÜ, KOSGEB desteği ve Türk-İsrail ortak sermayesi ile yapılmış, bölgenin tüm biber kurutma ihtiyacını karşılayacak kapasiteye sahip bir tesis bulunmakta ancak çok düşük bir verimle çalışmaktadır. İstanbul Kartal’da da mikrodalga ile sandviç ekmeği hazırlayan bir tesis mevcuttur.

Mikrodalga

- Çay, tuz, biber kurutma işlemlerinde
- Tıbbi ve katı atıkların hijyeninin sağlanmasında
- Ağaç içerisinde bulunan kurtların öldürülmesinde
- Gıda maddelerinin kurutulmasında
- Gıda maddelerinde oluşan bakterilerin sterilizasyonunda
- Buz çözme işlemlerinde
- Bazı kimyasal reaksiyonların hızlandırılmasında kullanılmaktadır (Çakı, 2005).

Endüstriyel uygulamalarda mikrodalga frekanslarında çalışan sistemlerin kullanımının faydaları aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir:

- Sterilizasyon ve ürün maliyetini düşürme: Mikrodalga sistemleri, konvansiyonel kurutma sistemlerine göre daha az yer kaplamaktadır. Daha az yer ihtiyacı ardışık olarak yapılmak istenen kurutma işlemlerinde otomasyona geçilmesinin zorunlu hale getirmekte bu da iş gücünü azaltmaktadır. Özellikle gıda maddelerini mikrodalga ile kurutma işlemlerinde ürün steril hale geleceğinden, çok daha az maliyetle standartlara uygun steril ürün elde etme imkanı doğmaktadır.
- Daha az enerji sarfıyatı: Mikrodalga ile ısıtma ve kurutma işlemlerinde konvansiyonel metodlardan farklı olarak, ürünün bulunduğu sistemin ısıtılmasına gerek kalmadan verilen enerji sadece ürünün ısıtılmasına harcadığından büyük bir enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Ürünün içerdiği su ısındığı için ürün ısınmaktadır.
- Isıtma kolaylığı: Sadece gıdayı ısıtarak paketli gıdaları ısıtabilme olanağı sağlamaktadır.
- Daha az yer ihtiyacı
- Homojen ısıtma (Çakı, 2005).

MD güç üretim cihazlarına verilen genel isim, magnetron ya da klitron, RF’da ise triyod tüptür. MD’da güç çıkışı 2,5-5,0 kW’tır (Ulcay vd., 2002). Magnetronların (ya da klitronların) pratik kullanımları zor, maliyetleri yüksek, yapıları daha komplikedir. RF ile 100 kW’a kadar güç çıkışları kolaylıkla elde edilebilmektedir. MD sistemlerinde yüksek güç eldesi ancak çok sayıda MD ünitesinin paralel veya seri olarak birbirlerine bağlanmasıyla mümkün olmaktadır (Donmaz, Kanık 1993). 896/915 MHz frekanslarda tek bir birimin olağan çalışma çıktısı 30 kW’tır ve mikrodalga dönüştürme verimi % 70-80 civarındadır. 2450 MHz’de, tek bir birimin maksimum çalışma çıktısı 6 kW’tır ve dönüştürme verimliliği % 50-60 civarındadır ((Strumillo and Kurda, 1986).

Radyofrekans ve mikrodalga yöntemlerinin genel özellikleri Çizelge 2.1’de sunulmaktadır (Strumillo and Kurda, 1986).

Çizelge 2.1 Radyofrekans ve mikrodalga yöntemlerinin genel özellikleri

Özellik	Radyofrekans	Mikrodalga
Frekans/dalga boyu (serbest boşluk)	13,56 MHz / 22,2 m 27,12 MHz / 11,1 m	896 MHz / 0,3 m 2450 MHz / 0,12 m
Güç kaynağı	‘C’ sınıfı triyod	Magnetron
Jeneratör verimliliği	% 50-80	% 70-80 (896 MHz) %50-60 (2450 MHz)
Ana üreteçten mamule transfer edilen gücün ortalama verimliliği	≤ % 50	≤ % 60
Ticari olarak mevcut tek bir birimin gücü	600 kW tipik üniteler 12, 25, 50, 75 kW	30-60 kW (896 MHz) 6 kW (2450 MHz)
Güç absorpsiyonunun mekanizması	İyonik iletim, daha küçük oranda dipol komponent	Dipollerin rotasyonu, iyonik iletim

Mikrodalga kurutucunun temel elemanı bir aplikatördür. Aplikatörde beslenen elektromanyetik enerji, kurutulacak materyal tarafından absorbe edilmektedir. Magnetron veya klistron tarafından üretilen güç, dikdörtgen biçiminde metal tüp ile aplikatöre transfer edilmektedir. Pratikte çok modlu (multi-mode) fırın aplikatörler, tek-modlu (single-mode) titreşimli boşluklar ve hareketli dalga aplikatörleri olmak üzere üç tip aplikatör bulunmaktadır. Çok modlu fırın, bir metal kamaradan ibarettir ve kurutulacak mamul kamaranın içerisindeyken dalga kılavuzu ya da anten yardımıyla alınan mikrodalgalarla işleme tabi tutulmaktadır. Elektromanyetik dalgalar kamara duvarlarına çarpmakta ve yansıtılmaktadır (Strumillo and Kurda, 1986).

MD ısıtmada ekzotermik reaksiyonlar sonucu numunede aşırı ısılar meydana gelmektedir. Ancak bunlar mikrodalga gücün aç-kapa kontrolüyle büyük oranda azaltılabilmektedir (Ulcay vd., 2002). Elektrik alan enerjisi materyali geçtiğinde

enerjide azalma meydana gelmektedir. Bu kalın materyallerin prosesinde çok önemli olup numunenin yüzeyinden içine olan uzaklığın bir fonksiyonu olarak bilinmektedir. Bu uzaklığa penetrasyon derinliği (d) denilmektedir. Penetrasyon derinliği (d) aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

$$d = \frac{C}{2\pi f \epsilon'_R \tan \delta}$$

C: Işık hızı

f: Frekans

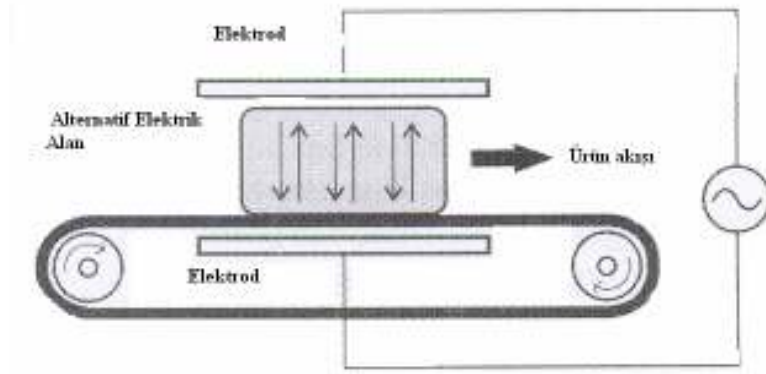
ϵ'_R : Materyalin dielektrik sabiti

$\tan \delta$: Kayıp faktörü

Mikrodalgaların, seramik, polimer, kompozit materyaller gibi elektrik yalıtkanlığı bulunan maddelerde önemli mesafelere kadar nüfuz edebileceği bilinmektedir. Penetrasyon derinliği, materyalin dielektrik ve manyetik özellikleri, mikrodalganın frekans değeri gibi pek çok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Penetrasyon sırasında absorbe edilen bir miktar enerji materyal içerisinde ısı oluşumuna yol açmaktadır. Hacim içerisinde ısı yükselişi gerçekleşmektedir. Konvansiyonel sistemlerde dıştaki ısıtma kaynağından materyalin dış yüzeyine ısı transfer edilmekte, dış yüzey ısınmakta, sonra soğuk iç bölgelere ısı yayılımı başlamaktadır. Bu fark; yüzeyde aşırı ısınma olmadan hızlı hacimsel ısınmayı, özellikle düşük ısı iletkenliği olan materyaller için, kurutulmaları sırasında yüzey efektlerinin mümkün olduğunca azaltılabilmesini, gözenekli materyallerden gaz ya da bağlayıcıların uzaklaştırılabilmesini, gözenekli ya da boşluklu yapının engellenebilmesini sağlamaktadır (Ulcay vd., 2002). Mikrodalgalar materyale çok kısa bir sürede nüfuz edip tüm hacimde ısınmayı sağladıkları için migrasyon göz ardı edilebilmektedir (Donmaz ve Miles, 1988).

2.5 Radyo Frekans (RF) Kurutma

Tekstil, seramik, gıda ve ağaç sanayinde uygulanan RF kurutma, kurutulacak materyalin bir dizi paralel plaka ya da elektrot (aplikatör olarak da isimlendirilmektedir) arasında, radyo-frekans jeneratörü tarafından oluşturulan yüksek frekanslı elektrik alanında kurutulması esasına dayanmaktadır (Şekil 2.6) (Cato et al, 1993, Schumacher, 1996), Balakrishnan et al, 2004, Electrotechnologies Energy Efficiency Guide,2006).



Şekil 2.6 RF kurutucuda paralel plaka konfigürasyonu

İki elektrot (kondensatör plakaları olarak görev yapan) arasında bulunan bir materyale yüksek frekans uygulanırsa; tatbik edilen frekansa uygun olarak gerilimin polaritesi değişmektedir. 27,12 MHz bir frekans, saniyede 27 120 000 defa polarite değişimi demektir (Holland, 1986). Yaş bir ürün radyo frekans alanına konulduğu zaman, “dielektrik histerezis” nedeniyle elektromanyetik enerji ürün tarafından absorbe edilmekte ve ürünün iç sıcaklığı artmaktadır. Polar moleküllerin gördüğü iş, ısı olarak ortaya çıkmaktadır. Yeterli miktarda RF enerjisi sağlandığı zaman, su buharlaşmakta ve ürünü terk etmekte, böylece ürün kurumaktadır (Stalam Spa).

2.6 Yüksek Frekans Kurutmanın Verimliliğine Etki Eden Parametreler

2.6.1 Elektromanyetik alanın özellikleri

Dielektrik maddelerin tümünün elektromanyetik enerjiyi ısıya çevirme yeteneği yoktur. Maddenin kimyasal ve fiziksel özellikleri, sıcaklığı, mukavemeti ve elektromanyetik alanın frekansı bu yeteneği belirleyen birkaç faktör arasında sayılabilmektedir.

Yüksek frekans kurutucunun elektriksel alanında farklı materyaller (nemli materyal içindeki su, kurutulacak life göre yaklaşık yüz kez daha kuvvetli) farklı yoğunlukta enerji almaktadır. Bu, su moleküllerinin yüksek frekans alanında saniyede 10-30 milyon kez yönlerini değiştirmeleri ve titreşimlere uğramaları bundan dolayı sürtünme kaybının oluşmasıyla açıklanabilmektedir. Elektrot düzeninin ve elektrik alan kuvvetinin uygun bir şekilde seçilmesi sayesinde yüksek frekans alanında nem dağılımının eşitlenmesi sağlanabilmektedir, Aktarılan güç; ısıtılan materyalin elektriksel özelliklerine çok bağlıdır. Bu nedenle elektrot sistemleri uygun seçilmek zorundadır.

Yüzey formundaki tekstiller bir yüksek frekans kurutucunun plaka elektrotlarına paralel olarak yerleştirildiğinde; pratik olarak yüzeyin ısınmadığı tespit edilmektedir. Kendiliğinden elektrotlardaki gerilim yükseliyorsa, başarılı olunmamakta, bilinen sınırlar aşıldığında atlama gerçekleşmektedir. Bu durum yüksek frekans alanının gücünü tanımlayan matematiksel formüle bakıldığında açığa kavuşmaktadır:

$$N = E^2 \cdot a \cdot F \cdot 2 \pi \cdot f \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_{rel} \cdot \tan \delta$$

N: Aktarılabilen güç

E: Elektrik alan

F: Elektrot alanının yüzeyi

a: Elektrotların arasındaki mesafe

f : Frekans

ϵ_0 : Dielektrik sabiti

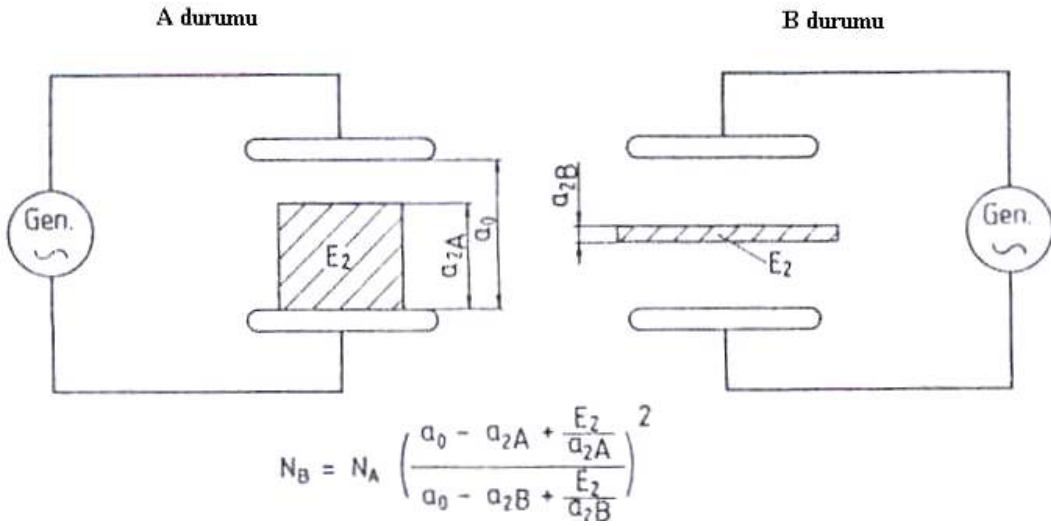
ϵ_{rel} ve **$\tan \delta$** Materyale bağlı değerler

Aktarılabilen güç **N**, elektrik alanın karesine, elektrot alanının yüzeyine **F**, elektrotların aralığına **a**, frekansa **f**, dielektrik sabitine ϵ_0 , materyale bağlı değerlere ϵ_{rel} ve **$\tan \delta$** 'ya bağlıdır.

Sabit bir frekans ve sabit bir elektrik alan yoğunluğu için materyalin ısınma kabiliyeti kayıp faktörü ile belirlenmektedir ve frekansın yüksek olması ısıtmada daha avantajlıdır (Aniş,1994).

İnce bir mamul hattı, plaka kondensatörün içine yerleştirildiğinde (Şekil 2.7), gerekli alan kuvvetini elde edebilmek için teknik olarak karşılanılabilecek elektrot gerilimlerinde elektrot aralıkları çok küçük seçilmek zorundadır. Elektrot aralığının a_0 , materyal kalınlığına a_2 oranı; 5 değerini geçmemelidir. Plaka elektrotla bu sistem düzenlenmesi gerçekleştirilmek istendiğinde; jeneratörün çok yüksek akım yükü çeken elektrot kapasiteleri söz konusu olmaktadır. Bu problemi çözmek için mamul hattının kondensatör alan düzlemini adeta dikey olarak geçip gittiği elektrot sistemi kullanılmaktadır. Yüksek frekans jeneratörünün farklı polaritesiyle beslenen ve mamul hattının mümkün olduğunca yakın geçtiği benzer bir sistem; çubuk formundaki elektrotlardan oluşmaktadır (Şekil 2.8). Benzer bir elementle ama sadece mamul

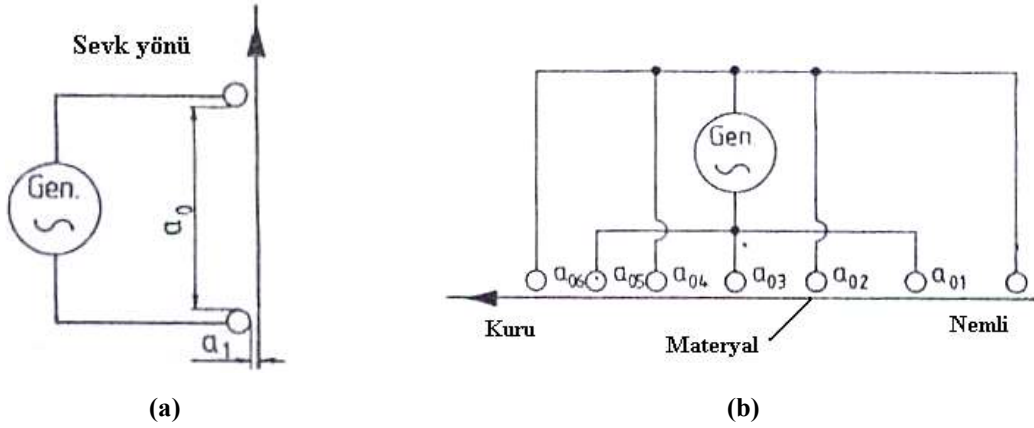
hattının uzunluk birimi başına sınırlı bir güç aktarılabilmektedir. Daha yüksek güç elde etmek için çok sayıda benzer elementler arka arkaya yerleştirilebilmektedir. Böyle sistemde a_1 ' in a_0 'a oranı; yani hava boşluğunun mamul hattına oranı; yaklaşık olarak sadece 0,2'dir. Hava boşluğunun mamul hattına oranı ne kadar büyükse alan kuvveti ve bununla birlikte mamul hattına verilen enerji o kadar düşük olacaktır. Elektrot düzleminin mamul hattının karşısında değişmesinden dolayı bu efekt güç ayarlamada kullanılabilmektedir. Bu formdaki sistemler; mal hattının yüzeyine açılı bir şekilde sıralanmış elektrot serisine sahiptir. Aktarılan güç, yaklaşık olarak bu açının artması/azalması oranında değişmektedir.



Plaka elektrod sistemi: Yüksek ve ince materyallerin ısıtılması sırasında güç karşılaştırması

N: Aktarılan güç, E: Elektrik alan, a: Elektrotların arasındaki mesafe

Şekil 2.7 Yüksek frekans alanında farklı kalınlıktaki materyallerin güç alımlarının karşılaştırılması



- a) Düzenleme prensibi
b) Nemin uzaklaşmasına göre uyarlanmış aralıklarda elektrod yerleşimi

Şekil 2.8 Stray-field elektrod sistemi

Yüksek frekans ısıtıcının özelliği, mamul hattındaki çok yüksek nem içeriğinde üst yüzeye doğru elektriksel bir iletim oluşmasıdır. Bu, uygun büyüklükte elektrik alan kuvvetinde elektrot çubuklarının arasından mamul hattı üzerine elektriksel atlama ortaya çıkmasına ve bundan dolayı malın yanabilmesine sebep olmaktadır. Elektrot alanının geometrik ölçümlerinin (çubuk çapının, elektrotların aralıklarının ve yerleştirilmiş elektrotların gerilimlerinin) doğru seçilmesi sayesinde, hem kayıp gücün optimizasyonu hem de homojen bir güç aktarımı bakımından optimizasyon sağlanabilmektedir. Bu kurutulacak kumaş hattının belirli bir grubuna elektrot sisteminin doğru uyarlanması ve jeneratörün ayar mekanizmasının açığa kavuşması için denemelerin yapılmak zorunda olduğu anlamına da gelmektedir yani bu demektir ki farklı relatif nem içerikli materyaller, farklı görünümde elektrot alanı da gerektirmektedir. Tekstil alanında kullanılan elektrotlar, 10-40 mm arasında çubuk çapına ve 20-150 mm elektrot aralığına sahiptir. Yüksek frekans gerilimleri 3000-10 000 V arasındadır, jeneratörün çalışma frekansı 13,56 ya da 27,12 MHz'dir. Bir jeneratörle yaklaşık 2,5 m'ye kadar alan uzunluğunda ve 2,5 m'ye kadar hat genişliğinde elektrod sistemi beslenebilmektedir. Elektrod alanının yüklenmesi için kesin büyüklük, esas itibariyle elektrot alanı ile uyumlu kapasitedir. 2,5 m'den büyük

mamul genişliklerinde mamul eninin kapasitesini dengelemek için jeneratör başına elektrot uzunluğu küçülmektedir (Naefe and Grassmann, 1989).

2.6.2 Kayıp Faktörü

Bir materyalde ısı oluşumu veya sıcaklık yükselmesi büyük oranda kendi yapısıyla ilgilidir (Donmaz ve Kanık 1993).

Kayıp faktörü, bir materyalin radyo frekans enerjisi ile ne kadar ısıtılabilmesine dair bir ölçümdür ve sıcaklık ile frekanstan etkilenmektedir. Daha ayrıntılı olarak söylenecek olursa, dielektrik özelliğe sahip bir maddeyi RF alan altında ısıtılabilme imkânı maddenin “kayıp faktörü” olarak bilinen değeriyle doğrudan ilişkilidir. Özellikle kayıp faktörü olmak üzere bir materyalin dielektrik özellikleri, o materyale uygulanan gücün ne kadarının ısıya dönüştürüleceğini belirlemektedir. Maddenin kayıp faktörü ne kadar yüksekse madde o kadar yüksek miktarda elektromanyetik enerjiyi absorbe edip ısıya çevirebilmektedir.

Çizelge 2.2 Bazı maddelerin kayıp faktörleri (25⁰ C ve 1 MHz’de)

Madde	Kayıp faktörü
Karbon tetraklorür (CCl ₄)	0,00009
Teflon	0,0004
Polietilen	0,008
PVC (saf)	0,06
PVC (plastikleştirilmiş)	0,04
Odun	0,01-0,08
Kağıt	0,1
Üre, fenol, melamin reçineleri	0,2
Metanol	6,2
Yağlar	24
Su	100

Çizelge 2.2’den görülebileceği gibi karbon tetraklorür, teflon ve polietilen; odun, plastikleştirilmiş PVC ve adı geçen reçinelere göre elektromanyetik alan altında ısıtılmaya daha az elverişlidir (neredeyse hiç elverişli değildir) (Stalam Spa).

Genel bir kural olarak; kayıp faktörü 0,01'den küçük olduğu zaman materyalin ısıtılması oldukça zordur, ancak polar maddeler ilave edilerek ısıtılabilir. Diğer taraftan kayıp faktörünün 5'ten büyük olması üniform bir ısıtma eldesini zorlaştıracğından sorunlara (yüzeyin fazla ısınması gibi) neden olabilmektedir. Bu nedenle kayıp faktörü, 0,01-5 arasında bir değerde olmaktadır (Donmaz ve Kanık, 1993).

Suyun çok yüksek kayıp faktörüne sahip olduğu ve özellikle dielektrik histerizise (suyun kalıcı dipol moleküllerine sahip olduğu hatırlanırsa) ve iyonik iletkenliğe (doğal mineral içeriğı ve hidrolizi nedeniyle) çok uygun olduğu açık bir şekilde görölmektedir. Su katı (buz) veya gaz (buhar) durumunda ise çok düşük kayıp faktörüne sahiptir. Bu nedenle dielektrik enerjiyi çok az absorblamaktadır.

Yüksek kayıp faktörüne sahip suyun seçici olarak ısıtılabilđi ve düşük kayıp faktörüne sahip maddeden buharlaştırılabilđi kurutma uygulamaları için bu durumun özel bir önemi vardır. Su içeren düşük kayıp faktörlü madde dielektrik ısıtma işleminden etkilenmeyecektir. Su uzaklaştırılana kadar, madde tarafından dielektrik enerji absorbe edilmeyecek ve aşırı kurutma önlenecektir (Stalam Spa). Su ile kıyaslandığında, çoğı tekstil materyalinin kayıp faktörü oldukça düşüktür. Aslında, yaş materyallerdeki sıcaklık artışının ve enerji absorbsiyonunun neredeyse tamamı, materyalin kendisinden ziyade içerisinde bulunan sudan kaynaklanmaktadır. Su kaynama noktasına ulaştıktan ve buharlaşmaya başladıktan sonra, materyalin kayıp faktörü düşmeye başlamaktadır. Materyal kurudukça, ısıtma seviyesi düşmekte, böylece liflerin zarar görmesi önlenmektedir. RF üreticileri, bu özelliğı RF kurutucuların 'kendi kendine sınırlama' avantajı olarak isimlendirmektedir.

Çizelge 2.3'de bazı tekstil materyallerinin 27,12 MHz için ve standart koşullardaki kayıp faktörleri verilmektedir.

Çizelge 2.3 Liflerin 27,12 MHz ve standart şartlarda kayıp faktörleri

Materyal	Kayıp Faktörü
Selüloz	0,15
PA 6,6	0,09
Poliester	0,04
Yün	0,01
Polipropilen	0,001
PVC	0,4
Su	100,0

(Stalam Spa)

PES ve PP çok az RF enerjisi absorbe ettiğinden, taşıma bandı olarak kullanılmaktadır, aksi taktirde RF enerjisini absorbe eden bir materyal kullanıldığında, uzun süre RF alanında kaldığı taktirde erime ve yanma meydana gelebilmektedir.

Yaş Materyalin Kayıp Faktörü

Dielektrik materyalin birim hacmince absorbe edilen güç (P) ve dolayısıyla açığa çıkan ısı; materyalin dielektrik özellikleri, jeneratörün frekansı (f , Hertz), materyal içerisindeki elektriksel alan şiddeti (E , V/m) gibi elektromanyetik alan parametrelerine bağlıdır (Strumillo and Kurda, 1986).

$$P = 2\pi f \varepsilon_0 \varepsilon'' E^2$$

Burada, E materyal içerisindeki elektriksel alan şiddetini, ε'' efektif kayıp faktörünü ve ε_0 hava boşluğunun geçirgenliğini ($8,854 \times 10^{-12}$ F/m) ifade etmektedir. Efektif kayıp faktörü, frekansa bağlı bir parametredir ve ortamın elektriksel özellikleri ile belirlenmektedir.

$$\varepsilon'' = \varepsilon' \cdot \tan \delta$$

ε'' efektif kayıp faktörü

ε' = dielektrik sabiti

δ = devre akımları arasındaki faz açısı

Dielektrik sabiti, materyalin kondansatörde olduğu zamanki dielektriği ile hava boşluğuunda olduğu andaki dielektriği arasındaki oran olarak tanımlanmaktadır (Aniş, 1994).

Materyalde nem bulunması genellikle kayıp faktörünü arttırmaktadır. Yaş materyal için efektif kayıp faktörü, nem miktarının, sıcaklığın ve frekansın bir fonksiyonudur.

Atmosferik basınçta, materyal içerisindeki izin verilen maksimum elektriksel dalga şiddeti 100 kV/m'dir. Bu değer kullanılarak, kurutma uygulamalarında ulaşılabilir maksimum güç yoğunlukları Çizelge 2.4'de verilmektedir. Tamamen kuru materyal için ϵ'' (efektif kayıp faktörü) en küçük değer almaktadır, en yüksek değer ise su ile doyurulmuş katılar veya tuz varlığında ortaya çıkmaktadır (Strumillo and Kurda, 1986).

Çizelge 2.4 Maksimum güç yoğunlukları, kW/m³, E=100 kV/m

Frekans, MHz	$\epsilon''=0,1$	$\epsilon''=1$
13,5	75	$7,5 \cdot 10^2$
27,12	$1,5 \cdot 10^3$	$15 \cdot 10^3$
896	$5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^5$
2450	$1,36 \cdot 10^5$	$1,36 \cdot 10^6$

Kurutmaya tabi tutulan yaş bir materyal, genellikle kuru madde kısmı, nem ve buhar fazında su ihtiva etmektedir. Bu nedenle yaş bir mamule ait efektif kayıp faktörü, katı madde, bağlı sıvı, serbest sıvı ve buhar fazının kayıp faktörlerinden türetilmektedir. Genellikle, serbest su yeterli miktarda bulunmaktadır ve kayıp faktörünün efektif değerini büyük ölçüde belirlemektedir (katı maddenin, bağlı suyun ve buhar fazındaki suyun kayıp faktör değerleri oldukça düşüktür ve ihmal edilebilmektedir). Materyal kurudukça, bağlı su, katı madde ve su buharının katkısı artmaktadır ve mutlak değerinin düşük olmasına rağmen önemli hale gelebilmektedir (Strumillo and Kurda, 1986).

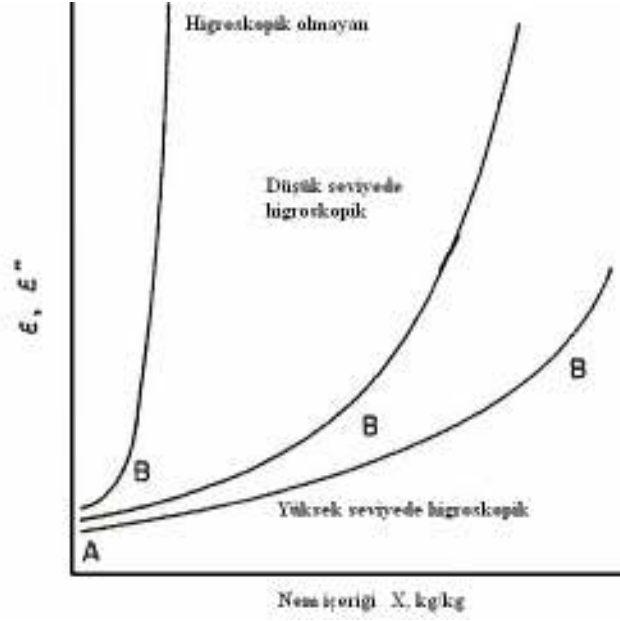
Serbest suyun kayıp faktörü aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

$$\varepsilon''_{eff} = \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0 f} + \varepsilon''_{dipol}$$

Formüldeki ilk terim iyonik iletkenlikten (σ), ikinci terim ise dipolar su moleküllerinin osilasyonu sonucu oluşan kayıpları ifade etmektedir. $\varepsilon''_{eff}(\sigma)$ 'in maksimum değeri 18 GHz'deki mikrodalga bölgesinde iken, radyofrekansta ise önemsizdir. Bununla birlikte, yeterli miktarda tuz varlığında, kayıp faktörünün değeri radyofrekans ortamında da büyük olmaktadır ve absorbe edilen güç, her iki frekans aralığında da önemli hale gelmektedir. Çizelge 2.5'de, bazı materyaller için dielektrik sabitleri verilmektedir.

Dielektrik parametrelerinin nem içeriğine bağlı olduğu daha önce de belirtilmişti. Kayıp faktörü ve dielektrik sabitinin nem miktarına göre değişimi Şekil 2.9'da gösterilmektedir.

Dielektrik parametrelerinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi ise çok daha karmaşıktır. Perkin, higroskopik olmayan materyallerde, sıcaklık arttıkça, kayıp faktörünün iyonik iletkenlikleri içeren bileşenin arttığı, dipol bileşenin ise azaldığını ifade etmektedir. Mikrodalga frekanslarında, dipol etkileşimler ağırlıklı olduğundan, belirli bir nem değerinde, $\partial\varepsilon''/\partial T$ negatiftir. Buna karşılık, radyofrekanslarında iyonik iletkenlik terimi baskındır ve $\partial\varepsilon''/\partial T$ pozitifdir.



Şekil 2.9 Dielektrik parametrelerinin nem içeriğine bağlı olarak değişimi (Strumillo and Kurda, 1986)

Katı materyalin kayıp faktörü nadiren önemlidir ve efektif kayıp faktörü hesaplanırken ihmal edilebilmektedir. Bununla birlikte, naylon ve akrilikler gibi bazı maddelerin kayıp faktörleri sıcaklık artışı ile hızlı bir şekilde artmaktadır. Bu da, bu materyallerin özellikle düşük nem içeriğinde kurutulmalarını sınırlandırmaktadır.

Kayıp faktörü, elektriksel alanın oryantasyonundan da etkilenmektedir ve bu etki özellikle lifli materyaller için önemlidir. Genellikle efektif kayıp faktörünün nem içeriği ile değişimi, yüksek frekans alanının lif doğrultusuna paralel olduğu durumda daha önemli olmaktadır.

Yapılan çalışmalarda dielektrik özelliklerinin elektromanyetik alanın frekansına da bağlı olduğu görülmüştür. Bir dizi yaygın olarak kullanılan materyalde, frekans arttıkça efektif kayıp faktörü düşmektedir. Bu etki yüksek nem içeriğine sahip materyallerde daha belirgindir (Strumillo and Kurda, 1986).

Çizelge 2.5 Bazı maddelerin dielektrik sabitleri ve kayıp faktörleri

Materyal	Dielektrik sabiti		Kayıp faktörü	
	10 MHz'de	3000 MHz'de	10 MHz'de	3000 MHz'de
Gıdalar				
Biftek	50	40	1300	12
İç yağı	4,5	2,5	4,2	0,18
İzolasyon maddeleri ve camlar				
Birleşik kuartz	3,78	3,78	0,0004	0,0002
Pyrex	4,84	4,84	0,015	0,026
(soda-borosilikat)				
Soda camı	6,3	-	0,11	-
(%20 Na ₂ O: %80 SiO ₂)				
Mineraller				
Mermer, kuru	9,0	9,0	0,33	0,22
Lal mika	5,4	5,4	0,0016	0,0016
Katı, kuru kum	2,55	2,55	0,04	0,016
Doğal lifler				
Pamuk, 210 kg/m³, %7 nem	1,5	{27 MHz'de	0,03	{27 MHz'de
Yün, 68 kg/m³, %20 nem	1,2		0,01	
Yağlar				
Kablo yağı	2,2	2,2	0,009	0,004
Parafin	2,25	2,25	0,00045	0,00045
Kağıt ve mukavva				
Kağıt	3,5	-	0,4	0,4
Mukavva { %10 nem	3,5	-	0,8	0,4
Plastikler				
Selüloz asetat (asetat rayon)	-	-	0,07	0,09
Melamin-formaldehit	5,5	4,2	0,23	0,22
Fenol-formaldehit	4,3	3,7	0,18	0,15
Poliamid (nylon 6,6)	3,2	3,0	0,09	0,04
Poliester	4,0	4,0	0,04	0,04
Polietilen	2,25	2,25	0,0004	0,001
Polimetilmetakrilat	2,7	2,6	0,027	0,015
(perspex, pleksiglas)				
Polistiren	2,35	2,55	0,0005	0,0005
Politetrafloretillen (PTFE)	2,1	2,1	0,0003	0,0003
Polivinilklörür (PVC) - saf	2,9	2,0	0,03	0,02
Polivinilklörür (PVC)	3,7	2,9	0,04	0,1
- %40 plastikleştirici				
Kauçuk				
Doğal	2,4	2,4	0,009	0,007
Vulkanize	2,5	2,5	0,08	0,03
Su				
Buz, saf, -12 °C	3,7	3,2	0,07	0,003
Su, saf, 25 °C	78,0	76,0	0,36	12,0
Su, 0,1 molal NaCl	80,0	75,5	100,00	18,00
Odun				
Kayın, sarı	2,6	2,1	0,1	0,07
Maun	2,1	1,9	0,07	0,05

Kaynak: Strumillo and Kurda, 1986

2.6.3 Materyalin elektrolit içeriği

RF kurutmanın verimliliğine etki eden bir parametre de materyalin elektrolit içeriğidir. Çizelge 2.6’da gösterildiği gibi, 27,12 MHz’de çalışan 6kW’lık bir RF ünitesi kullanıldığında, standart koşullarda çeşme suyunun ısınma oranı, destile suya oranla 5 kat daha fazladır (Cato et al, 1993).

Çizelge 2.6 İyonların RF ortamında kurutmaya etkisi

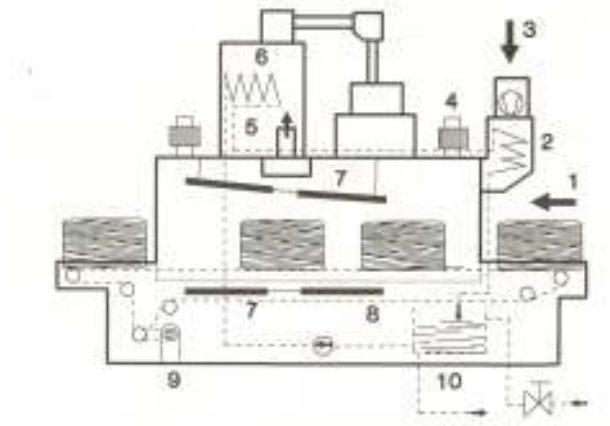
Örnek	Sıcaklık artışı
Destile su	3,6 °F/dakika
Çeşme suyu	15,3 °F/dakika
Sodyum klorür (0,25 g/l)	160,0 °F/dakika

Bu sıvıların ısıtma oranlarındaki farklılığa, özellikle yeterli yıkamanın her zaman yapılamadığı boyahanelerde karşılaşılmaktadır. Kurutulacak materyal üzerinde fazla miktarda tuz kalmış ise, yanma gerçekleşebilmektedir. NaCl çözeltisi ile emdirilen kumaşlarda elde edilen ısınma oranları, saf su ile elde edilenlere kıyasla önemli ölçüde yüksektir. Örneğin, 27,12 MHz’de çalışan 6 kW’lık bir ünite için aşağıdaki buharlaşma oranları gerçekleşmektedir (Cato et al, 1993).

- çeşme suyu dakikada 6,4 gr su buharlaşmaktadır
- sodyum klorür (20 g/l) dakikada 91,0 gr su buharlaşmaktadır

2.7 Radyo Frekans (RF) Kurutucunun Çalışma Prensibi

RF kurutucu işletme güç istasyonundan üç fazlı-alternatif akım (AC) gücü almaktadır. Bu güç, RF jeneratörünü, taşıma bandı ve soğutma fanları gibi diğer yardımcı ekipmanları çalıştırmaktadır (Şekil 2.10). Jeneratörde, bir doğrultucu (düzeltici, redresör) ve bir osilatör bulunmaktadır. Doğrultucu, 60 Hz alternatif akım enerjisini, yüksek-voltaj doğru akıma (DC) çevirmektedir. Osilatör ise DC’yi radyo frekans aralığındaki AC’ye dönüştürmektedir (Şekil 2.11) (Cato et al, 1993).

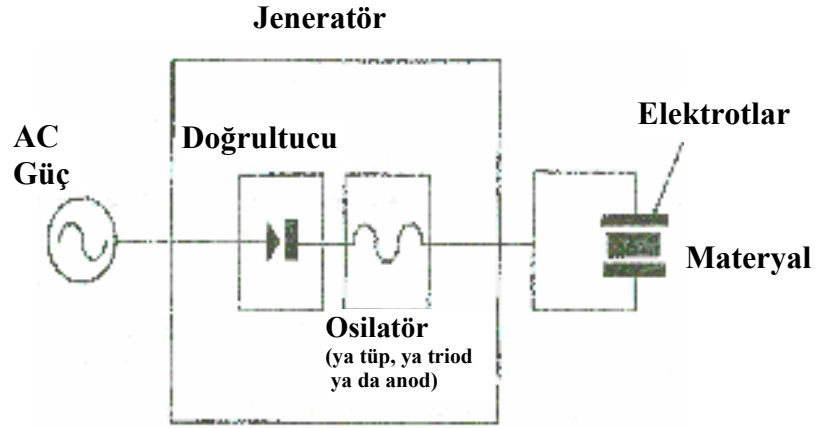


Şekil 2.10 RF kurutucu

- 1). Giriş 2) Isı geri kazanımı 3) Hava girişi 4) Soğutma fanı 5) Hava çıkışı 6) Jeneratör
7) Elektrotlar 8) Havalandırma 9) Sonsuz bant 10) Su

Kurutma kamarası; elektrot sistemi, materyal taşıma ekipmanı (örneğin taşıma bandı), havalandırma fanları, ısıtıcılar gibi her türlü yardımcı cihazı içermektedir. Osilatörden gelen yüksek frekans enerjisini alıp, yüke transferini sağlayan elektrotlar, bir dizi paralel çubuk ya da düz plakalardan oluşmaktadır. Osilatör, genellikle seçilen 3-5 MHz, 13,56 MHz veya 40,68 MHz'lik çalıştırma frekanslarına bağlı olarak, 10000 Volt'tan 30000 Volt'a kadar alternatif akımı elektrotlara göndermektedir (Cato et al, 1993).

Aplikatör devresi bir indüktans ve elektrik alanını kurutulacak materyale sevk eden kapasitörden meydana gelmektedir. Jeneratör ve aplikatör devrelerinin kombinasyonu bir titreşim (rezonant) devresi meydana getirmektedir. Güç üretmek ve bunu yaş mamule transfer edebilmek için aplikatörün titreşim frekansı ile tank devresinin frekansı eşit olmalıdır (Strumillo and Kurda, 1986).



Şekil 2.11 Tri-faz alternatif akımın (AC) radyo frekansa dönüşmesi (Cato et al, 1993).

Triyod tüpler (Şekil 2.12), yüksek frekans kurutma makinelerinin kalbidir. Fiyatı oldukça yüksek olan bu parçanın ömrünün uzun olması iyi soğutulmasına bağlıdır. Soğutma işlemi saf suyla ya da hava ile yapılmaktadır (Oğuz, 1992).



Şekil 2.12 RF sistemlerinde jeneratör olarak kullanılan triyod tüp

Hava soğutmalı sistemlerde temiz hava RF jeneratörüne verilmekte ve ısınan hava fanlarla dışarıya atılmaktadır. Bu proste sıcak atık hava (jeneratörü soğutmak için kullanılan hava) kamaraya verilmekte ve kurutmaya yardımcı olması sağlanmaktadır. Kullanılan bu sıcak havanın ortamdaki havaya oranı kurutma sıcaklığının kontrolünü sağlamaktadır. Bu tip sistemler; su soğutmalı sistemlere göre

daha yüksek üretim hızına sahiptir. Dezavantajı, soğutma için ortam havası kullanıldığından soğutmanın yetersiz kalabilmesidir. Bu nedenle klimalandırmak gerekebilmekte bu da harcanan elektrik enerjisinin artmasına sebep olmaktadır (Cato et al, 1993). Hava ile soğutma yapılması halinde; boyahanelerde hava normal oda koşullarına göre daha yüksek sıcaklıkta ve nemli olduğundan, toz zerrecikleri filtreleri kolayca tıkamakta ve soğutma için gerekli hava alışverişini zorlaştırabilmektedir (Oğuz, 1992).

Su soğutmalı sistemler, genellikle 50 kW'ın üzerindeki jeneratörlerde kullanılmaktadır. Asıl avantajı, soğutucu olarak su kullanıldığı için jeneratör sıcaklığının sabitlenmesinin hava soğutmalı sistemlere göre daha iyi olmasıdır, bu sayede bakım maliyeti azalmaktadır. Bazı üreticilere göre su soğutmalı sistemler daha stabil triyod sıcaklığı sağlayabilmekte böylece triyodun ömrü uzamaktadır. Ancak sistemlerden hangisinin daha üstün olduğuna dair bir çalışma yapılmamıştır. Su soğutmalı sistemlerin en önemli dezavantajı olarak suyun temiz tutulma zorunluluğu bilinmektedir. Borularda kaynaklanan birikintiler soğutma oranını düşürmektedir. Kullanılan temiz su atılmamakta ikinci bir ısı eşanjöründen geçirilerek sirküle edilmektedir. Suyun akışı da önemlidir, içinde hava kabarcığı olmamalıdır (Cato et al, 1993).

2.8 Endüstriyel Bir Radyo Frekans Kurutucunun Yapısı

İlk aşamada uygulama ve işlem çeşidine göre talep edilen endüstriyel cihazın şekli ve boyutları belirlenmektedir. Bu görev; proses ve ürün detaylarını dikkate alan RF cihazı tasarımcısına aittir. Buna rağmen RF cihazı iki temel kısımdan oluşmaktadır:

1. RF üretici
2. Aplikatör (uygulamanın yapıldığı yer veya fırın)

RF jeneratörü, 50 Hz veya 60 Hz'deki (devir/saniye) normal şebeke gücünü yüksek frekanslı elektromanyetik enerjiye çevirmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi çoğu ülkelerin kanunlarına göre 13,56 veya 27,12 MHz (milyon devir/saniye) frekanslarına izin verilmektedir ve uygulamada bu frekanslar kabul edilmiştir. RF sistemlerinde jeneratör olarak triyod tüpler kullanılmaktadır ki, bunlarla 100 kW'a kadar güç çıkışları kolaylıkla elde edilebilmektedir (Stalam Spa).

Yüksek frekanslı kurutma makinelerinde mamul üzerine verilen enerjinin çok yoğun olması durumunda normal kurutma prosesi çok hızlı tamamlanmakta ancak ürünün modül (kabin) içerisinde kaldığı süre boyunca aşırı kuruyarak sararması gibi istenmeyen durumlar ortaya çıkabilmektedir. Modül olarak adlandırılan kabin, 380 volt olan alternatif akımı yüksek gerilime dönüştürerek triyod tüp ile çalışma frekansını oluşturmakta, kurutma için gerekli enerjiyi elektrotlara aktarmaktadır. Elektrot yüzeyinin geniş olması, kurutmanın sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için son derece önemlidir. Elektrot yüzeyi geniş tutularak m^2 'ye düşen enerji miktarı düşürülmektedir. Örneğin 80 kW gücünde bir makine 2 adet 40 kW'lık modülün peşpeşe montajından oluşturulmaktadır (Eğer 80 kW gücü tek bir modülde elde edilseydi; daha yüksek yoğunlukta enerji mamule aktarılmış olacaktı) (Oğuz, 1992).

Elektrot yüzeyi: $1,6 \times 3,5 = 5,6 \text{ m}^2$

80 kW modül

40 kW modül

$80 / 5,6 = 14,3 \text{ kW/ m}^2$ $40 / 5,6 = 7,14 \text{ kW/ m}^2$

Aplikatör; elektromanyetik enerjiyi üreteçten almakta ve ısıtılacak ürüne uygulamaktadır. RF enerjisinin verimli olması için aplikatör tasarımının uygun olması gerekmektedir (Stalam Spa). Elektrotların düzeni ve mesafesi tekstil materyaline aktarılan enerji üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Schumacher, 1996).

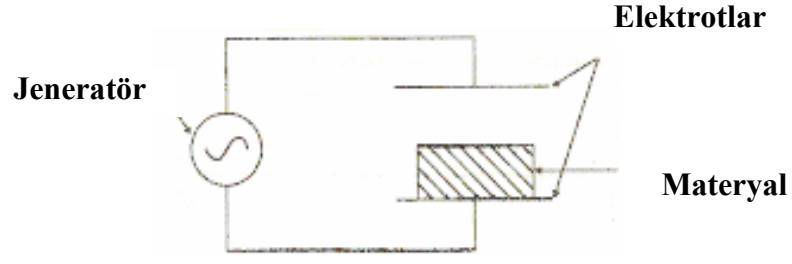
Aplikatör (elektrot) seçimi kurutulacak materyalin büyüklüğüne ve şekline bağlıdır. Ancak pratikte elektrik alan yönüne/oryantasyonuna bağlı olarak üç temel şekilde endüstriyel talepler yerine getirilmektedir.

1. Dikey: Hacimli ürünlerin tamamen ısıtılması
2. Yatay: İnce ve tabakalı ürünlerde yüzey ısıtılması
3. Eğimli: İnce ve tabakalı ürünlerin ısıtılması

Her alan yönü; kullanılan frekans, verilen güç ve proses tipi düşünülerek hazırlanmış uygun bir aplikatör tasarımı gerektirmektedir (Stalam Spa). En çok kullanılan elektrot konfigürasyonları:

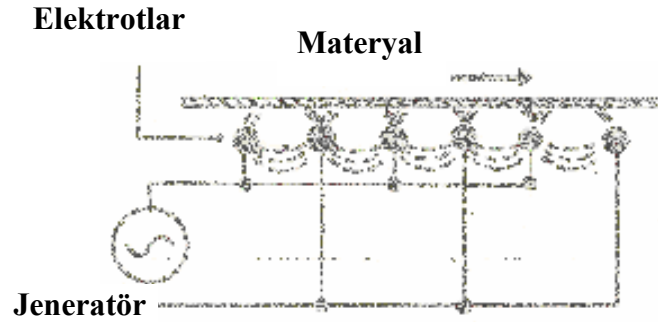
- 1.Paralel plakalar,
2. Stray-field çubuklar
- 3.Staggered stray-field çubuklardır (Cato et al, 1993).

Tekstil sanayiinde en yaygın olarak kullanılan RF kurutucu ekipmanı paralel-plakalı aplikatördür. Paralel-plaka aplikatörü, materyalin üst ve altında bulunan iki perfore plaka ya da yan yana sıkıca dizilmiş çubuklardan oluşmaktadır. Yüksek voltaj uygulanan bu dizayn, bobinler, çileler ve kumaş yığınları (kalın mamuller) için kullanılmaktadır (Şekil 2.13). Hacimlilik derecesinden bahsederken kesin bir terim kullanmak zordur ancak 6 inch'den daha fazla kalınlıkta olan yükler (materyaller) için en iyi sonuçları paralel plakalı tipler sağlamaktadır. Fakat ince mamullerde iyi sonuç alınamamaktadır. Çünkü kurutmanın olabilmesi için plakaların birbirine yakın olması gerekmektedir; fakat bu da plakalar arasında elektriklenmenin olmasına neden olabilmektedir. Materyalin kalınlığı azaldıkça, aynı güç seviyesinin sağlanabilmesi için plakalar arası mesafe de azaltılmalıdır (Cato et al, 1993).



Şekil 2.13 Paralel-plakalı elektrot sistemi

Stray-field elektrot sistemi (Şekil 2.14) dokuma kumaşlar ve dokusuz yüzeyler gibi 1-2 inçten daha kalın olmayan materyaller için kullanılmaktadır. Bu sistem bir dizi birbirine zıt yüklü paralel çubuklardan oluşmakta ve kumaş çubukların üzerinden geçmektedir. Yüksek-frekans alanı, karşıt plakalardan ziyade, çubukların arasında oluştuğundan, yatay alan çizgilerinin daha fazla miktarı kurutulacak materyal içerisinde geçmektedir. En yüksek ısıtma oranı, elektrotların yüzeyine değerek geçişte sağlanmaktadır (Cato et al, 1993).



Şekil 2.14 Stray-field elektrot sistemi

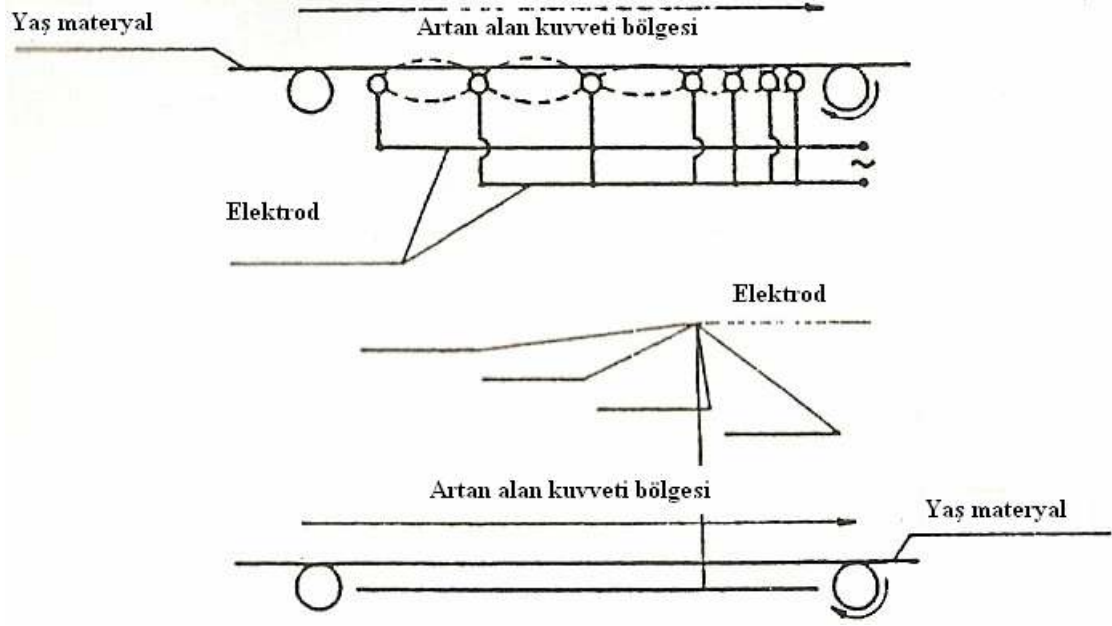
Kaydırmalı (Staggered) Stray-Field sistemi (Şekil 2.15), materyalin her iki tarafında bulunan kaydırmalı çubuklardan oluşmaktadır. Orta kalınlıktaki materyaller (yaklaşık 6 inç kalınlığa kadar) için uygundur. Oluşturulan alan materyal içerisinde açılı olarak geçmektedir. Bu nedenle alt ve üst yüzeylerin her ikisinde de ve kalınlık

boyunca üniform bir ısı yayımı sağlanabilmektedir. Eğer çubuk yerleşimi artarsa (daha sık yerleştirilirse) sistem, alanın ürün içerisinde dikey olarak geçtiği paralel plakalı sistemin davranışına benzer bir durum göstermektedir (Cato et al, 1993).

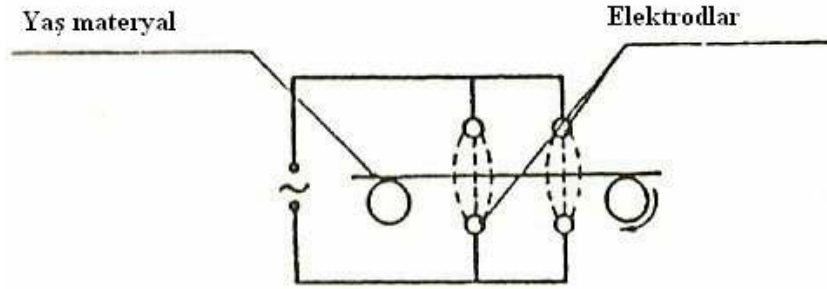


Şekil 2.15 Kaydırmalı (Staggered) Stray-Field sistemi

Yaş mamul kurutulmaya başlandığında, suyun uzaklaşması nedeniyle kayıp faktöründe bir değişim olmakta ve absorbe edilen güç de buna göre değişmektedir. Bu etkiyi dengeleyebilmek için kademeli bir elektrot sistemi uygulanabilmektedir (Şekil 2.16). Üniform olmayan ve kayıp faktörü sıcaklıkla çok hızlı değişen materyallerde, pulse sistemler kullanılabilmektedir (Şekil 2.17) (Strumillo and Kurda, 1986).



Şekil 2.16 Kademeli alan sistemi



Şekil 2.17 Pulse alanlı (darbeli) sistem

2.9 Mevcut Radyo Frekans (RF) Kurutucu Dizaynları

Günümüzde, 4 temel tipte RF kurutucu imal edilmektedir. Farklılıklar materyalin taşıma sistemleri ve ilave kurutma özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Uygulama için en iyi kurutucu tipi, kurutulacak ürüne, operatör gereksinimine,

mekanik özelliklere ve prosesin kendisine bağlıdır. Bazı durumlarda düşük bakım maliyeti için yüksek üretim oranları feda edilebilmektedir (Cato et al, 1993).

Birinci tip RF kurutucu kesintili ünitedir (batch unit). Kesintili üniteler, ALEA, Fastran, Itoman ve Strayfield tarafından üretilmektedir. Strayfield'in MT12 kesintili kurutucusu, küçük çaplı üretim ve laboratuvar kurutması için kullanılan 12 kW'lık bir kurutucudur. Fastran'ın 50 kW'lık kurutucusu endüstriyeldir ve bir seferde 50 bobin kurutulabilmektedir.

İkinci tip kurutucu, ürünün kurutucu içerisinde taşınması için bir taşıma bandının bulunduğu kontinü tiplerdir. Kontinü RF kurutucular, ALEA, Fastran, Krantz, Stalam ve Strayfield tarafından üretilmektedir. Kontinü kurutucuların çift jeneratörü bulunmaktadır. Örneğin, 120 kW'lık bir kurutucu, iki tane 60 kW'lık jeneratörden yapılabilir.

Üçüncü tip kurutucular, hava/vakum sistemi ile kombine RF kurutucularıdır, böylece su materyalden buhar olarak değil, sıvı olarak uzaklaştırılmaktadır. Bu 'ılık-kurutma' prosesinde materyal sıcaklığı 60°C'ı (140°F) geçmemektedir. Hava soğutmalı jeneratörlerin sıcak atık havası, direkt olarak kurutma kamarasına gönderilmekte ve kamarada bulunan hava ile karışmaktadır. Materyalin alt kısmında bulunan vakum sayesinde bu hava karışımının dikey olarak kumaştan geçmesi sağlanmaktadır. Bu tip bir kurutucu Fastran tarafından üretilmiştir. Bu sistemin bir avantajı da, RF kurutmadan önce bir ön kurutmaya gereksinimin olmamasıdır (ancak ön kurutma üretim verimliliğini %40 artırmaktadır) (Cato et al, 1993).

Dördüncü tip kurutucu ARFA sistemi'dir ve sıcak hava-RF kurutma kombinasyonudur. ARFA RF destekli hava demektir ve Birleşik Krallık, Capenhurst, Chester'daki Elektrik Konseyi Araştırma Merkezi'nde

geliştirilmiştir. ARFA prosesinde, RF enerjisi materyalde bulunan suyu ısıtmakta ve böylece basınç yokken halen sıvı durumda iken suyun yüzeye doğru hareketini sağlamaktadır. Yüzeyde ise, sıcak hava ile yüksek verimlikte kurutma sağlanmaktadır. Gerekli enerjinin %20'si RF için harcanmaktadır ve geri kalan ise konvansiyonel kurutma için kullanılır. İlk çalışmaların çoğu kâğıt ve sunta kurutması için ele alınmıştır ancak ARFA'nın ana uygulaması dokusuz yüzeyler içindir. Tipik bir kurutucu, 6 kW'lık RF enerjisinin 36 kW'lık bir konveksiyon kurutucu ile kombinasyonudur (Cato et al, 1993).

Çizelge 2.7 Çeşitli üreticilerin standart RF kurutucu büyüklükleri

Firma	Kurutucu Büyüklüğü (kW)	Çalışma Frekansı (MHz)
ALEA	5, 30, 60	27,12
Fastran	20, 30, 50, 60	27,12
Itoman	50, 60	27,12
Krantz	60, 80, 100	13,56
Proctor –Strayfield	12, 25, 50, 75, 85	27,12
RF Systems	10, 15, 30, 60	27,12
Stalam	3.5, 5, 15, 20, 30, 40, 50, 60	27,12

Kaynak: Cato et al, 1993

2.10 Radyo Frekans (RF) Enerjisi ile Klasik Yöntemlerin Kombinasyonu

Klasik yöntemlerde kurutulmuş mamullerin yüzeyleri sıcak-kuru iken, iç kısımları yaştır. Kuru üst yüzey izole edici bariyer görevini görmekte ve iç kısımlara iletilen ısı miktarını azaltmaktadır. RF kurutmada sıcak dış tabaka yoktur. Elektriksel alan yüzeydeki ve içerdeki moleküllerin eşit bir şekilde uyarılmasını sağlamaktadır; böylece mamul düzgün bir şekilde ısınmakta ve su yüzeye taşınmaktadır. Genelde yüzeyde meydana gelen ısı kayıpları nedeniyle RF ile kurutulan mamullerin iç kısımları sıcak ve kuru iken dış kısımları yaş ve soğuktur (Wilson, 2001).

Klasik yöntemlerle RF enerjisinin birlikte kullanılmasındaki amaç; **RF'in mamullerin içini ısıtıp suyun yüzeye taşınmasını, klasik yöntemlerin de suyu uzaklaştırmalarını sağlamaktır.** Uygulanabilen kombinasyonlar aşağıda verilmektedir:

- **RF ön kurutma:** İşlemin başlangıcında RF kurutma yapılmakta, süre kısalmaktadır.
- **RF destekli kurutma:** Klasik kurutmanın ortasında uygulanmakta, süre kısalmaktadır.
- **Son kurutmada RF kullanımı:** Kuru üst yüzeyin iç kısımların kurutulmasını engellemesi azaltılmaktadır (kurabiyeler ve krakerlerin pişirilmesinde).
- **Tüm işlem boyunca RF+ Klasik sistem:** Kurutma süresi azalmaktadır. Isıya karşı hassas olan kumaşların kurutulmasında kolaylık sağlanmaktadır. RF nemi yüzeye taşımakta, sıcak hava yüzeyden buharlaşmasını sağlamaktadır. Kumaş yüzey sıcaklığı daha düşük olmaktadır (Wilson, 2001).

Stalam Firması tarafından sararma ihtimali yüksek olan mamuller için yüksek frekanslı kurutma teknolojisi ile konvansiyonel sistemler kombine edilmiştir. Örneğin yün lifleri yüksek frekans ortamında 6 dk'dan fazla kalırsa sararma başlamaktadır. Bu nedenle kabin, 3 bölüme ayrılmıştır. İlk frekans kurutma bölümünde mamul elektrotlar arasında en fazla 6 dk bekletilmekte, ikinci bölümde konveyör bandın altına yerleştirilen eşanjörler yardımıyla 80⁰C'de sıcak hava ile kurutmaya devam edilmekte, üçüncü bölümde ise mamul tekrar yüksek frekans alanına girmekte ve kurutma işlemi tamamlanmaktadır (Oğuz, 1992).

2.11 Radyo Frekans (RF) Isıtma Sisteminin Avantaj ve Dezavantajları

Radyo frekans alanı sayesinde yapılan ısıtma/buharlaştırma işleminin temel özellikleri şöyle sıralanabilmektedir:

Endojendir (içsel): ısı enerjisi ürüne harici bir ısı kaynağı tarafından yüzeyinden transfer edilmemekte, direkt olarak ürünün tüm kütlesinde, her bir yaş noktasında aynı anda üretilmektedir.

Seçicidir: elektromanyetik alanın enerjisi büyük ölçüde su tarafından absorbe edilmekte, ürün tarafından absorbe edilmemekte, dolayısıyla ısı sadece suyun olduğu yerlerde üretilmektedir.

Hassas bir şekilde kontrol edilebilmektedir: elektromanyetik enerji ürünün su içeren kısmı tarafından absorbe edilmekte, böylece RF gücü kontrol edilerek üründe kalması istenen nem miktarı elde edilebilmektedir (Stalam Spa).

Bu özellikler sayesinde, boyama veya diğer bir yaş işlem sonrasında tekstillerin radyo frekans vasıtasıyla kurutulmasının, konvansiyonel sıcak havayla kurutma teknolojilerine kıyasla birçok avantajları bulunmaktadır. Bunlardan birkaçı aşağıda sıralanmaktadır.

Yüksek etkinlik: elektromanyetik enerji ani bir şekilde, çevreye kayıp vermeden, yaş ürünün her yerine direkt olarak transfer edilmekte ve bu enerjinin hepsi kurutmada kullanılmaktadır. Ayrıca bu enerji transferi ürünün boyutları ve yoğunluğu gibi değişken parametrelerden olumsuz etkilenmemektedir.

Kurutulmuş ürünün üstün kalitesi: ısı iletim fenomeninin neden olduğu tüm problemler (örn. sıcaklık ve nem farklılıkları, yavaşlık) tamamen elimine edilmiştir. Ürün çabuk ve üniform olarak istenen nem miktarına kadar kurutulmakta, liflerin buharlanması ve hacim kazanması sayesinde esneklik, yumuşaklık, tutum gibi fiziksel özelliklerinin gelişmesi sağlanmaktadır (Stalam Spa).

RF Isıtma Sisteminin Avantajları:

1. Kurutma materyalin her tarafında birden başladığından hızlı gerçekleşmekte ve bunun sonucunda işlem süresi kısalarak üretim miktarı artmaktadır
2. Klasik sistemlerdeki gibi kurutucunun önceden belli bir sıcaklığı kadar ısıtılması gerekmemektedir. Düğmeye basıldığı anda çalışmaktadır. Bu da zaman ve enerji tasarrufu demektir.
3. Yer ihtiyacı azdır.
4. Homojen kurutma etkisi sağlanmaktadır (Yaş noktaların öncelikli kurutulmasının sağlanması)
5. Elektrik kesilmesi halinde mamulün zarar görme tehlikesi yoktur.
6. Aşırı kurutmanın önlenmesi
7. Kurutulan materyalin tutumunun iyi olması
8. Düşük bakım maliyeti
9. 2-3 yıllık bir geri ödeme süresi
10. Modern üretim hatlarıyla kombine edilebilme

RF teknolojisi kısa işlem sürelerinde ürüne hiçbir zarar vermeden üniform bir ısıtma sağlamaktadır. Konvansiyonel ısıtma yöntemleriyle saatler veya günler gerektiren işlemler RF ısıtma ile birkaç saatte hatta dakika seviyesinde tamamlanabilmektedir.

RF Isıtma Sisteminin Dezavantajları :

1. Yüksek yatırım maliyeti (kW kapasitesi başına, santrifuj maliyeti de dahil olmak üzere 2300 – 5000 \$)
2. Ön kurutması yapılmamış bobinler için yanma tehlikesi ihtimali
3. Bazı liflerin bu sistemlerle kurutulması sırasında liflerin aşırı derecede ısınarak alev alması söz konusu olabilmektedir. Özellikle PAC ve PA liflerinin polar yapıda olması liflerin kurutulduktan sonra da ısınmaya devam etmelerine yol açtığından dikkatli olunması gerekmektedir.

RF kurutucuların bazı avantajları, RF kurutucunun monte edildiği fabrikanın yeri ile yakından ilgilidir. Örneğin, elektrik enerjisinin bir kısmını kendisinin ürettiği işletmeler için çok uygundur. Çünkü RF kurutucular için maliyetin büyük kısmını elektrik enerjisi oluşturmaktadır. Bu nedenle yatırım getirisinin oranı, elektrik maliyetine bağlıdır (Cato et al, 1993).

Enerji tüketimi ve işletme maliyetleri

100 kW'lık bir RF kurutucu, 100 kW'tan daha fazla elektrik enerjisi kullanmaktadır. Doğrultucu ve osilatördeki kayıplar ile elektrottan materyale gönderilen enerjideki kayıplar nedeniyle iletim etkinliği %55 ile %65 arasında seyretmektedir. Bu nedenle, 100 kW'lık bir RF kurutucu, materyale 100 kW radyofrekans enerjisi gönderirken, yaklaşık olarak 165 kW'lık elektrik enerjisine ihtiyaç duymaktadır (Cato et al, 1993).

Çizelge 2.8, farklı materyallerin (bütün durumlarda materyal ön kurutmaya alınmıştır) kurutma sırasında nisbi enerji tüketimini göstermektedir. Çizelge 2.9, İspanya'da yüksek frekans kurutucu ile çalışan bir tekstil fabrikasının (maliyetler peseta biriminde) hesaplamalarını göstermektedir. Konvansiyonel buharlayıcı ile yüksek frekans kurutucu karşılaştırılmıştır.

Çizelge 2.8 Farklı materyallerin kurutma sırasında nisbi enerji tüketimi

Materyal	Yüksek Frekans- Enerji ihtiyacı		kW Tüketimi/ kg (kurutulacak materyal)
	Ön kurutma sonrası % nem	Yüksek Frekans sayesinde nem azalması	
Poliakrilnitril	13/18	13-2	0,16
Yün/Akrilik (50:50)	30/33	13-11	0,30
Poliester	13/18	14-2	0,17
Poliester/Pamuk (50:50)	28/35	35-3	0,36
Poliamid	15/18	16-3	0,2
Pamuk	52/60	52-8	0,59
Yün	40/44	42-17	0,31
Viskon-floş	75/85	80-11	0,84

Kaynak: Holland, 1986

Çizelge 2.9 Bir tekstil fabrikasında konvansiyonel buharlayıcı ile yüksek frekans kurutucunun maliyetlerinin karşılaştırılması

	Pamuk ipliği (%48'den %8'e nem)		Akrilik iplik (%12'den %3'e nem)	
	Buhar	Yüksek Frekans	Buhar	Yüksek Frekans
1 Üretim (kg/sa)				
Kuru ağırlık	100	170	250	550
2 Buhar (kg/sa)	500	-	200	-
3 Fuel oil eş değeri (kg/sa) (1 kg=12,5 kg buhar)	40	-	16	-
4 Elektrik tüketimi	1,5	84	1,5	84
5 Enerji- maliyeti (1kg Fuel oil= 33 Ptas, 1 kWsa=9 Ptas)	1334	756	542	756
6 İşçilik maliyeti (Ptas/sa)	600	600	1200	900
7 5+6 (Ptas/sa)	1934	1356	1742	1656
8 Özgül enerji maliyetleri (Ptas/kg)	13,34	4,48	2,17	1,07
9 8+6 (Ptas/sa)	19,34	7,98	6,97	3,01

Kaynak: Holland, 1986

Fason çalışan bir boyahanede yüksek frekans kurutucunun enerji tüketimi ve işletme maliyetleri avantajları, bir ingiliz tekstil fabrikası tarafından şöyle belirtilmektedir:

- a) Yüksek frekans kurutucu sayesinde çalışan personel % 80 civarında azalmaktadır. Farklı renkler birlikte kurutulabilmektedir. Kurutma süresi % 75, yer ihtiyacı ise %33 civarında azalmaktadır.
- b) Kurutmadaki enerji maliyetleri % 65 civarında düşmektedir. Bayan iş gücü kurutma tesislerinin çalıştırılması için kullanılabilmektedir. Kokular ve ısı transferi azaltılmış, çalışma şartları iyileştirilmiştir.
- c) Kurutma sırasında dar boğaz tamamen ortadan kaldırılmıştır. Fabrikadaki buhar kazanı artık yeterli olmaktadır (Holland, 1986).

2.12 Radyo Frekans Kurutucularla Çalışma Emniyeti

RF kurutucular, üreticilerin önerilerine göre eğitilmiş personel tarafından çalıştırıldığında güvenlidir. Birçok insan radyo frekansını radyasyon olarak algılamaktadır. Ancak, radyo dalgalarının insan vücudunda herhangi uzun süreli bir değişime neden olduğu görülmemiştir. Kısa süreli etkiler ise ısı etkileridir (Cato et al, 1993).

Gabriel ve Grant, *'10 MHz üzerindeki Mikrodalga ve radyo dalgalarının Biyolojik etkileri'* isimli makalelerinde, *'Biyolojik materyaller için, 10-300 MHz frekans aralığındaki interaktif etki, daha ziyade su içeriği ve çözülmüş durumda bulunan iyonlar nedeniyledir. Enerjinin depolanması sonucu oluşan biyolojik etki, ısı etkisidir. Kuantum Mekaniği bir etki olan ve kansere neden olan rezonans absorpsiyonu, birkaç 100 GHz'in altında sıvı ortamda oluşmamaktadır'* kısmı yer almaktadır (Cato et al, 1993).

RF kurutucunun dışarıya radyo dalgaları sızıntısını önlemek için, uygun bir izolasyon gereklidir. EPRI'nin '*Endüstride radyo-frekans dielektrik ısıtma*' başlıklı sonuç raporunda, uygun izolasyon detayları yer almaktadır (Cato et al, 1993). Sadece metalik kamaradan oluşan bir koruma, yüksek frekans voltajları ve akımlarına sahiptir. İyi bir korumanın sağlanması zor değildir.

Bununla birlikte, operatörlerin dikkatsiz olması yine de kazalara neden olabilmektedir. North Carolina'da tekstil kurutmasında kullanılan RF kurutucuların 1000 saat çalışması süresince sadece 2 kaza rapor edilmiştir. Tüm kazalar, kurutucu hakkında uygun eğitim ve bilgi ile önlenabilmektedir (Cato et al, 1993).

2.13 Tekstil Sanayinde Radyo Frekans Kurutucuların Kullanım Alanları

RF sistemlerinde ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasına rağmen üretim hızı, kalite, işçilik, yer ihtiyacı ve dolayısıyla verimlilik yönünden sağladığı avantajlar nedeniyle tekstil sanayiindeki kullanımı giderek artmaktadır. Özellikle balya, bobin, çile ve açık elyaf gibi hacimli mamullerin kurutulmasında tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır (Donmaz, 1990).

Bobinlerin Kurutulması

Bobinler, ön kurutma ile yüzey suyunun uzaklaştırılmasından sonra bir taşıma (sevk) bandına verilmekte ve bu sayede yüksek frekans kurutma tesisine sevk edilmektedir. Yüksek frekans bölgesine girişte her bir sargıdaki nem içeriğine göre homojen bir ısıtma ve kurutmanın gerçekleştiği ısı üretilmektedir. İpliklerde mekanik bir zarar oluşmamakta, genel olarak tutumu ve görünümü iyileşmektedir. Beyaz mallar yüksek bir beyazlık derecesi göstermektedir.

Tops (Tarama Bandı) Kurutma

Ön kurutma işlemi yapılan topslar, yüksek frekans kurutma için uygundur. İstenilen nem içeriğine kadar homojen kurutulmaktadır.

Çilelerin Kurutulması

Çilelerin kurutulmasında alışılmış problemlerle karşılaşmaktadır. Çilelerin mekanik olarak sürtünmesi, sürtünme noktalarında devamlı nemli yerlerin oluşmasına yol açmakta, ayrıca bu kısımlarda renklerinin değişmesine neden olabilmektedir. Çileler yüksek frekans ortamında gevşetilmiş durumda perfore bir PES bant üzerinde kurutulmaktadır.

Açık Elyafların Kurutulması

Uygun hazneli besleyici ve açıcı mekanizması ile açık elyafı ön kurutmadan sonra yüksek frekans kurutucunun konveyörüne (taşıma bandına) getirmek mümkündür. Kalın dokunmuş PES bant renk kirletme eğilimi göstermemekte ve liflerin yapışması bandın geri dönüşünde alttaki fırçalar ve hava düzeleri sayesinde önlenmektedir.

Çorap ve Parça Ürünlerin Kurutulması

Yüksek frekans kurutma tekniği için ilginç bir kullanım alanı torbalar içinde çorapların ve santrifuj sonrası parça ürünlerin kurutulmasıdır. Normal şartlar altında sentetik liflerden üretilmiş olan çoraplarda özellikle enerji tüketimi düşüktür ve malların tüm bölümleri (külotlu çoraplarda) eşit nem içeriklerine getirilmektedir.

İpliklerin ve Çözümlü İpliklerinin Kurutulması

Yüksek frekans kurutucular, büyük kapsamda haşıllanmış çözgü ipliklerinin kurutulmasında kullanılmaktadır. Isı direkt olarak haşıl çözeltisinin içerisinde üretilmektedir öyle ki kurutma aracısız olarak ürünün kalitesine etki etmeksizin

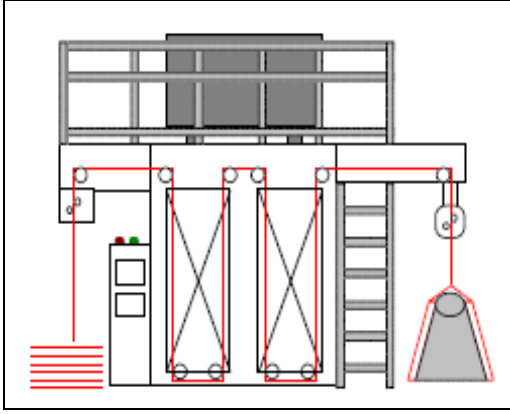
gerçekleşmektedir. İpliklerin yüksek frekans alanında kurutulması, halı ve trikotaj ipliklerinde başarıyla uygulanmaktadır.

Balyaların Kurutulması

Sürekli artan taşıma maliyetlerinde açık yün elyafının sıkıştırılmış halde balyalar içerisinde sevk edilmektedir. Balyalamadan önce materyalin hiç yaş yer içermemesi büyük öneme sahiptir çünkü bu sayede bakterilerden dolayı oluşabilecek zararların ortaya çıkabilmesi zorlaşmaktadır. Balyaların oluşturulmasından önce bir yüksek frekans kurutma yapılması hiç yaş bir yerin bulunmamasını sağlamaktadır (Hooland, 1986).

Kumaş Kurutma

Kumaş formundaki tekstil materyellerinin kurutulmasında RF kurutucuların kullanımı pek yaygın değildir. RF/T serisi kurutucu (Şekil 2.18), Stalam ve Bisio firmalarının işbirliği ile örme ve dokuma kumaşlar için geliştirilmiş yüksek frekans kurutucu olup ilk olarak ITMA 1995’de sunulmuştur. Kurutma kısa sürelerde gerçekleştirilmekte, malın nemi, nem kontrol sistemi ile takip edilmekte ve ayarlanmaktadır. Diğer kurutucularla ve özellikle yün endüstrisi için bitim işlemleri tesisleri ile [örneğin konvansiyonel kurutucuların ramözün verimliliğini arttırmak ya da son ürünün kalitesini (boyut stabilitesi v.b) iyileştirmek amacıyla] kombine edilme avantajına sahiptir.



Şekil 2.18 Vapo Dry RF/T (Stalam)

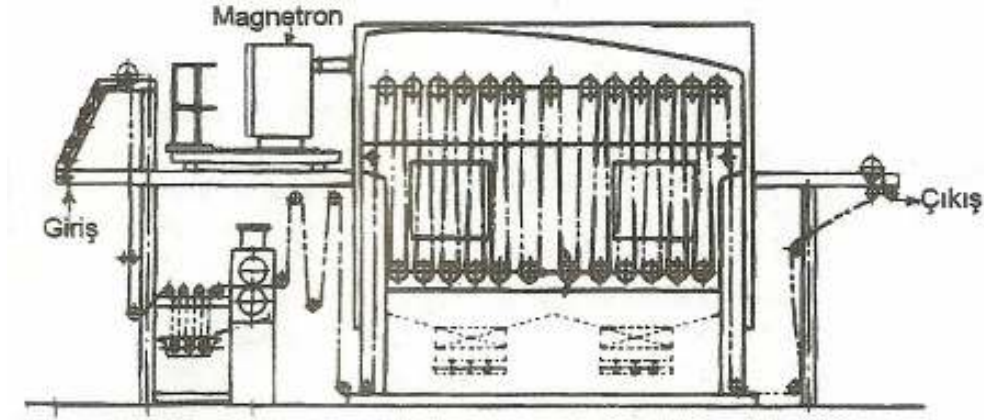


Şekil 2.19 Hacimli kumaşlar için kullanılan TDF100 model RF kurutucu
(<http://www.rfsystems.it/english/tessuto.asp>)

RF Systems Firmasının (İtalya) pamuklu kumaşlar için piyasaya sürdüğü RF kurutucu ise 2.200 mm eninde çalışmaya uygun olup 5-10 m/dk hıza sahiptir (Şekil 2.19).

Radyo frekans sistemiyle kumaşların kurutulabilmesinin mümkün olduğu birkaç kurutucu dışında kumaş formundaki tekstil yüzeylerinin terbiye işlemlerinde reaktör olarak kullanılabilen bir sistem mevcut değildir. Buna karşın Ichikin Firmasının ilk defa Otemas 81 (Japonya) fuarında sergilediği ve esas olarak PES kumaşların açık en formunda kostiklenmesi için geliştirdiği Apollotex reaktöründe (Şekil 2.20), buhar beslenen (100°C 'de) bir kamaraya aynı anda mikrodalga verilmektedir. Geliştirilen

sistem her çeşit doğal ve sentetik liflerden yapılmış kumaşların ön terbiye ve boyama işlemlerinde kullanılabilir (Kanık,1995)



Şekil 2.20 Apollotex R makinesi

Birçok uygulama için mikrodalga sistemi, klasik sistemlere göre daha fazla enerji verimliliğine sahiptir. IMS havlu kurutması için örgü kurutma sistemlerini kullanmakta ve yüksek hızda daha yumuşak bir tutum ile kurutma işlemini tamamlamaktadır. Halı ve dokusuz yüzelerin kurutulması için de sistemleri bulunmaktadır (Thiry., 2000).

Farklı Materyallerin Uygunluğu

Yün, pamuk ve bunların karışımları problemsiz kurutulabilirken poliamid, poliakrilnitril ve bunların karışımlarında dikkatli çalışılması gerekmektedir. Bu lifler, 80 °C'den itibaren artan dielektrik kayıp faktörlerinden dolayı uzun süre yüksek frekans etkisine maruz bırakılamamaktadır, aksi halde adeta parçalanma başlamaktadır. Materyal enerjiyi almakta, ısınmakta ve erimekte, bobinlerin ve taşıma bandının zarar görmesi bile söz konusu olabilmektedir. Buna karşılık poliesterin kurutulmasında hiçbir tehlike yoktur (Steiner, 1983). PAC genellikle zorluklar çıkarırken tüm materyallerden PES, en kolay kurutulandır. PES, polar değildir ve bu yüzden kuru

haldeyken artık ısınmamaktadır. Yüksek frekans tekniği bakımından taşıma bandı için PES kullanılmasının sebebi budur. Bazı poliakrilnitril lifleri, yüksek polar özelliktedir ve kurutmadan sonra da devamlı olarak ısınmaktadır, hatta tutuşma olasılığı mevcuttur. Bu nedenle ne kadar suyun buharlaştırılmak zorunda olduğunu bilmek önemlidir. Dikkat gerektiren diğer bir nokta, poliakrilnitril liflerinde optik beyazlatıcıların farklı tipleri ile ilgilidir. Enerji fazlalığı nedeniyle hafif bir sararma görülebilmektedir. Bu problemin çözümü, düşük bir enerji yoğunluğunu sağlamaktır ve yüksek enerji tesislerinde geniş bantların tercih edilmesinin sebebi de budur. Diğer materyaller nadiren probleme neden olmaktadır bununla birlikte polar olan poliamid liflerinde de keza dikkatli olmak gerekmektedir.

Tekstil endüstrisinde yüksek frekans kurutmanın kullanılması esnasında bazı durumlarda liflerin renklerinin solması görülmektedir. Bunun için sebepler farklı güç yoğunluklarında ve çalışma frekanslarında farklı yüksek frekans kurutucu tiplerinde araştırılmıştır. Ağartılmış ya da pastel tonlarda boyanmış partilerde renk tonu değişimleri ile karşılaşılabilir. Bu durum sadece yün lifinde değil pamukta ve özellikle pamuğun ya da viskonun poliakrilnitril lifleriyle karışımlarında da görülebilmektedir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, düşük frekansın ya da yüksek enerji yoğunluğunun kuvvetli bir sararmaya neden olmadığı böylece ağartılmış tekstillerin kurutulması için uygun olduğu anlaşılmıştır. Araştırmalar, tekstillerin sararmasının yüksek frekans koşullarına ait parametrelerden ileri gelmediğini ortaya koymuştur. Temperatur ve süreye kuvvetle bağlı olmakla birlikte pH değeri (en azından yünde) ilave olarak etkilemektedir. Yüksek frekans alanının enerji yoğunluğu ve frekansı belirgin bir şekilde sararmaya neden olmamaktadır (Naefe, and Grassmann, 1987).

Ağartılmış yün ipliklerinin çapraz bobin formunda yüksek frekans ortamında kurutulmasında eğer kurutma sırasında bobinler düşük miktardaki havayla birlikte geçirilirse sararma tolere edilebilir bir değere düşürülebilmektedir. Bobinlerin ve

sargıların dielektrik kurutulması sırasında hızlı bir şekilde 100⁰C kurutma temperaturüne ulaşılmakta ve bobinin iç tabakalarındaki yavaş soğutmadan dolayı göze çarpan bir lif sararması gerçekleşmektedir. Dış kısımdaki bobin tabakalarında önemli bir sararma olmaması amacıyla maksimum kurutma temperaturünü düşürmek için 1 kg ağırlıkta çapraz bobinde 0,1 m³/dk hava akımı yeterli olmaktadır (Kretiz and Töpert, 1992). Sararma derecesi, lif çeşidine ya da lif karışımlarına ve uygulanan ağartma yöntemlerine bağlıdır (Kretiz and Töpert, 1992).

2.14 Yüksek Frekans Kurutma Sistemleriyle Tekstil Terbiyesinde Daha Önce Yapılmış Çalışmalar

Hızlı ve verimli ısıtma sağlaması nedeniyle mikrodalga, günümüze kadar kauçuk vulkanizasyonundan yemek ısıtmaya kadar birçok uygulama alanında kullanılmıştır. Tekstil alanında kullanımları ise kurutma prosesleri ile sınırlı kalmıştır (Haggag, 1990). Yüksek frekans kurutucular tekstil endüstrisinde ilk olarak yün balyaları için kullanılmıştır. Yıllardan beri açık elyaf, tops, çile ve bobinlerin kurutulması için farklı sistemler başarıyla uygulanmıştır.

Mikrodalga kullanımını reaktif boyarmaddelerin kullanıldığı boyama sürecine sokan Ciba Geigy firmasına 1966 yılında patent verilmiştir (Delaney,1972; Haggag et al 1995). Boyarmadde ve lif arasındaki reaksiyon, sıcaklıktaki artışa bağlı olarak artmıştır. Wolsey Ltd., mikrodalga kurutma içeren bir proses kullanarak tekstil materyallerinin kontinü boyanması için 1968 yılında patent almıştır. Belton ve Evans boyama işlemlerini ivmelendirmek için mikrodalga kullanımı üzerine çalışmalar yapmışlardır (Delaney,1972)

RF sistemlerinden farklı olarak MD sistemlerinin tekstil terbiyesinde kullanımı için yapılan çalışmalar hacimli malzemeler için değil, iplik, kumaş ve halı gibi ince yapılı tekstil malzemelerinin ısıtılmasına yöneliktir. Bunun nedenlerinden birincisi, MD teknolojisi ile RF teknolojisine göre çok daha etkin bir ısıtma yapılabilmesi ve dolayısıyla bu tür malzemelerin hızlı bir şekilde ancak MD sistemleriyle ısıtılabilmesi, diğeri ise mikrodalgaların nüfuziyet derinliğinin RF dalgalarına göre çok küçük olması ve bu yüzden de MD teknolojisinin hacimli tekstil mamullerinin ısıtılması için teknik yönden uygun olmamasıdır. MD teknolojisinin tekstil terbiyesinde kullanımı ile ilgili uygulamalar ve araştırma geliştirme çalışmaları ısıtma, kurutma, kondenzasyon, boyama ve baskıda fiksaj ile yünlü kumaşların dezaenfektasyonu gibi alanları kapsamaktadır (Kanık, 1995).

Mikrodalgayı, boyarmaddelerin fiksajında ve diğeri başka alanlarda kullanım açısından cazibeli kılan özelliği, uygun koşullar altında bu ışınlara maruz kalan materyali düzgün ve hızlı ısıtma yetenekleridir. Tekstil işlemlerinde özellikle hızlı fiksaj sağlayan mikrodalgaların kullanımına olan ilgi, Belton tarafından teşvik edilmiştir (Haggag, 1990).

MD ısıtmasının tekstil sanayinde kullanılmasını engelleyen ve henüz tam olarak yenilenemeyen bazı teknik sınırlamaları yanında gerek ilk yatırım gerekse işletme maliyetlerinin tekstil sanayinde kullanılan klasik ısıtma sistemlerine göre pahalı olması RF sistemlerine göre tekstil sanayiinde henüz dikkate değer bir kullanım alanı bulmasına olanak vermemiştir (Kanık,1995).

2.14.1 Yüksek Frekans Ortamında Ürenin Ve Tuzun Etkisi

Reaktif boyarmaddelerle pad-batch yöntemine göre yapılan boyamalarda düzgünleştirme amacıyla kullanılan ürenin, mikrodalga ısıtma ile boyamada lifleri şişirici ve boya banyosunun kaynama noktasını yükseltici bir etkide bulunabileceği genel kabul görmektedir. Liflerin, boyarmaddenin, yardımcı maddelerin, çözücünün dipol momentleri, mikrodalga ısıtma ile boyamada önemli birer parametre olarak değerlendirilmektedir. Bu yüzden, ürenin daha yüksek olan dipol momenti (4.07 D) boya banyosunun kaynama noktasını yükseltebilmektedir. Chiao-Cheng ve Reagan ise ürenin suya göre daha yüksek dipol momentine sahip olması nedeniyle üre ilaveli banyolarda boya alımının arttığını göstermiştir. Diğer taraftan, kullanılan boyarmaddenin dipol momenti de eklenen ürenin dipol momenti kadar boyama sonuçları üzerine etkili olabilmektedir. Yapılan denemelerde görülmüştür ki dipol momenti daha düşük olan C.I Dispers Yellow 7 (1.257 D) boyarmaddesi ile yapılan boyamada, Orange 1 (7.389 D) ve Red 13 (7.710 D)'ten daha yüksek K/S değerleri elde edilmiştir. Bu durum kullanılan boyarmadde ve üre arasındaki dipol momentin farklılığıyla açıklanabilmektedir. Dipol momentinin haricinde, boyarmaddenin ve solventin çözünürlük parametresi, boyarmadde yapısı ve daha başka bazı faktörlerin de mikrodalga ısıtma ile boyamada dikkate alınması gerekmektedir (Soo Kim et al, 2003).

Donmaz P. Ve Miles LWC tarafından yapılan çalışmada (Donmaz, 1986), mikrodalga ünitesinde boyarmadde fiksajının tamamlanmasına yardımcı olup olmayacağını ya da en azından bir artış sağlayıp sağlayamayacağını görmek için reaktif boyama flottesine 150 g/l üre ilave edilmiştir. Mikrodalga ısıtması moleküler tahrik ve sürtünmenin bir sonucu olduğu ve üre sudan daha fazla polar olduğu için, belirli miktarda üre ilavesinin boyarmaddenin fiksajını arttıracığı beklenmiş ancak üre ilavesi fiksajın %2 civarında düşmesine sebep olmuştur. Mikrodalga ısıtmasında su daha hızlı buharlaşacağı için, boyarmadde ve lif arasındaki reaksiyon için daha az bir zaman

kalmayı fiksajın düşmesinin sebebi olarak düşünölmüştür. Fiksaj derecesindeki düşüş; boyama flottesinin belirli miktarda üre içermesinin, sadece sistemin sonuç sıcaklığını arttırmakla kalmadığı aynı zamanda bu sıcaklığı ulaşmak için gerekli zamanı düşürmekte olduğu ile açıklanmıştır.

Wakida ve arkadaşları, naylon ve poliestere liflerinin sulu çözeltilerde 2 dakika süreyle mikrodalga ısıtmaya maruz kalmaları durumunda liflerde kristalin bölge oranının arttığını göstermişlerdir. Sulu üre ve değişik tipteki glikoller bahsedilen etkiyi oluşturmaktadır. Needle ve arkadaşları, farklı polar çözenler içerisinde 1-2 dakika süreyle mikrodalga ısıtmaya maruz bırakılan yün, pamuk ve poliestere kumaşların mukavemet ve boya alım yeteneği de dahil olmak üzere bazı özelliklerinde değişimler meydana geldiğini belirtmişlerdir (Soo Kim et al, 2003).

Boyama banyosuna farklı konsantrasyonlarda NaCl eklenerek mikrodalga ısıtma ile poliestere kumaşların boyama işlemi gerçekleştirilmiştir. Tuzun eklenmesiyle birlikte, boya banyosunun dielektrikliği yanında buharlaşma hızı ve oranında da artış olduğu görölmüştür. Dielektriklik ve sıcaklık yükselme hızında artış olacağı beklentisiyle boyama banyosuna 1-9 mol NaCl ilave edilmiştir. Boyalı kumaşların K/S değerleri boyama banyosuna %1-5 mol NaCl ilave edilince az da olsa yükselmekte, %7-9 mol ilave durumunda ise düşmektedir. Bu sonuçlar, Furuya'nın suya ilave edilen NaCl'ün sıcaklık artış hızını 20°C/saniye'den 35°C/saniye'ye çıkardığı yönündeki bulguları ile örtüşmektedir. NaCl'ün %5 mol üzerindeki miktarları beyaz benekli düzgünsüz boyanmış kumaşlar elde edilmesine neden olmuştur (Soo Kim et al, 2003).

2.14.2 Radyo Frekans Enerjisi Uygulanarak Yapılmış Çalışmalar

Yün karbonizasyonunda işlem genellikle yüksek sıcaklıkta yapılmaktadır (120-130°C). Bu sıcaklıklarda yün parçalanmakta ve sararmaktadır. Yüksek konsantrasyondaki sülfürik asit çözeltisi de bunu hızlandırmaktadır. Bu yeni metotta

sıcak hava yerine radyo frekans elektromanyetik alanında işlem yapılmaktadır. Yün sıcaklığı 100°C'nin üzerine çıkmamakta ve nem %10-15 olmakta fakat bitkisel artıkların parçalanması için gerekli ısı oluşmaktadır. Bu durumda sülfürik asit konsantrasyonu %35-40 kadardır. Yün lifinin hızlı hidrolizi ise asit konsantrasyonu % 40'ın üzerinde olduğunda başlamaktadır (Baltina and Brack, 2000)

Bezayağı ve yünlü kumaşların yüksek frekans ve konvektif kurutucularla kurutulması üzerine yapılan çalışmalarda nem oranı % 20'nin üzerinde iken her iki proseste de % 1,5-2,5 oranında çekme olduğu, önemli çekmelerin (atki doğrultusunda) bu nem içeriğinin altına inildiğinde ortaya çıktığı gözlenmiştir. Konvektif sistemde bu nem içeriğinin altında kumaşın çekmesi % 4-6'ya kadar ulaşırken RF kurutmada %1'e ulaşmaktadır (Routte ve Grossmann, 1982).

Yün ve diğer hayvansal liflerin (kaşmir gibi) boyanmasında RF enerjisiyle % 62 gibi bir tasarruf söz konusu olabilmektedir. 90 dakikada ulaşılan fiksaj değerlerine RF'da 30 dakika sonunda ulaşılabilir (Smith, 1985).

RF enerjisi, haşılı ipliklerin kurutulmasında da kullanılabilir. Kurutma etkinliği konvansiyonel silindirik kurutuculara göre son derece yüksektir. RF ile kurutulmuş haşıl ipliklerinin dokuma veriminin daha yüksek olması, makinenin durmasıyla ipliklere zarar verilmemesi, daha az yer ihtiyacı, daha yüksek kurutma hızı, kurutmanın kendi kendini sınırlaması avantajları arasında belirtilmektedir (Aniş, 1994). EPRI'nin (Electric Power Research Institute) "Radio Frequency and Infrared Drying of Sized Textile Warp Yarns" başlıklı raporunda 12,5 kW RF jeneratörüyle yapılan çalışma sonucu % 2 neme kadar kurutma sağlanabildiği, elektrolit ilavesi ile haşıl çözeltisinin elektriksel iletkenliğinin arttırılması sayesinde RF etkisinin iki katına çıktığı belirtilmektedir (EPRI, 1990).

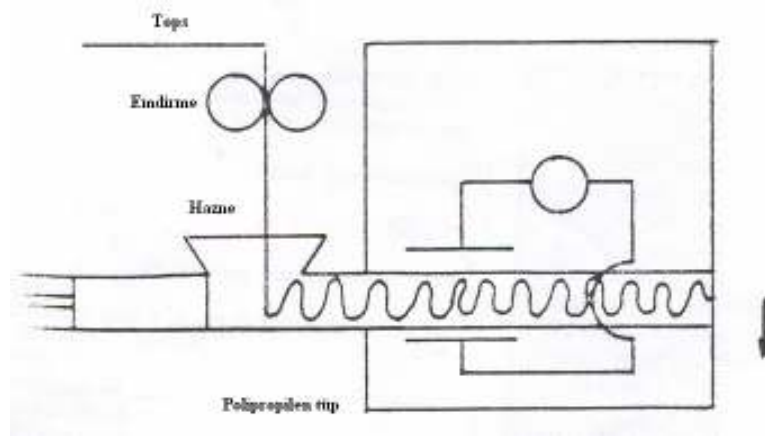
Başka bir çalışmada pamuklu mamullerin H_2O_2 ağartması RF enerjisi ve pad-steam prosesleri karşılaştırılarak incelenmiştir. 5 dakika süreyle elektrotlar arasında kalan kumaş, daha sonra 30 dakika boyunca elektrotların devamındaki tüpün içerisinde bekletilerek reaksiyon tamamlanmıştır. 45 dakikalık bir buharlamayla kıyaslandığında silikat ve organik poliasit tuzlarının RF’de daha iyi sonuçlar verdiği, aynı zamanda bu değerlerin buharlama ile elde edilen beyazlık değerlerinden yüksek olduğu bulunmuştur.

Yine pamuklu mamullerin peroksit ağartmasıyla ilgili olarak yapılan başka bir araştırmada; sararmayı önleyebilmek için enerjinin tatbik edilmesinden sonra mamul üzerinde kalan nem oranının % 60’dan daha az olmaması gerektiği belirtilmektedir.

Pamuklu kumaşların radyo frekans enerjisi ile ağartılması araştırılmış ve pad-steam ağartma ile karşılaştırılmıştır. Pamuklu kumaşların hidrojenperoksit ile RF enerji alanında iyi bir şekilde ağartılabildiği görülmüştür. Çeşitli hidrojen peroksit stabilizatörlerinin performansları da incelenmiştir. Stabilizatörlerin tümü etkilidir ancak bazıları RF enerjisi kullanıldığı durumda, pad-steam yöntemine göre daha yüksek beyazlık sağlamaktadır. Yırtılma dayanımı testleri sonucunda, RF enerjisi ile yapılan ağartma sonrasında bir zarar oluşmadığı görülmüştür (Garner and Barkhuysen, 1984, SAWTRI Technical report 559).

Pamuklu kumaşların radyo frekans enerjisi ile boyanması incelenmiş ve konvansiyonel yöntemle kıyaslanmıştır. Reaktif boyarmaddelerle, 27,12 ve 2450 MHz frekanslarında başarılı boyamalar elde edilmiştir. Pad-steam ve pad-termofiksaj boyamalarına kıyasla yüksek-frekans enerjisi ile işlem görenlerin boya fiksaj derecesinin daha iyi olduğu bulunmuştur (Garner and Barkhuysen, 1986, SAWTRI Technical report no. 580).

Barkhuysen ve arkadaşları SAWTRI’de bir Fastran RF makinesinin yün topalarının reaktif boyarmaddelerle, poliesterin dispers boyarmaddelerle, poliamid 6’nın asit boyarmaddelerle ve akrilik liflerin bazik boyalarla boyanmasında kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Lifler 1,5 kW Fastran (27,12 MHz) laboratuvar tipi makinede (Şekil 2.21) boyanmıştır. Boyanmamış lifler normal boyarmadde ve kimyasalları ile % 80 A_f olacak şekilde klasik bir fulardda emdirilmekte ardından bir hazneye bekletilmeden beslenmektedir. Emdirilmiş lifler makinenin daha sonraki kısmında polipropilen bir kanala alınmaktadır. Tüp lifleri çevrelemekte ve elektrotlar arasında yönlendirmektedir. 116⁰C’ ye kadar reaksiyon sıcaklığına ulaşılabilmiştir. 125⁰C’ ye ulaşabilen bir özel cam tüp ve deşarj ünitesi de dizayn edilmiştir (Mock and Myers, 1983) .



Şekil 2.21 Tops boyamanın yapıldığı laboratuvar tipi Fastran marka RF makinesinin şematik görünümü

Boyamadan gelen bobinleri direkt olarak santrifujlamadan kurutabilmek mümkündür. Hava akımı ve RF enerjisi birlikte kullanılarak yapılan kurutmalarda renklerde bozulma olmaması ve elyafın zarar görmemesi avantaj olarak belirtilmekte ve 1 KW’ lık elektrik enerjisi ile yün ipliklerinden 1 kg. suyun uzaklaştırılabileceği iddia edilmektedir (Henderson et al 1982).

Reaktif boyarmaddelerin pamuğa fiksasi için soğuk bekletme yöntemi ve RF enerjisi ile gerçekleştirilen çalışmaların karşılaştırılmasında; prosesin son derece hızlandırıldığı ve 24 saatlik bekletme sürelerinde ulaşılan fiksaj değeriğine 60 dakikalık bir bekletmenin ardından yapılan 60-90 saniye RF enerji desteği ile yaklaşık olarak aynı düzeyde ulaşılabileceği bulunmuştur. Fiksajdaki başarının daha ziyade alkali cinsi ve miktarı tarafından etkilendiği belirtilmektedir. Boyarmadde ve kimyasallarda ise herhangi bir tasarruf sağlanamamıştır (Carlough and Perkins,1993).

Diklortriazin boyalarının fiksajı için RF’de yapılan bir çalışmada elektrolit içeriğinin önemli bir faktör olduğu belirtilmektedir. Elektrolit içeriği arttıkça kumaşın RF enerjisini absorblaması artmaktadır. Bu durum ise kumaşın kurumasına neden olmaktadır (Burkinshaw and Marshall, 1986)

Poliester çeşitli dispers boyalarla emdirilip kurutulduktan sonra radyo frekans enerjisine tabi tutulduğunda herhangi bir fiksaj sağlanamamaktadır. Bununla birlikte, kurutulmuş liflerde üre, gliserol gibi çeşitli kimyasallar bulunduğunda özellikle yüksek dipol momentine sahip boyarmaddelerde daha yüksek fiksaj değeriği elde edilmiştir. Konvansiyonel yöntemlerde elde edilen fiksajın, boyarmadde polaritesinden bağımsız olduğu ve direkt RF (kurutmadan) ile elde edilenden daha düşük olduğu belirtilmiştir (Garner, 1983, SAWTRI-Technical-Report-No.516)

Asit boyalarının naylon liflerine fiksajında radyo frekans enerjisi kullanılmıştır. Fikse sıcaklığına hızla çıkılması dolayısıyla, boya penetrasyonunda bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca dispers boyarmaddelerin poliestere ve reaktif boyaların da pamuğa fiksajı konularında da başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Perkin and Catlow, 1984).

2.14.3 Mikrodalga Enerjisi Uygulanarak Yapılmış Çalışmalar

Pamuklu kumaşların reaktif boyarmaddelerle fiksajının yapılmaya çalışıldığı bir araştırmada, kumaşlar emdirme sonrasında cam bir tabak içine konularak, mikrodalga (1.3 KW çıkışlı 2450 MHz frekansla çalışan Moulinex FM 1235) ısıtmaya tabi tutulmuştur. Farklı reaktif boyaların renk verimi üzerine önemli farklılıklar yarattığı gözlenmiştir. 2-4 dakika fiksaj aralığında Remazol ve Cibacron boyarmaddeleri iyi sonuçlar vermiştir. Procion M ve Levafix E boyarmaddeleri ile ise 30-50 saniye fiksaj aralığında iyi sonuçlar elde edilmiştir. Fiksaj oranını kontrol eden ana etmenin, difüzyon oranını etkileyen boya molekül büyüklüğü ve boya-lif reaksiyon oranını etkileyen reaktif grubunun reaktivitesi olduğu düşünülmüştür. Kullanılan alkalinin etkisi incelendiğinde en iyi sonuçların NaHCO_3 ve Na_2CO_3 ile elde edildiği görülmüştür. NaOH ve KOH gibi güçlü alkaliler kullanıldığında ise renk veriminde önemli bir düşüş olduğu belirtilmiştir. Bu düşüşün yüksek reaktifliği olan boyarmaddenin muhtemelen hidroliz olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. NH_4OH kullanıldığında renk veriminde meydana gelen düşüşün ise; amonyağın buharlaşarak lif-boyarmadde reaksiyonunu sağlayacak gerekli alkali miktarının azalmasına sebep olmasından ileri geldiği tespit edilmiştir. Remazol ve Cibacron boyarmaddeleri ile emdirilmiş pamuklu kumaşların renk verimlerinin incelenmesi Na_2CO_3 'ın kısa fiksaj sürelerinde iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. Elektrolit ilavesi sonucunda enerji absorpsiyon oranındaki artışın boyama işlemlerinde belirgin bir öneme sahip olduğu, ürenin mikrodalga enerjisinin kuvvetli bir şekilde absorbe ettiği ve böylece örneklerin hızlı bir şekilde kurumasına yol açtığı belirtilmiş ve kumaşa aplike edilen boyama flottesi bileşenlerinin, kumaşın kuruma davranışını etkileyen önemli bir faktör olduğu vurgulanmıştır (Haggag, 1990).

Geçmiş yıllarda, International Wool Secretariat tarafından yünün boyanması için soğuk bekletme yöntemi geliştirilmiştir. Yöntem, yüksek konsantrasyonda üre

içeren kıvamlı boya çözeltisiyle kumaşın emdirilmesi, polipropilen ile partinin kaplanması ve boyamanın tamamlanması amacıyla oda sıcaklığında 24 ya da 48 saat bekletilmesi esasına dayanmaktadır. Partinin sıcaklığında artış olması yünün reaktif boyarmaddelerle fiksaj oranlarını artırdığı bilinmektedir. İşlem süresinin kısaltılmasında mikrodalganın faydalı olabileceği düşünülmüş bu amaçla IWS soğuk bekletmede kullanılan çözelti tipleri standart yünlü kumaşa uygulanarak ardından sıcaklığın yükseltilmesi amacıyla kumaşlar mikrodalgaya maruz bırakılmıştır. Emdirilen kumaş polipropilen tüpe sarılmış, kumaş topu polietilen film ile kaplanmış ve son olarak poliüretan köpük tabakasıyla sarılmıştır. Yığın, mikrodalga fırına (Philips Model HN 1102 multi-mode 1.3 kW çıkışlı 2450 MHz) yerleştirilmiş ve belirlenen sürelerde bekletilmiştir. Çalışmada kullanılan boyarmaddeler ya diklortriazin ya da α -brom akrilamid reaktif gruplarını içermektedir. α -brom akrilamid boyalarının fiksajları daha yüksek olmak üzere bu boyarmaddelerle iyi fiksaj sonuçları elde edilmiştir. Koyu ton boyamalarda (%4) elde edilen fiksajlar özellikle iyi olmuştur. Fakat boyamaların görüntüleri özellikle iç katmanlarda iyi olmamıştır. Bunun nedeninin ise mikrodalga işlemi süresince kumaşın sarıldığı bağıl olarak daha soğuk olan polipropilen tüp üzerine verilen buharın yoğunlaşması olduğu düşünülmüştür. Bu problemin üstesinden gelebilmek amacıyla sargıdaki sıcaklığın 100°C'ye ulaşmamasına ve 80°C'de sınırlandırılmasına karar verilmiştir. Sargı içersindeki sıcaklık değişiminin dış kısımda iç kısma göre 30°C daha sıcak olduğu bulunmuştur. Mikrodalga alanının ya da diğer faktörlerin düzgünsüzlüğü nedeniyle bu etkinin üstesinden gelebilmek amacıyla sargı döndürülmüştür. Bir saat sonunda mikrodalgalı sargıların elde edilen fiksaj değerleri hiçbir durumda oda sıcaklığında 24 saat bekletilen sargıların fiksaj değerlerinden daha düşük çıkmamıştır. Reaktif Blue 94'ün kullanıldığı mikrodalga işleminin gerçekleştirildiği durumda fiksaj belirgin bir şekilde geliştirilmiştir (Delaney, 1972).

Poliester kumaşların alkalizasyon sayesinde yüzey modifikasyonunda mikrodalga enerjisinin kullanıldığı çalışmada (Elgert and Hoffmann, 1995), kumaş

alkali flotte ile muamele edilmiş sonra mikrodalga fırına alınmıştır. Alkali konsantrasyonunun, bekleme süresinin ve mikrodalga fırının gücüne ait varyasyonlar denenmiştir. Sabit bekleme süresinde mikrodalga fırının gücü arttırıldıkça soyma derecesinin de arttığı, gücün daha da arttırılmasının soyma derecesini artık daha fazla arttırmadığı, hızlı bir kurumanın gerçekleştiği görülmüştür. Kısa proses süreleri ve ulaşılan soyulma dereceleri homojen bir mikrodalga alanının oluşturulmasını zorunlu kılan sürekli çalışmayı mümkün kılmaktadır.

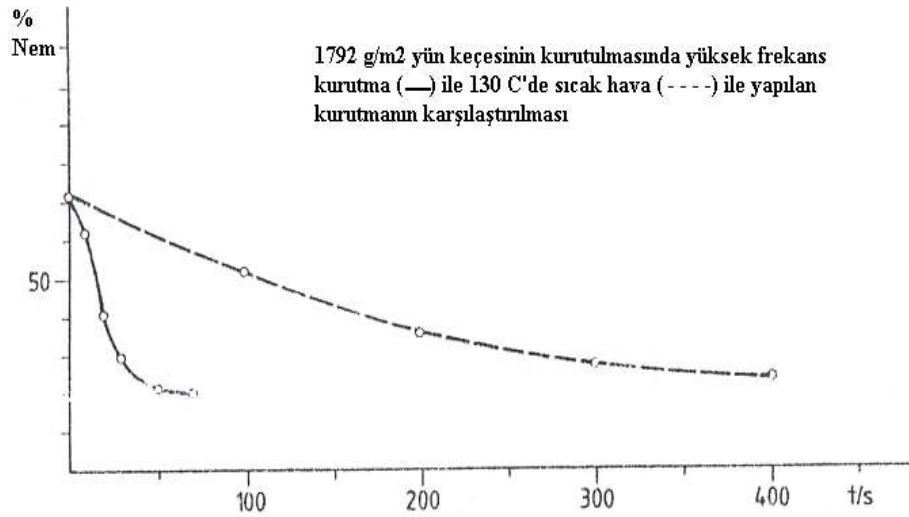
Poliesterin alkalizasyonu için kullanılan mikrodalgaanın verimliliğinin klasik ısıtma metodundan daha yüksek olduğu Xu We and Yang (2002) tarafından yapılan çalışmada da belirtilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre kostik konsantrasyonu arttığında, hidroliz oranı hızlı bir şekilde artış göstermektedir. Muamele edilen kumaşın su emme yeteneği, kumaşın ağırlık kaybı arttıkça artmaktadır; buna karşın ağırlık kaybı çok yüksek olduğunda kumaş çok incelmekte ve su emme yeteneği gittikçe azalmaktadır. Boya alımı, ağırlık kaybı arttığında daha fazla olmaktadır; bu, çoğunlukla elyafın inceliğinde meydana gelen artıştan kaynaklanmaktadır.

Ichikin Ltd (Japonya) Apollotex elektron reaktörü, mikrodalga bölgesinde (2450 MHz) çalışan açık en işlem cihazıdır. Bu cihazın asıl orijinal kullanımı PES'in alkalizasyon işlemidir. Apollotex sürekli reaktöründe reaksiyon kamarasına buhar ve mikrodalgaanın aynı beslenerek yapıldığı bir PES kostikleme araştırmasında; konvansiyonel olarak 25 dakika buharlama ile elde edilen % 30-35'lik ağırlık kayıplarına bu reaktörde 2 dakikada ulaşılabilirdi bulunmuştur (Aniş,1994). Boyama işleminde emdirmeden sonra A_F %80 olacak şekilde kumaş sıkılmaktadır. Açık en kumaşlar mikrodalga bölgesinden geçmekte ve daha sonra bunu takiben dokun üzerinde dönme periyodu boyunca mikrodalgaya maruz bırakılmaktadır. Toplam işlem süresi 10 ile 20 dk arasında değişmektedir. Direkt, reaktif, asit ve katyonik boyarmaddeler için orta ve koyu tonlarda ve küp ve dispers boyalar için açık, orta tonlarda başarılı denemeler yapıldığı belirtilmiştir (Mock and Myers, 1983). Apollotex

reaktöründe buhar beslenen (100°C 'de) bir kamaraya aynı anda mikrodalga da verildiğinde $70\text{-}300\text{ g/m}^2$ gramajlı kumaşları boyamak mümkün olmaktadır. Gerekli zaman 6 kat daha azdır. Kumaş boyama flottesini ile emdirildikten sonra reaktöre girmektedir. Buhar ortamında özel dizaynedilmiş bir levende sarılarak ve döndürülerek mikrodalgaya maruz bırakılmaktadır. Levent mikrodalga enerjisi tarafından üniform ısıtılacak şekilde dizaynedilmiştir ve boyama tamamlanınca dışarıya alınmaktadır (Aniş,1994). Poliester kumaşın mikrodalga ısıtma ile boyanmasında emdirme flottesinin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada (Soo Kim et al, 2003), PES kumaşlar üre ve sodyumklorür içeren sulu çözeltilerle 10 dakika emdirilmiş ve ardından iyi bir çekirtilme sağlayacak optimum koşullar altında 7 dk süreyle mikrodalga aparatında boyanmıştır. Mikrodalga ile boyamada, emdirme çözeltisi olarak sodyumklorür ve ürenin sulu çözeltilerinin sudan daha etkili oldukları görülmüştür. Emdirme flottesine ilave edilen çözücünün cinsi ve çözücü maddenin konsantrasyonu boyalı poliester kumaşların K/S değerleri üzerinde önemli derecede etkili çıkmıştır. Mikrodalga enerjisi ile boyamada emdirme flottesine n-hekzan, aseton ve dimetilformamid ilavesinin, %100 su ile yapılan emdirmeye göre daha yüksek K/S değerleri verdiği belirtilmiştir. Mikrodalga ısıtma ile boyama daha az enerji harcayan ve kısa ısıtma süresi nedeniyle boyama maliyetini düşüren bir yöntemdir. Fakat %100 su içerisindeki dispers boyarmadde ile yapılan boyamada flotte sıcaklığını 100°C 'nin üstüne çıkarmak zor olduğundan aynı çalışmada boyama flottesinin kaynama noktası ve boyanabilirliğin geliştirilmesi için, üre ilave edilmiştir. Su ile hazırlanan boya çözeltisine üre ilave edilmesi, ürenin yüksek dipol momenti nedeniyle, boya banyosunun kaynama noktasında yükselme yarattığı gözlenmiştir. Çalışmanın sonucunda, mikrodalga ısıtma ile boyamada flotteye üre ilave edilmesinin bütün konsantrasyonlar için boyarmadde alımını arttırdığı, NaCl'ün banyoya 1 -5 mol/l'lik ilavesi durumunda boyarmadde alımında zayıf da olsa artış meydana geldiği, ancak 5 mol'ün üzerinde kullanıldığında beyaz lekelenmeler oluşup boyamada düzgünsüzlük meydana getirdiği bulunmuştur. Beş farklı organik solvent banyoya ilave edilmiş ve bazı durumlar dışında, banyoya

ilave edilen solventin miktarı arttıkça boyanan kumaşın K/S değerinin de arttığı tespit edilmiştir (Soo Kim et al, 2003).

Dr. Ing. Paul Naefe ve Dipl. Ing Hans Christian Grassmann tarafından yüksek kurutma hızlarındaki efekti belirginleştirmek için, yünlü ve pamuklu kumaşlarla farklı denemeler yapılmıştır. Mal gramajının varyasyonları, kısmen hafif 110 g/m² kumaşın tek, iki ve 4 kat katlanması ile simule edilmiştir. Pamuklu dokuma kumaş için oluşturulan eğriler kurutma süresinin yaklaşık olarak malın gramajı ile orantılı bir şekilde arttığını işaret etmiştir. Farklı mal çeşitleriyle elde edilen sonuçlar, ramözle kurutma esnasında sadece malın gramajının değil içinden geçirme direncinin de kurutma hızına etkisinin olduğunu göstermiştir. Yüksek frekans kurutmadakine karşılık bundan dolayı, ramözde orantılı olarak artan kurutma süreleri ortaya çıktığı belirtilmiştir. Yüksek frekans kurutmanın avantajının özellikle çok ağır ve kalın mallarda belirgin olduğu gözlenmiştir. Kurutma seyri Şekil 2.22’de verilen yün keçe örneğinde, yüksek frekans kurutma tekniğinin hangi kullanım alanlarında büyük avantajlar getirdiği açıkça görülmektedir. (Naefe and Grassmann, 1989).



Şekil 2.22 Yün keçenin kurutulmasında yüksek frekans ve konvansiyonel kurutmanın karşılaştırılması

Aniş P.,(1994) tarafından yapılan doktora tez çalışmasında yüksek frekans teknolojisinin n terbiye işlemlerinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Pamuklu kumaşlar üzerindeki araştırmalar çalışmanın temelini oluşturmuştur. Mikrodalga enerjisi ile tek adımlı ve iki adımlı prosesler uygulanmıştır. Tek adımlı proseslerde pel uzaklaştırmada tatminkr sonuçlar alınamamış, haşıl sökme derecelerinde sorunlarla karşılaşılmıştır. Reçete optimizasyonları sonrasında mikrodalga periyodundan önce 3 dk'lık bir n buharlama ile başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Tek adımlı proseslerde 3 dk bir n buharlama ve ardından 2 dk'lık bir mikrodalga+buhar periyodu ile 20 dk.'lık buharlama ile ulaşılan değerlere ulaşılmıştır. Ynl kumaşlar için yükseltgen ve indirgen ağartmaların ardı ardına yapıldığı prosesler en iyi sonuçları verirken, poliester kumaşlarda mikrodalga enerjisi ile sodyumklorit ağartmasının başarı ile yapılabilieceği saptanmıştır.

Kenkyu ve arkadaşları (1986) tarafından yapılan bir diğer çalışmada reaktif boyarmadde pamuk liflerine % 6 üre ile mikrodalga kullanılarak fikse edilmiştir. Poliester kumaş ise dispers boyarmadde ile % 7,5 üre kullanılarak HT şartlarında ve buhar+MD kombinasyonuyla 8 dakika fikse edilmiştir. Mikrodalga ile fiksaj sonucu daha yüksek renk verimleri elde edildiği belirtilmiştir.

Novoselova ve arkadaşları (1999) tarafından yapılan bir araştırmada pamuk liflerine yüksek frekans ortamında pigment baskı yapılmıştır. Kıvamlaştırıcı olarak metil selüloz kullanılmıştır. Fiksaj için yüksek frekans kullanıldığında (40,12 MHz, 6-10 s) kurutma adımıının elimine edilmesinin mümkün olduğu ifade edilmektedir. Donmaz ve Kanık (1993), tarafından pigment baskıların mikrodalga ile fiksaj şartları incelenmiştir. Çalışmada binder makromoleküllerinin polimerizasyonunun mikrodalga ile gerçekleştirilebileceği ve sentetik kıvamlaştırıcı içeren normal baskı patlarında sistemin polaritesinin gerekli mikrodalga enerjisi absorpsiyonu için yeterli olduğu bulunmuştur.

3. REAKTİF BOYARMADDELER

3.1 Reaktif Boyarmaddelerin Tarihi Gelişimi ve Özellikleri

1957 yılında reaktif boyarmaddelerin ortaya çıkması, pamuklu boyama ve baskı işletmeleri için en önemli olay olarak değerlendirilmiştir. Canlı renkleriyle üstünlük sağlayan reaktif boyarmaddeler bu konuda bazik boyarmaddelere benzemektedir. Ancak sağladıkları yüksek renk haslıkları sayesinde, bu boyarmaddelerden çok farklıdırlar. Üstün özellikleri reaktif boyarmaddelerin boyahanelere ve baskı işletmelerine hızlı bir şekilde girmesini sağlamış ve bugün pamuk boyacı ve baskıcıları için vazgeçilmez olmuşlardır.

Reaktif boyarmaddelerin tarihi gelişimi incelendiğinde ilk çalışmaların 1895 yılında başladığı ortaya çıkmaktadır.

1895 Cross/Bevan : Lif üzerinde azo boyarmaddesi oluşturmak için selülozun p-amino benzen derivatını oluşturma denemeleri yapılmıştır.

1924 BASF : Azo boyarmaddeleri selüloza ester köprüleri üzerinde bağlanmaya çalışılmış ancak ester köprüleri çok kolay açıldığı için başarısız olunmuştur.

1936 Matter : Diklortriazin gruplarının önemli substantif özelliklerine dair yayın yapılmış ama dikkate alınmadan kalmıştır.

1954 W.E.Stephen/I.D.Rattee : Siyanürklorür grupları içeren boyarmaddelerle araştırmalar yapılmıştır. Pamuklu boyamalarında fevkalade iyi yaş haslıklara ulaşılmış ve patent alınmıştır.

1956 ICI :Stephen ve Ratee'nin buluşu Procion markasıyla piyasaya sunulmuştur.

1957-1964 :Tüm tanınmış önemli boyarmadde üreticileri (CIBA-Geigy, Hoechst, Bayer, Sandoz, BASF) piyasaya reaktif boyarmaddeleri çıkarmışlardır.

Reaktif boyarmadde sınıfında %80 civarında azo esaslı boyarmaddeler söz konusu olduğu için üretim teknikleri kural olarak nisbeten basittir. Reaktif boyarmaddeler, iyi egalize yeteneği sayesinde mamülün içine işleyen kusursuz bir boyama, iyi örtücülük, çözünürlük ve boyamaların iyi tekrarlanabilirliği ile üstünlük göstermektedir. Sayılan bu avantajlarının yanında birkaç tane de dezavantaja sahiptir :

- Bazı reaktif boyarmaddelerin ağartma koşullarına karşı dayanıklılığı, yeterli olmamaktadır. Özellikle kritik olan oksidasyon maddelerinin etkileridir (kullanılan sudaki klor ve yıkama maddelerindeki peroksit). Ayrıca ter ile kombinasyonda yaş ışık haslıkları genellikle problem oluşturmaktadır.
- Boyacı bakımından en önemli dezavantaj; maliyetin artmasına sebep olan ve atık su yükünü arttıran yüksek elektrolit tüketimi yanında (50'den 80 g/l'ye kadar) yetersiz fiksaj verimi gösterilmektedir (Ritter, 1999).

Çektirme yöntemine göre yapılan boyamalarda, reaktif boyarmaddelerin substantifikleri genelde düşük olduğu için, flotteye fazla miktarda (50-100 g/l) tuz ilavesi yapılmaktadır. Son yıllarda çektirme yöntemine göre yapılan boyamalarda az tuzlu boyamaya uygun yeni geliştirilen;

- Levafix OS (Dystar)
- Procion XL+ (Dystar)
- Cibacron LS (Ciba)
- Sumifix YÜKSEK FREKANS (Sumitomo)

boyarmaddeleri kullanılarak, tuz miktarı yaklaşık 1/3 oranında azaltılabilmektedir.

Boyamada gerekli tuz ihtiyacı kullanılan boyarmadde cinsine, boyama koyuluğuna ve boyama koşullarına (flotte oranı, sıcaklık vb.) bağlı olarak sodyumsülfat veya sodyumklorür ile karşılanmaktadır. Boyamanın sonucu, kullanılan tuz miktarı ve tuz cinsi ile yakından ilgilidir (Yurdakul ve Atav, 2006).

Lifle reaksiyona girmeyen boyarmadde kısmı, yıkayarak uzaklaştırılmak zorundadır Abeta ve arkadaşlarına göre, fıkse olmamış boyarmaddenin yıkayarak uzaklaştırılmasında yıkama işlemi için enerji maliyetleri boyama prosesi için gerekli maliyetlerin beş katını aşmaktadır (Ritter, 1999).

Çizelge 3.1 Reaktif boyarmaddelerin avantaj ve dezavantajları

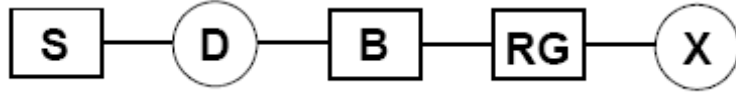
Avantajlar	Dezavantajlar
Parlak renk tonları	Kısmen düşük klor ve peroksit haslıkları
Geniş renk paleti	Genelde düşük yaş (Ter+Işık) ışık haslığı
Çok iyi yaş haslıklar	Kırmızı renklerde sınırlı ışık haslığı
Basit boyama yöntemi	Yüksek miktarda tuz kullanımı
Küp boyamaya göre uygun fiyat	Düşük boyarmadde verimi (%60-80)
Fiksajdan önce boyamanın düzgünleşmesi mümkün	Çok sayıda yıkama işlemi gerekliliği
Dozajlama yöntemine çok iyi uyum	Yüksek atık su yükü

3.2 Reaktif Boyarmaddelerin Yapısı

Reaktif boyarmaddelerin karakteristikleri küçük ve basit bir molekül yapısına sahip olmalarıdır. Molekül ağırlıkları genelde 69- 221 g/Mol' dür. Küçük partikül özelliği liflere hızlı bir şekilde nüfuz etmelerini sağlamaktadır.

Reaktif boyarmaddeler ile ipek ve poliamid lifleri de boyanabilmektedir. Ancak reaktif boyarmaddeler esas olarak selüloz ve yün lifleri için kullanılmaktadır. Boyarmadde molekülü, çözünürlük sağlayan gruplar içeren ve asıl boyarmadde molekülü ile buna köprü bağları üzerinden bağlanan reaktif grup veya gruplardan oluşmaktadır (Şekil 3.1).

Reaktif grup ile bağ oluşturabilecek fonksiyonel grup; selüloz lifleri için hidroksil; yün ve ipek için amino, karboksil, hidroksil ve tiyoalkol; poliamidler için ise amino ve karboksil gruplarıdır.



S: Suda çözünürlüğü sağlayan grup

D: Kromofor

B: Köprü grubu

RG: Reaktif grup

X: Yer değiştiren grup

Şekil 3.1 Bir reaktif boyarmaddenin yapısı

Boyarmadde molekülünde iki ya da çok sayıda reaktif grup varsa, bunlar kromoforun farklı taraflarına ayrılabilmekte ya da kromoforun aynı tarafında (Şekil 3.2) bulunabilmektedir (Ritter, 1999).



RG: Reaktif grup

D: Boyarmadde kromoforu

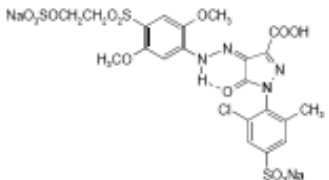
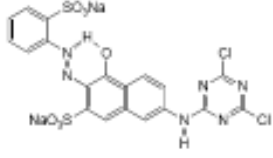
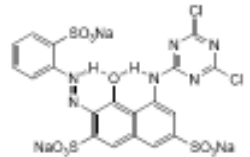
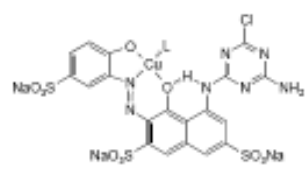
Şekil 3.2 Reaktif boyarmaddede reaktif grupların düzenleri

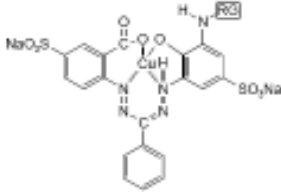
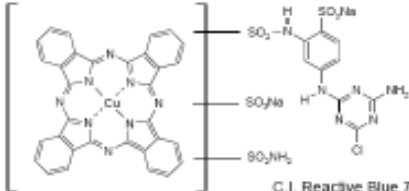
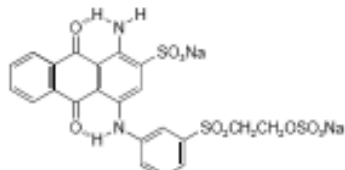
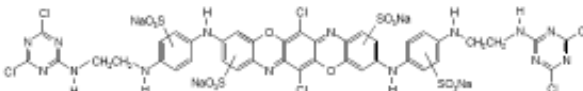
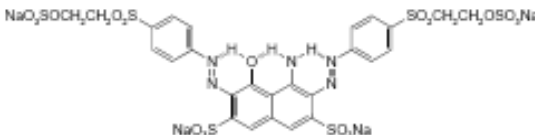
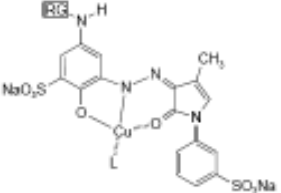
3.2.1 Reaktif boyarmaddenin kromoforu

Zollinger'e göre tüm reaktif boyarmaddelerin yaklaşık olarak %80'i azo boyarmaddesidir. Büyük nüans değişikliklerine yeşil-sarıdan siyaha kadar tonlarda, azo bileşikler tarafından ulaşılmaktadır. Özellikle sarı, turuncu ve kırmızı renk tonları için

metal içermeyen monoazo boyarmaddeleri kullanılmaktadır. Viyole, yakut kırmızısı, lacivert alanı mono ve disazo boayarmaddelerinin bakır kompleksi sayesinde elde edilebilmektedir. Yüksek ışık haslıklarıyla parlak mavi ve yeşil tonları, bugün renk kuvvetinden dolayı trifendioksazin kromoforu sayesinde elde edilmekte, turkuaz tonlarının elde edilmesinde bakır ve nikelftalosiyanin sülfon asidi kullanılmaktadır (Ritter, 1999).

Çizelge 3.2 Reaktif boyarmaddelerde farklı boyarmadde sınıflarının ve kromoforlarının özeti

Boyarmadde	Kromofor	Renk
 C.I. Reactive Yellow 17	Azo	Sarı
 C.I. Reactive Orange 1	Azo	Turuncu
 C.I. Reactive Red 1	Azo	Kırmızı
 C.I. Reactive Violet 2	Azo-bakır kompleks	Viyole

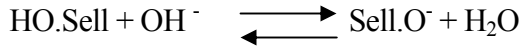
Boyarmadde	Kromofor	Renk
	Bakır kompleks- Formazan	Lacivert
 C.I. Reactive Blue 7	Ftalosiyanin	Turkuaz
 C.I. Reactive Blue 19	Antrakinon	Parlak mavi
	Trifendioksazin	Parlak mavi
 C.I. Reactive Black 5	Disazo	Siyah
	Azo-bakırkomplex	Kahverengi

Kaynak: Ritter, 1999

3.2.2 Reaktif Boyarmaddelerin Reaktifliği

β -Sülfato-etilsülfon (korunmuş vinilsülfon) grubu içeren Remazol boyarmaddeleri bir tarafa bırakılırsa; selüloz liflerinin boyanmasında kullanılan reaktif boyarmaddelerde genellikle reaktif grup olarak heteroçiklik halkalı bileşikler söz konusudur ve boyarmadde lif arasındaki kovalent bağ bunlardaki halkaya bağlı bir substitüentin lif makromolekülündeki fonksiyonel (görevli) gruplar (-OH, -NH₂, -SH) ile yer değiştirmesi sonucu oluşmaktadır.

Reaktif boyarmaddelerle boyamalar, selülozun nükleofil karakterinin fazla olduğu bazik ortamda yapılmaktadır.



Ortamdaki baz, klor substituentli heteroçiklik halkaları reaktif grup olarak içeren boyarmaddelerin liflerle reaksiyonu sırasında açığa çıkan hidrojenklorürü nötrleştirerek bunların liflere zarar vermesini engellemektedir. β -substitüe etan türevleri içeren boyarmaddelerde ise, substitüentin koparak esas reaktif grup olan vinil grubunun meydana gelmesi de ancak bazik ortamda hızla mümkün olmaktadır.

Reaktif boyarmaddeler genel olarak şu şekilde sınıflandırılabilir:

1. Heteroçiklik Halkalı Reaktif Boyarmaddeler

Bu tip boyarmaddeler nükleofil substitüsyon reaksiyonu ile lif makromoleküllerine bağlanmaktadır.

Uygun reaktif grup: Siyanürklorür (2,4,6-triklor –1,3,5 Triazin)

İşlemin kontinü olarak nispeten ucuz yapılabilmesi ve üç klor atomunun farklı temperatürlerde ard arda yer değiştirebilir olması siyanürklorürün avantajlarındandır. İlk klor 5, ikinci klor 20- 30, üçüncü klor 80-100 °C’de yer değiştirmektedir. Reaktif

boyarmaddeler triazin halkasında ya bir ya da iki klor atomuna sahip olduğu için soğukta ve ılıkta boyayanlar olarak ayrılabilirlerdir.



Şekil 3.3 Bir siyanürklorür reaktif boyarmaddenin selüloz ile reaksiyonu

L: Çözünürlük sağlayan grup F: Kromofor B: Köprü grubu

İlk klor atomu, asıl boyarmadde molekülü ile bağlı olan köprü grubu (örn.-NH-) ile yer değiştirmektedir. İkinci klor atomu sıcakta boyayan boyarmaddelerde NH_2 -, -OCH_3 -, $\text{-C}_6\text{H}_4\text{SO}_3$ - ya da diğer nükleofil grup ile yer değiştirmektedir. Selülozun hidroksil grubuna bağlanmayı sağlayan klor atomu soğukta boyayan tiplerde ikinci, sıcakta boyayan tiplerde ise üçüncü klor atomu olmaktadır.

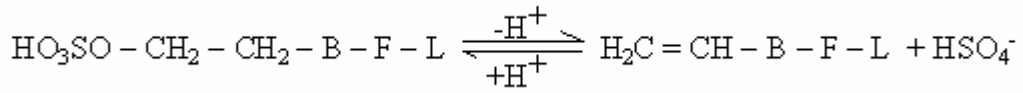
Şekil 3.3' de bir siyanürklorür reaktif boyarmaddenin selüloz ile reaksiyonu görülmektedir. İkinci klor atomu -NH_2 grubu ile yer değiştirdiği için burada sıcakta boyama söz konusudur. Tabii ki örneğin 2,3- diklorokinoksalin derivatları, 4,5 – diklorpridazon ve 2, 4, 5- trihalojenprimidin gibi süstitüsyon reaksiyonu için uygun olan reaktif gruplar da mevcuttur. Hem adisyon hem de ondan sonraki

eliminasyon adımları reaksiyonun hızını belirleyen adımlar olabilmektedir (Becker,1999).

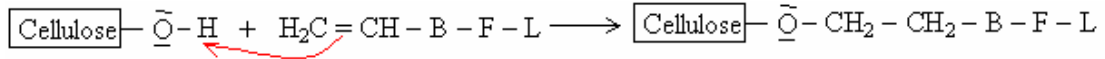
2.β-Substituent Etan Tipi Reaktif Boyarmaddeler

Bu tip reaktif boyarmaddeler katılma reaksiyonları ile vinilsülfon grubuna dönüşerek life bağlanmaktadır. Çoğunlukla HSO₄⁻'ün ayrıldığı bir eliminasyon reaksiyonunda üretilen vinil grubu burada reaktif gruptur.

1.Eliminasyon:



2.Adisyon



L: Çözünürlük sağlayan grup F: Kromofor B: Köprü grubu

Heteroçiklik halkalı reaktif boyarmaddelerde reaktifliği etkileyen faktörler;

- Heteroçiklik halkanın yapısı,
- Kopan (yerdeğiştiren) grubun özellikleri,
- Heteroçiklik halkaya ait diğer sübstituentlerin özellikleridir.

Heteroçiklik halkada azot atomu sayısı arttıkça reaktiflik de artmaktadır. Örneğin triazin halkasına sahip grupların reaktiflikleri benzer yapıdaki primidin halkasına sahip grupların reaktifliğinden daha yüksektir. Heteroçiklik halkada bulunan elektron ilgisi düşük diğer sübstitüentler reaktifliği arttırmakta veya azaltmaktadır. Diklortriazin grubunun reaktifliği monoklortriazine göre daha fazladır. Sübstitüsyon reaksiyonunda yer değiştiren sübstitüentin elektron ilgisi fazlaysa reaktiflik artmaktadır; örneğin klor

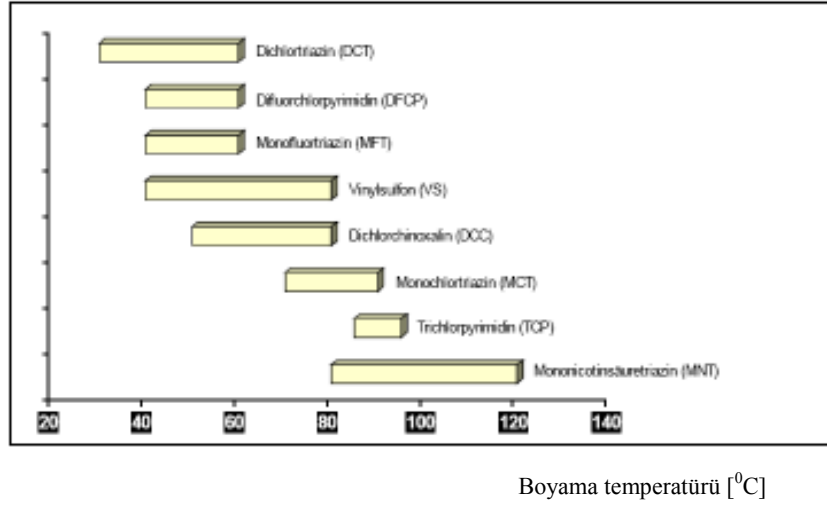
yerine flor veya metilsülfon grubu içeren heteroçiklik grupların reaktiflikleri oldukça yüksektir.

Reaktif grupların reaktifliği aşağıda belirtilen sıraya göre baştan sona doğru gidildikçe azalmaktadır (Şekil 3.4):

Diklortriazin, Diflorklorprimidin, Monoflortriazin, Diklorokinoksalin, Metilsülfon-klor-metilprimidin, Bloke vinilsülfon türevleri, Florklor-metilprimidin, Monoklortriazin, Triklorprimidin

Reaktif grupların reaktifliğiyle sadece fiksaj hızı artmamakta bilakis hidroliz hızı da artmaktadır. Fiksaj verimi için karar vermeyi sağlayan fiksaj hızının hidroliz hızına oranıdır. Hidroliz boyarmadde kaybına ve beraberinde atık su problemine neden olmaktadır.

pH değeri ve sıcaklık reaktif boyarmaddelerin fiksajında önemli bir role sahiptir. Çünkü her iki faktör boyarmaddenin selüloz ve su ile olan reaksiyonunu etkilemektedir. Reaktifliği yüksek grup içeren boyarmaddeler alkali çözeltilerde hidrolize hassastır. Bu nedenle işlem sırasında pH 'ın doğru olarak ayarlanmasına dikkat edilmesi zorunludur. Bu problem grubun yüksek reaktifliği ile ilişkili olduğu için yeni reaktif boyarmaddeler reaktifliği daha düşük reaktif gruplar içermektedir. Lif ve boyarmadde arasındaki bağın stabilitesi reaktif gruba bağlıdır. Asit ya da alkali hidroliz dayanımına göre de bağın stabilitesi daha yüksek ya da daha düşük olmaktadır. Ester bağı (örneğin mono ya da diklortriazin boyarmaddeleri) alkali ortamda asidik ortama göre daha dayanıklı iken vinilsülfon boyarmaddelerinin eter bağında bunun tamamen tersi geçerlidir (Peter and Rouette,1989).



Şekil 3.4 Önemli reaktif grupların çektirme yönteminde temperatur aralıkları

Reaktif boyarmaddeler reaktifliklerine göre üç ana grupta toplanmaktadır:

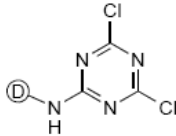
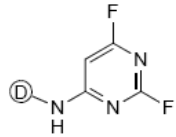
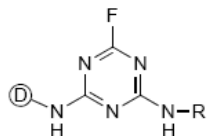
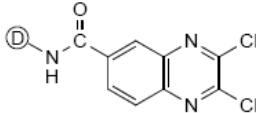
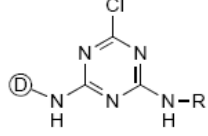
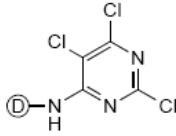
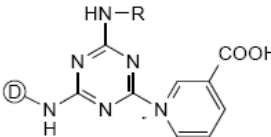
- -Reaktifliği yüksek olan boyarmaddeler (soğukta boyayabilen)
- -Reaktifliği orta derecede olan boyarmaddeler (ılıkta boyayabilen)
- -Reaktifliği düşük olan boyarmaddeler (sıcakta boyayabilen)

Sıcakta boyayanlar düşük reaksiyon yeteneğine sahip olup, ancak yüksek sıcaklık ile kuvvetli alkali sayesinde aktif hale getirilmektedir. Bu tip reaktif boyarmaddelere örnek; monoklorotriazin (MCT) ya da triklorprimidin (TCP) reaktif grubuna sahip boyarmaddelerdir (Peter and Rouette,1989).

Soğukta (20-40°C) boyayan boyarmaddeler, diklorotriazin (DCT)-, difloroklorprimidin (DFCP)- ya da diklorokinoksalin (DCC)- grupları içeren yüksek reaktiflikte boyarmaddelerdir. Bu boyarmaddeler yüksek sıcaklık ve kuvvetli alkali olmaksızın lif ile hızlı bir şekilde reaksiyon verebilmektedir. Ayrıca zaman, enerji ve kimyasal madde tasarrufu gibi ekonomik avantajlar ile düşük substantifliklerinden dolayı yüksek sıcaklıklarda yıkayarak iyi uzaklaştırılabilme imkanı sunmaktadır (Peter and Rouette,1989).

Aşağıdaki Çizelge 3.3’ de, önemli reaktif gruplar, mevcut boyarmaddelerin ticari isimleriyle ve boyama sıcaklıklarıyla birlikte verilmiştir (Ritter, 1999).

Çizelge 3.3 Farklı reaktif gruplar

Reaktif Grup	Yapı	Boyama temperaturü	Ticari isim
Dichlortriazin (DCT)		30-60°C	Procion MX
Difluorpyrimidin (DFP)		40-60°C	Drimaren R und K Levafix E-A und P-A
Monofluortriazin (MFT)		40-60°C	Cibacron F
Dichlorchinoxalin (DCC)		50-80°C	Levafix E
Monochlortriazin (MCT)		70-80°C	Cibacron, Procion H
Trichlorpyrimidin (TCP)		85-95°C	Drimaren X und Z
Mononicotinsäure-triazin (MNT)		80-120°C	Kayacelon React

ⓓ = Chromophor

Bir molekülde aynı ya da farklı reaktif gruplar birbirleriyle kombine edilebilmektedir. Kural olarak eğer iki ya da daha fazla reaktif grup birbiriyle kombine edilecekse bunların denk reaktifliğe sahip olması en anlamlısıdır. Bununla birlikte bireaktif sistemler, farklı reaktiflikte reaktif gruplarla da çok etkin olabilmektedir. Vinilsülfon ve monoklortriazin reaktif grupları içeren Remazol ve Sumifix-Supra boyarmaddeleri, artan sıcaklık hassasiyetsizliğine sahip fiksaj davranışı göstermektedir ki izoterm olmayan çektirme yöntemine göre boyamalarda rahatlıkla kullanılabilir. Buna karşın vinilsülfon ve monoflortriazin gruplu Cibacron C ticari boyarmaddesi her iki reaktif grubun yüksek reaktifliğinden dolayı çok iyi bir fiksaj verimi vermektedir. Alifatik vinilsülfon grupları, ayrı ayrı boyarmadde molekülleri arasındaki karşılıklı etkileşimi azaltmaya neden olduğu ve bu sayede daha yüksek çözünürlüğü sağladığı için çözünme davranışını da pozitif olarak etkilemektedir. Cibacron C boyarmaddesi bu sebeplerden dolayı emdirme yöntemine göre yapılan boyamalarda kullanılmaktadır (Ritter, 1999).

Çizelge 3.4’ de önemli bifonksiyonel ve trifonksiyonel ticari boyarmaddeler verilmiştir (Ritter, 1999).

Çizelge 3.4 Bireaktif ve trireaktif boyarmaddelerin çeşitleri

Reaktif Grup Yerleşimi	Reaktif Gruplar	Yapı	Ticari isim
Aynı	VS-VS	VS—(D)—VS	Remazol
	VS-MCT	VS—(D)—  —NH—Ar	Remazol
	VS-DFP	VS—(D)—DFP	Levafix-EA
	VS-MCT	VS—(D)—  —NH—R	Diamara SN
Birleşik	MCT/VS	(D)—  —NH—Ar—VS	Sumifix Supra, Remazol
	MFT/VS	(D)—  —NH—Aliph—VS	Cibacron C
	MCT/MCT	(D)—  —NH—R—NH—  —(D)	Procion Supra Procion H-EXL
Karışık	VS/MCT/VS	VS—(D)—  —NH—Ar—VS	Remazol
	MNT/MNT	(D)—MNT—NH—Ar—NH—MNT—(D)	Kayacelon React


 :Triazin halkası

Ar :Aromatik grup


 :Kromofor

Aliph :Alifatik grup

3.2.3 Boyarmaddenin substantifliği

Alınma fazı sırasında boyarmaddenin substantifliği son derece büyük önem taşımaktadır. Landré 'ye göre bu, boyama şartları altında (denge durumu olmadan) lif üzerindeki (D_f) ve boyama flottesindeki (D_s) boyarmadde miktarının oranı olarak tanımlanmaktadır. Bundan dolayı birçok faktöre bağlıdır. Buna karşın Haelters, substantiflik derecesini, lif üzerindeki ve boyama flottesinde denge halindeki boyarmaddenin dağılımının oranları olarak belirtmektedir. Substantifliği Zollinger gibi keza denge şartları altında D_f / D_s oranı olarak tanımlamaktadır.

Zollinger'e göre substantivitenin tanımı :

$$S = D_f / D_s$$

D_f :Lif üzerindeki boyarmadde miktarı

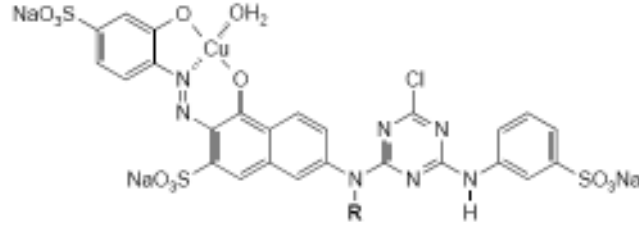
D_s :Flottedeki boyarmadde miktarı

Denge durumunda substantivitenin belirlenmesinin avantajı, daha gerçek boyarmadde afinite tanımlama değerin oluşturulabildiği bir standardizasyon olanağını sağlamaktadır. Flottedeki ve lif içerisinde denge durumundaki boyarmadde konsantrasyonu, temperatüre, flotte oranına, boyarmadde konsantrasyonuna bağlı olarak belirlenirse boyarmaddeler aralarında karşılaştırılabilmektedir. Boyarmaddenin yeterince yüksek substantifliği kural olarak sadece afinitesi olan, bağlanmış boyarmadde lif ile reaksiyona girebildiği için başarılı bir fiksaj adımı için şarttır (Ritter, 1999).

Substantivitenin belirlenmesi ve substantiviteyi etkileyen faktörler

Bir reaktif boyarmaddenin substantifliği birinci olarak kromofor yapısı ile tespit edilmektedir. Bu boyarmadde spesifiğidir, aynı reaktif sisteme sahip bir boyarmadde sınıfı içerisinde de farklı kromofor sınıfları arasında sapmalar ortaya çıkabilmektedir. Şekil 3.5, bir reaktif boyarmaddede kromofor ve reaktif grup arasındaki köprü

grubunun basit bir varyasyonu sayesinde boyarmaddenin substantifliğinin etkilendiğini göstermektedir.



R: H Yüksek substantifliğe sahip reaktif boyarmadde (çekirme yöntemi için uygun)

R: CH₃ Düşük substantifliğe sahip reaktif boyarmadde (emdirme yöntemi için uygun)

Şekil 3.5 Substitüentin varyasyonu ile oluşan substantivite farklılıkları

Artan hidroksil iyonlarının konsantrasyonuyla Sumner ve Vickerstaff'a göre lif yüzeyindeki selüloz iyonlarının konsantrasyonu artmaktadır. Bundan dolayı selülozun negatif sınır yüzey potansiyeli yükselmektedir. Bu selüloz ve boyarmadde arasında kuvvetli bir elektrostatik itmeye böylece substantivitenin düşmesine neden olmaktadır. NaCl ya da Na₂SO₄ gibi bir elektrolitin ilavesi sayesinde potansiyel düşmekte ve boyarmaddenin substantifliği uygun şekilde artmaktadır. Bazı reaktif boyarmaddeler örneğin MCT esaslı reaktif boyarmaddeler düşük reaktiflikte oldukları için sadece yüksek sıcaklıklarda boyama yapılabilir. Sıcaklık artışı substantiviteye zıt etki yaptığı için böyle durumlarda boyarmadde molekülünde yüksek substantif kromoforun bulunması önemlidir.

Substantivitenin belirlenmesi sırasında alım adımında boyarmaddenin fiks olamadığı dikkate alınmak zorundadır.

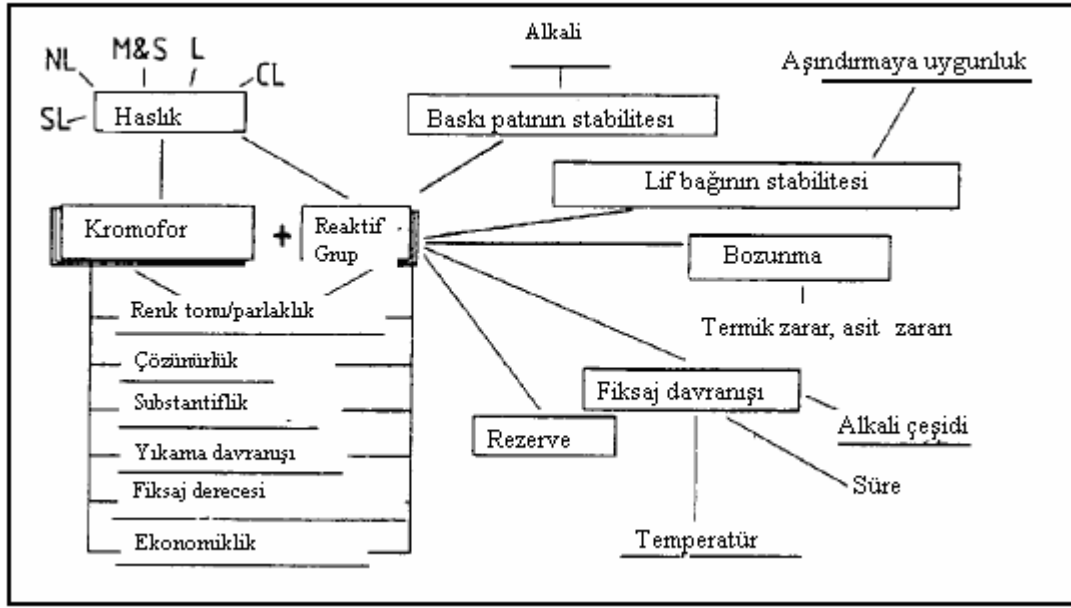
3.2.4 Boyarmaddenin agregasyonu ve çözünürlüğü

Çözünürlük; sıcaklık, flote hacmi, elektrolit miktarı ya da ilave edilen yardımcı maddeler gibi farklı faktörlere bağlıdır. Emdirme yönteminde boyarmaddenin

Çözünürlüğü için talep çok yüksektir, çünkü burada yüksek boyarmadde konsantrasyonu gerekli olmaktadır. Çektirme yönteminde boyarmaddenin selüloza olan afinitesinin artması amacıyla boyama banyosuna yüksek miktarlarda tuz ilave edildiğı için elektrolit-çözünürlük yine önemli bir rol oynamaktadır. Bir boyarmadde çözünürlük problemi gösteriyorsa bu tüm boyama prosesini etkilemektedir. Boyama flottesinin hazırlanması güçleşmektedir, bu koşullar altında elektrolit artık boyamanın başlangıcında ilave edilmemektedir, bilakis boyama sırasında dozajlanmak zorundadır. Bir boyarmaddenin çözünürlüğü ne kadar kötü ise çökmeyi ve agregasyonu azaltabilmek için o kadar daha çok yardımcı madde, cam suyu ya da örneğın üre gibi hidrotrop madde gerekmektedir. Hidrotrop maddelerin (üre, dimetilasetamid, alkol, asetonitril) varlığında çözünürlük artmakta ve agregasyon eğilimi azalmaktadır. Tuz içermeyen çözeltilerin, temperatur artışının ve sülfonlaşma derecesinin artması (lipofilitenin azalması) sayesinde boyarmadde agregasyonunda eğilim azalmaktadır. Tensidler veya boya yardımcı maddeleri de agregasyonu etkileyebilmektedir.

3.3 Tekstil Baskıcılığında Reaktif Boyarmaddeler

Selüloz liflerine yapılan baskı dünyadaki toplam baskı üretiminin yaklaşık üçte ikisini oluşturmaktadır. Reaktif boyarmaddeler, selüloz liflerinin boyama işlemlerinde olduğu gibi gömlek, bluz, havlu, triko, dekorasyon ve yumuşak tutumlu ürünlerin baskı işlemlerinde de kullanılan önemli bir boyarmadde sınıfıdır. Canlı ve parlak renkleri, fon baskılarda bile yumuşak tutum eldesi, renk paletinin tam olması, haslık özelliklerinin iyi olması, çeşitli fiksaj olanakları, tek ve iki fazlı baskı imkanı ,kolay aşınma ve rezerve imkanları reaktif boyarmaddelerin pigment boyadan sonra selüloz esaslı malzemelerin baskısında en çok kullanılan boyarmadde sınıfı olmasını sağlamıştır (Yurdakul ve Atav, 2006).



Şekil 3..6 Reaktif boyarmaddelerin baskıda kullanımlarında etkili faktörler (Hoechst'e göre)

3.3.1 Reaktif Baskı Yapılacak Ürünlerin Ön Terbiyesi

Reaktif boyarmaddelerle homojen ve yüksek renk verimine sahip baskılar yapılabilmesi, homojen bir ön terbiye ile mümkündür. Ön terbiye işlemlerinin kriterleri, beyazlık derecesi ve hidrofillik yanında selülozun daha önce bloke olmuş gruplarını açığa çıkarmak ve materyali homojenleştirmektir. Bu sayede boyama ve basma işlemleri düzgün bir şekilde yapılmakta, renk verimi artmakta ve tekrarlanabilirlik sağlanmaktadır. Reaktif boyarmaddelerin selüloza bağlanması, boyarmaddenin reaktif gruplarıyla selülozun hidroksil grupları arasında kovalent bağ oluşmasıyla gerçekleşmektedir. Boyarmadde lifin hidroksil grubuna ne kadar kolay ulaşabiliyorsa lifle reaksiyona giren boyarmadde miktarı o derece fazla olacağından yüksek renk verimi elde edilebilecektir. Bu durumda tekstil materyalindeki serbest hidroksil gruplarının dağılımı ne kadar düzgün olursa boyamanın düzgünlüğü artacak, tekrarlanabilirlik de o derece iyi olacaktır. Ayrıca baskıda kullanılacak materyal; haşıl, çöpel, pektin, mum, katalitik maddeler gibi safsızlıkları içermemeli, homojen bir

beyazlığa, nem içeriğine, pH'a ve hidrofilliğe sahip olmalıdır. Boyarmadde transferi için liflerin homojen bir şekilde şişmesi büyük önem taşımaktadır. İyi bir renk verimi ve canlı renk tonları elde etmek için pamuklu mamuller mersevizasyon (viskon ise kostikleme) işlemine tabi tutulmalı ya da en azından 22⁰ Bè NaOH ile kostiklenmelidir.

3.3.2 Baskı İşlemi

3.3.2.1 Tek adımlı baskı yöntemi

Reaktif boyarmaddelerle baskı işlemi, baskı patının alkali içerip içermemesine göre tek veya iki adımlı olmak üzere iki farklı şekilde yapılabilmektedir.

Tek adımlı baskı yöntemi: En çok kullanılan bu baskı yönteminde, baskı patı; boyarmadde, koyulaştırıcı, üre, ludigol ve alkali içermektedir. Tek adımlı baskı için genel bir baskı reçetesi ve işlem adımları aşağıda verilmektedir:

X g. Reaktif boyarmadde
100 g. Üre
10 g. Ludigol
500 g. Koyulaştırıcı (Alginat)
20 g. Alkali
- g. Su-pat
1000 g.



Kıvamlaştırıcı

Reaktif baskıda koyulaştırıcı olarak genellikle alginat patları, daha az olmakla birlikte emülsiyon+alginat karışımı olan yarı emülsiyon ve sentetik kıvamlaştırıcılar kullanılmaktadır (Yurdakul ve Atav, 2006).

Akrilik esaslı polimerler yıllardır bilinmektedir ancak tekstil baskıcılığında bunlara dayalı kıvamlaştırıcı maddelerin kullanımı 1970’li yılların sonlarında gündeme gelmiştir. Çok az katı madde içerdiği için yarı emülsiyon patlarına benzer avantajlar sağlayan sentetik kıvamlaştırıcı pat maddeleri, akrilik veya maleik asit polimerlerinden oluşan polielektrolitlerdir, bakterilere karşı iyi dayanım göstermekte ve yüksek renk verimi sağlamaktadır. Tek başına sentetik kıvamlaştırıcı kullanılmasına nazaran alginat-sentetik kıvamlaştırıcı karışımları elektrolitlere karşı daha az hassasiyet göstermekte ve daha iyi egalite vermektedir.

Akrilik esaslı bir sentetik kıvamlaştırıcı ile alginat kıvamlaştırıcının, C.I Reactive Red 218 boyarmaddesi kullanılarak viskon kumaşa yapılan baskı sonuçlarına etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada (Sostar et al. 1996); kuru ve yaş sürtme haslığının alginatla yapılan baskılarda daha iyi olduğu görülmüştür. Aynı çalışmada sentetik kıvamlaştırıcının renk verimlerinin iyi olduğu tespit edilmiştir.

Sentetik kıvamlaştırıcıların elektrolit duyarlılığı göstermesi, yarı emülsiyon patlarının ise çevre kirliliğine yol açması gibi nedenlerle reaktif baskıya en uygun ve en çok kullanılan pat maddesinin molekülünde –OH grubu yerine –COOH grubu içeren sodyumalginattır.

Boyarmadde

Her ne kadar reaktif boyarmadde ile elyaf arasındaki reaksiyon hızı hidroliz hızından çok daha yüksek olsa da, boyarmaddenin bir kısmı (%10-20) hidrolize uğramaktadır. Reaktif baskıda hidrolize uğrayan boyarmadde kısmının minimum seviyede tutulabilmesi ve hidroliz olan kısmın kumaştan kolayca uzaklaştırılabilmesi için, uygun boyarmadde ile uygun koşullarda çalışmaya dikkat edilmelidir (Yurdakul ve Atav, 2006).

Reaktifliği yüksek boyarmaddelerle çalışırken , fiksaj şartları (alkalinin cinsi, fiksaj süresi ve sıcaklığı) daha ılıman olarak seçilebilmektedir. Ancak reaktifliği yüksek

boyarmaddelerin liflerle reaksiyona girmesi kolay olduğu gibi, su ve kıvamlaştırıcı pat maddeleriyle reaksiyona girmeleri de kolay olmaktadır. Dolayısıyla tek fazlı baskılarda bu tip boyarmaddelerle hazırlanan baskı patlarının dayanıklılığı kısıtlı olmaktadır (Tarakçıoğlu,1990). Reaktif boyarmaddeler arasında monoklortriazin yapısındaki boyarmaddeler direkt baskıda büyük öneme sahiptir. Bu boyarmaddeler baskı patlarında iyi hidroliz stabilitesi ve düşük afinite göstermekte, kolay çalışma imkanı sağlamaktadır. Boyarmadde seçiminde reaktif boyarmaddenin substantifliği, diffüzyon yeteneği ve reaktifliğinin baskı sonuçlarını yakından etkileyeceği göz önünde bulundurulmalıdır (Yurdakul ve Atav, 2006).

Boyarmaddenin substantifliği arttıkça baskı sonunda liflere fikse olmamış boyarmadde kısmının yıkamayla uzaklaştırılması zorlaşacağından ve yüksek substantifik mutlakla boyarmadde verimini arttıracak diye bir kural da olmadığından, basmacılıkta genelde substantifliği düşük diffüzyon yeteneği iyi olan boyarmaddeler tercih edilmektedir. Boyarmadde molekül veya iyonları ne kadar büyük bir yapıya sahip olurlarsa, kıvamlaştırıcı pat filminden geçerek liflere difüze olmaları o kadar zor olmaktadır. Aynı şekilde liflere fikse olmayan boyarmaddelerin baskı sonunda yapılan yıkamalar sırasında liflerden dışarıya difüzyonu da zor olduğu için, yıkanmaları da problem oluşturmaktadır (Tarakçıoğlu, 1990).

Alkali

Boyarmaddenin selüloz ile reaksiyona girmesini sağlamak amacıyla baskı patına alkali olarak soda, bikarbonat veya potaşe ilave edilmektedir. Baskı patına konulacak alkalinin cins ve miktarı, gerek boyarmadde verimini gerekse baskı patının dayanıklılığını yakından etkilemektedir. Kullanılacak alkalinin cins ve miktarı; boyarmaddenin reaktifliğine, renk koyuluğuna ve fiksaj yöntemine göre değişmekle beraber, reaktifliği düşük olanlarda sodyumkarbonat (soda), yüksek olanlarda ise sodyumbikarbonat tercih edilmektedir. Baskı patına alkali ilavesinin soğukta ve en son

olarak yapılması ve alkali içeren baskı patının uzun süre bekletilmemesi gerekmektedir (Yurdakul ve Atav, 2006).

Üre

Tek adımlı reaktif baskıda basılan kumaşa, boyarmadde cinsine ve uygulanan fiksaj yöntemine göre 50-200 g/kg arasında üre kullanılmaktadır. Özellikle rejenere selüloz liflerine baskıda reaktif boyarmaddenin tek fazlı fiksajının üre olmadan yapılamayacağı kabul edilmektedir. Baskıda viskonun pamuğa oranla iki kat daha fazla neme ihtiyacı olmasının nedeni; buharlama prosesi sırasında 100⁰C’de pamuğun nem dengesinin yaklaşık %15, viskonun ise %30 nem içeriğinde meydana gelmesindedir (Mach,1994). Bir genelleme yapılacak olursa; üre miktarı pamuklu kumaş ve buhar fiksajı ile çalışırken daha az iken, viskon kumaş ve termofiksajda daha fazla olmaktadır. Tek adımlı reaktif baskı patına ilave edilen üre aşağıdaki görevleri yerine getirmektedir:

- Selüloz lifnin şişmesini sağlama,
- Higroskopik etki,
- Hidrotropi etkisi,
- Buharlama kondensat oluşumunu artırma,
- Diffüzyon hızını artırma ve
- Termofiksajda taşıyıcı etki

Hidrotrop bir madde olan ürenin boyarmaddenin çözünürlüğünü artırma özelliği; kumaş cinsi ve uygulanan fiksaj şeklinin yanında boyarmaddenin reaktifliğine ve suda çözülme durumuna göre farklı olmaktadır. Üre ilavesi reaktifliği düşük olan boyarmaddelerin genellikle sudaki çözünürlüğünü ve dolayısıyla boyarmadde verimini artırıcı yönde bir etkiye sahiptir. Reaktifliği yüksek olan boyalarda ise, boyarmaddenin suda çözülme özelliğinin az veya çok oluşuna göre farklı sonuçlar elde edilmektedir. Reaktifliğin yüksek ve suda çözünürlüğün düşük olması durumunda üre ilavesi ile boyarmadde verimi artarken, hem reaktifliğin hem de suda çözünürlüğün yüksek

olduğu durumlarda termofiksaj ile çalışmada ürenin verim artırıcı etkisi görülmemekte, hatta verim kaybı ortaya çıkabilmektedir (Yurdakul ve Atav, 2006).

Baskı patında bulunan üre, kumaş üzerine aktarılan baskı patı filminin viskozitesini düşürerek boyarmaddenin elyafa diffüzyonunu hızlandırmaktadır. Elyafın gözeneklerinin şişmesine de yardımcı olmaktadır. Buharlama esnasında kumaş sıcaklığı ani olarak buhar sıcaklığına geldikten sonra da yükselmeye devam etmektedir. Fakat baskı patındaki üre, kondensat oluşumunu arttıracak için sıcaklığın yükselmesi önlenmektedir. Böylece kumaşın nem içeriği regüle edilerek optimal buharlama koşulları sağlanmaktadır (Yurdakul,1995).

Tek fazlı reaktif baskıda karşılaşılan en önemli ekolojik sorun, atık suyun içerdiği üre miktarıdır. Baskı patında kullanılan üre belirtilen olumlu özellikleri yanında kurutma kamerasının kirlenmesine ve atık hava yüküne de neden olmaktadır. Sonuç; kurutma kamerasında rahatsız eden üre çözeltisi, atık havada üre emisyonları ve ürenin parçalanma ürünleridir. Dünyada baskı patındaki üre miktarının azaltıldığı ya da tamamen ortadan kaldırıldığı birçok yöntem araştırılmaktadır. Gelişmeler farklı yönlerde seyretmektedir:

İki fazlı baskı,

Ürenin çevre dostu kimyasallarla süstitüsüyonu,

Fiksaj yeteneği daha yüksek olan boyarmaddelerin seçilmesi (bireaktif),

Basılı malın buharlayıcıya girmeden önce (tek adımlı baskı) nemlendirilmesi

Şimdiye kadar elde edilen sonuçlara göre, hem buharlayıcıya girmeden önce %10 – 20 nemi olan bir baskının kaliteli bir baskı olması için az bir üre konsantrasyonunun (50– 80 g/kg) eskisi gibi gerekli olduğu belirtilmekte hem de reaktif baskıda malın uygun olarak nemlendirilmesi yoluyla tatmin edici sonuçların alınacağı ve üre kullanımından tamamen vazgeçilebileceği söylenmektedir. Üre kullanılıp-kullanılmamasının, baskının düzgünlüğü ve tekrarlanabilirliği üzerine etkisi hala ihtilaflı bir durumdur. Her şeye rağmen; ürenin yerine diğer kimyasal maddelerin kullanımı ile ilgili olarak yapılan

alışmalar şimdiye kadar memnun edici sonuçlar vermediği halde alternatif arayışlar sürmektedir. Ahmed N. S.E, Youssef Y.A ve Shishtawy R. (2006) tarafından üre ve alkali bulunmadan reaktif baskı yapmak üzere gerçekleştirilen bir araştırmada, organik bir tuz olan sodyum edetat içeren baskı patıyla Remazol Black B (bifonksiyonel vinilsülfon) ve Remazol Brillant Orange 3R (monofonksiyonel vinilsülfon) boyarmaddeleri kullanarak pamuklu kumaşa baskılar yapılmıştır.üre-sodyumbikarbonat, sodyum edetat- sodyumbikarbonat ve sadece sodyum edetat içeren baskı patlarıyla yapılan baskılar birbirleriyle karşılaştırılmış; sodyum edetatlı ve alkali içermeyen baskı patıyla üre-alkali içeren konvansiyonel baskı patıyla elde edilen sonuçlardan daha iyi sonuçlar alındığı belirtilmiştir.

Zayıf Oksidasyon Maddesi

Bilindiği gibi reaktif boyarmaddeler indirgen tesirlere karşı hassas olup, boyarmaddenin renk verimi azalabilmekte ve renk tonu değişikliğe uğrayabilmektedir. Bu nedenle baskı patına ludigol (10 g/kg meta-nitrobenzenslfonasidi sodyumtuzu) ilave edilmektedir. Bu zayıf oksidasyon maddesi fiksaj koşullarında selüloz/alkali sisteminin gösterdiği redüksiyon tesirine karşı reaktif boyarmaddeyi korumaktadır (Yurdakul ve Atav, 2006).

Fiksaj

Basılıp kurutulan kumaşlar, boyarmaddenin reaktifliğine bağlı olarak çeşitli şekillerde fiksaj işlemlerine tabi tutulabilmektedir. Reaktifliği yüksek olan boyarmaddelerin selülozla reaksiyona girme hızları yüksek olduğu için, bu boyarmaddelerle daha ılıman fiksaj koşullarında çalışılmaktadır. Tek adımlı reaktif baskı patı ile çalışmada;

- Doymuş buhar: 102°C’da 5-10 dk
- Kızgın (HT) buhar: 140-150°C’da 60-45 s
- Termofiksaj : 140-150°C’da 5-4 dk

gibi fiksaj imkanları bulunmaktadır. Buhar yöntemi ile yapılan fiksaj işlemlerinde optimal buhar koşullarının (Sıcaklık, süre, nem) sağlanması gerektiği, termofiksaj şeklindeki çalışmada ise fiksaj sıcaklığının 140°C üzerine çıkılmasının (Üre 133°C’da parçalanmaktadır) önemli bir faydasının olmadığı dikkate alınmalıdır (Yurdakul ve Atav, 2006).

Termofiksaj

Sıcak hava fiksajı, pigment, reaktif ve küploykoester boyarmaddeleri için uygundur. Birçok durumda kuru ısı fiksajı sonunda sağlanan boyarmadde verimleri, doymuş buharla sağlananlara göre az veya çok daha yüksek olmaktadır. Kurutulan mamulde yeterli miktarda su bulunduğu sürece, mamul sıcaklığı 65-70°C ’yi geçmemekte, dolayısıyla kurutma sırasında boyarmaddenin suyla hidrolize uğrama tehlikesi çok fazla olmamaktadır. Termofiksajda ise 100°C’nin üzerine çıkılmasına rağmen buharlamadan farklı olarak ortamda su bulunmadığı için hidroliz tehlikesi yine yoktur. Termofiksaj sırasında hidrolize uğrayan boyarmadde oranı buharla fiksajdakine göre çok daha azdır (Tarakçıoğlu,1990)

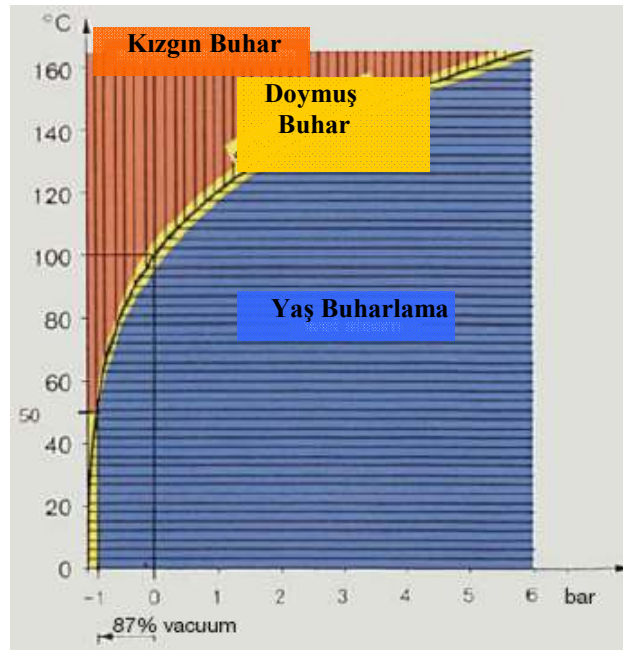
Termofiksaj sırasında boyarmaddenin liflerin içerisine difüzyonu için gerekli ortamı 133°C’de eriyen üre sağlamaktadır. Küçük moleküllü olan kırmızı boyarmaddelerin liflere nüfuzu için gerekli ortam (gözeneklerin şişmesi) 100 g/kg üre ile bile sağlanabilirken, aynı ortam büyük moleküllü turkuaz boyarmaddelerde yetersiz kaldığından boyarmadde verimi iyice düşük olmaktadır.

Üre, 133°C’in üzerinde erimekle kalmamakta aynı zamanda parçalanmaya da başlamaktadır. Parçalanma hızı sıcaklıkla arttığından ve oluşan parçalanma ürünleri reaktif boyarmaddelerle reaksiyona girerek boyarmaddenin reaktifliğini yok ettiğinden, 140°C’ de yapılan termofiksajda sağlanan boyarmadde verimleri 170°C’de sağlananlara göre daha yüksek olmaktadır.

Reaktif grubun reaktifliğine ve cinsine bağlı olarak boyarmaddelerin üre ve parçalanma ürünleriyle reaksiyona girme tehlikesi farklılık göstermektedir. Vinilsülfon grubu içeren boyarmaddelerde bu tehlikenin, heteroçiklik halka içeren boyarmaddelere nazaran biraz daha fazla olduğu tahmin edilmektedir.

Buhar Fiksajı

Termodinamikte buhar üçe ayrılmaktadır. Baskılar birçok durumda buhar sayesinde fiksede edilmektedir (Rouette,1995).



Şekil 3.7 Buhar çeşitleri

Su buharı endüstride genel olarak enerji taşıyıcı olarak kullanılmaktadır. Su buharının tekstil baskıcılığında görevleri ise aşağıda yer almaktadır (Schaub,1984) :

- 1 Tüm tek adımlı yöntemlerde kondenzasyon sayesinde suyun üreticisidir. Buharlayıcıya giren kuru ve soğuk malın üzerinde suyun yoğuşmasını sağlamaktadır.

- 2 Boyarmadde difüzyonunun hızlandırılmasında enerji temin etmektedir.
- 3 Fiksaj prosesi için kimyasal reaksiyonların gerçekleşmesinde enerji sağlamaktadır.
- 4 Suyun adsorpsiyonu, kimyasal reaksiyonlar gibi ekzotermik işlemler sonucu aşırı ısınmayı önlemek için ortamdan enerjiyi çekmektedir.
- 5 Hava oksijeninin boyarmadde ve kıvamlaştırıcı pat içerisinde redoks işlemleri üzerine etkisine karşı koruyucu işlevi görmektedir.
- 6 Fiksaj prosesinden meydana gelen uçucu reaksiyon ürünleri için taşıyıcı madde görevi üstlenmektedir.

Reaktif baskıların fiksajında buharın 1., 2. ve 3. fonksiyonlarından yararlanılmaktadır.

Buharlayıcıya doymuş buhar verilmesinin amacı; ideal işlem ortamını sağlamaktır. Doymuş buhar hava içermemeli ve üniform sıcaklıkta olmalıdır. Buhar sadece boyarmaddeler tarafından oluşturulan zararlı maddeleri uzaklaştırmakla kalmamakta, bunların oluşturduğu ısıyı da uzaklaştırmaktadır. Bu yüzden kullanılacak buhar miktarının hesaplanmasında işlem görece kumaş miktarı ve kullanılan boyarmadde de göz önüne alınmalıdır. Buharlayıcıların çoğunda, buharın su içeriği sadece reaktif boyarmaddelerle kumaşa applike edilecek üre miktarına ya da gelen kumaşın nem içeriğine yetecek kadardır.

Yıkama

Fiksajdan sonra yapılan yıkama işlemleri ile, kumaş üzerinde liflere tam difünde olmamış ve kovalent bağlarla bağlanmamış boyarmadde kısmının uzaklaştırılması gerekmektedir. Eğer etkili bir yıkama işlemi yapılmazsa, elde edilecek baskıların haslıkları düşük olacaktır. Yıkama işlemini etkileyen en önemli parametre ise boyarmaddenin substantivitesidir. Bu husus özellikle beyaz fon içeren desenlerde çok

önemlidir, çünkü substantifliği yüksek boyarmaddeler yıkama sırasında beyaz fonu kirleterek sorun yaratabilmektedirler (Yurdakul ve Atav, 2006).

Baskılı mamulün yıkanması sonucunda; temiz bir beyaz zemin, yüksek parlaklık ve iyi bir haslık (sürtme haslığı ve yaş haslık) elde edilmelidir. Tek ve iki fazlı baskıların fiksaj farklılıkları baskılı mamulün yıkanmasında da etkili olmaktadır. Bu farklılık yöntem koşulları ve boyarmadde cinsinden kaynaklanmaktadır.

1.Yöntem Şartlarının Etkisi:

Mamul tek fazlı fiksaj yönteminde buharlayıcıdan nispeten kuru gelirken, iki fazlı yöntemde nemli kalmaktadır. Pat filmi ve lif önceden şiştiğinden su için kolay nüfuz edilir bir durumdadır. Böylece kontinü yıkama proseslerinde alkalinin ve patın uzaklaştırılması hemen başlayabilmektedir. Daha sonra ise hala doku içerisinde serbest halde bulunan boyarmadde hidrolizatlarının, çözülmüş yardımcı maddelerin ve alkali artıklarının yıkama suyuna geçişi gerçekleşmektedir.

2.Boyarmadde Özelliklerinin Etkisi:

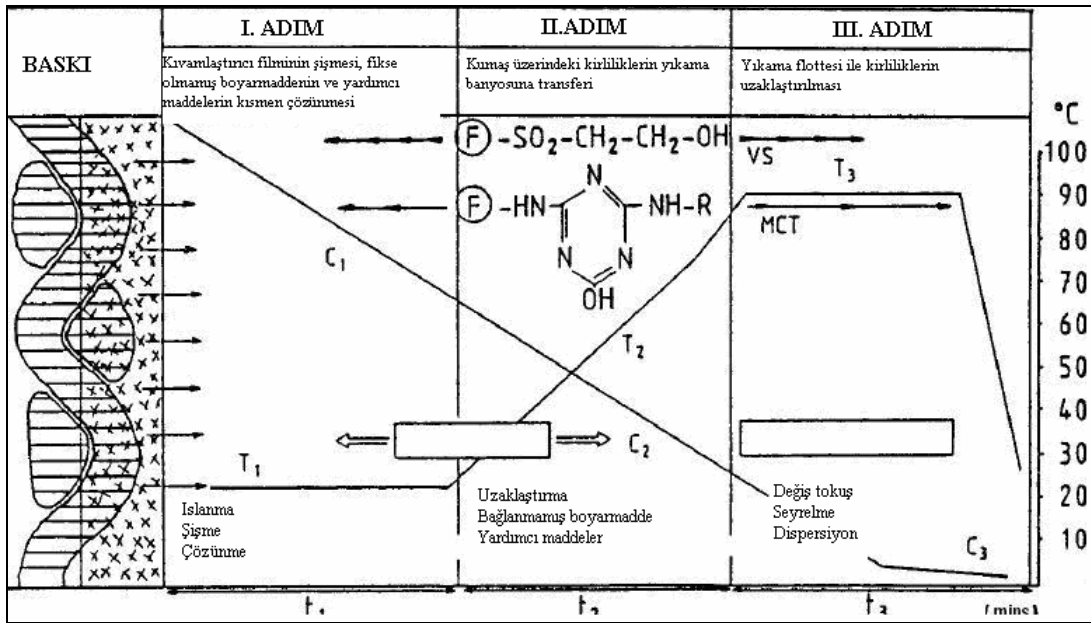
Genellikle heteroçiklik yapı boyarmaddenin substantifliğini arttırmakta, yıkayarak uzaklaştırılmasını zorlaştırmakta ve fonun kirlenmesine sebebiyet vermektedir. Vinilsülfon boyarmaddeleri çoğunlukla heteroçiklik yapı içermemektedir. Boyarmaddenin liflerin içerisinden difüzyonu molekül büyüklüğüne bağlıdır ve difüzyon zaman isteyen bir adımdır. Hidrolize uğramış, yıkamayla zor uzaklaştırılan boyarmadde, liflerin içerisinden yüzeye geç difüze olmaktadır.

Selülozik liflere reaktif boyarmadde ile yapılan baskılar, hidroliz olmuş (fikse olmamış) boyarmadde, ludigol, üre, alkali gibi yardımcı maddelerden dolayı iyi bir yıkama gerektirmektedir. Fikse olmamış boyarmaddeyi ve mamul üzerinde kalan yardımcı maddeleri tamamen uzaklaştırabilmek için kıvamlaştırıcı maddeye şişmesi amacıyla yeterince zaman verilmelidir. Bu, iyi bir ıslatıcı yardımıyla 20⁰-40⁰C'deki su ile sağlanmaktadır.

Reaktif baskıların yıkaması aşağıdaki adımlardan meydana gelmektedir.

- Islatıcı ile ön yıkama, şişen kıvamlaştırıcının, fikse olmamış boyarmaddenin ve yardımcı maddenin uzaklaştırılması
- Esas yıkama
- Durulama
- Asit ile nötrleştirme (gerektiğinde)

Reaktif baskılarda yıkamanın ilk bölümünde yüksek sıcaklıklarda çalışmak mümkün değildir. Yüksek sıcaklıklarda çalışıldığında kuma ve fonun kirlenme tehlikesi çok büyüktür. Çünkü hidroliz olmuş reaktif boyarmadde yüksek sıcaklıklarda yeniden çekilip alınmaktadır. Kolay çözünür maddeler uzaklaştırıldıktan sonra esas yıkamaya başlanabilmektedir. Esas yıkama adımı sıcaklık önem taşımaktadır. Çünkü artan sıcaklık ve difüzyon hızı ile reaktif boyarmaddenin çözünürlüğü artmakta, buna karşılık baskıda kullanılan reaktif boyarmaddenin substantifliği azalmaktadır. Bu nedenle esas yıkama kaynama sıcaklığına yakın sıcaklıklarda yapılmalıdır.



Şekil 3.8 Reaktif baskı sonrası son durulama adımından önceki yıkama prosesinin adımları (Hoechst'e göre)

3.3.2.2 İki fazlı baskı yöntemi

Bu yöntemde alkali ve üre içermeyen boyarmadde ve koyulaştırıcıdan oluşan pat ile basılıp kurutulan kumaşlar, ikinci bir adımda alkali ve tuz içeren çözelti ile emdirilmektedir. Baskı patı alkali içermediği için, baskı patlarının ve fiksaj öncesi baskıların bekletilmesinde bir sakınca ortaya çıkmamakta ayrıca bu yöntemde üre kullanılmadığı için, ürenin yol açtığı ekolojik sorunlarla karşılaşılmamaktadır (Yurdakul ve Atav, 2006).

İki adımlı baskı yöntemi için genel bir reçete örneği aşağıda verilmektedir:

Baskı reçetesi

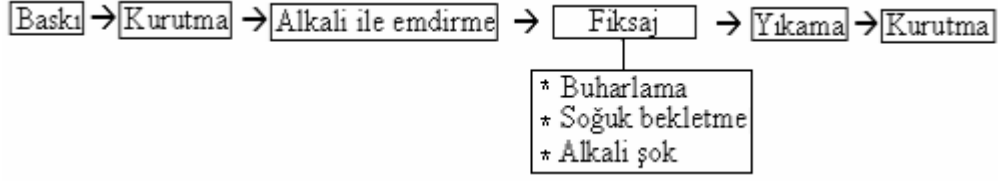
X g. Reaktif boyarmadde
10 g. Ludigol
500 g. Alginat patı
- g. Su/pat
1000 g.

Fiksaj Flottesı

150 g. Tuz
150 g. Soda
50 g. Potashe
70 g. Kostik (38°Be)
- g. Su
1 litre

Aşağıda verilen işlem akışından da görülebileceği gibi, alkali içeren flotte ile emdirilen kumaşlar, kurutulmadan buharlama, soğuk bekletme ve alkali şok olmak üzere üç ayrı şekilde fiksaj işlemine tabi tutulabilmektedir. Buharlama yönteminde alkali flotteden geçen kumaşlar 125°C civarında 50-60 saniye buharlanmaktadır. Soğuk bekletmede fiksaj, alkali flotte ile muamele edilen kumaşların 4-12 saat bekletilmesiyle sağlanmaktadır. Alkali şok yönteminde ise; basılıp kurutulan kumaşlar 95°C'daki emdirme banyosundan 10-15 saniyede geçirilerek fikse edilmektedir. Fikse edilen kumaşlar daha sonra yıkanıp, kurutulmaktadır (Yurdakul ve Atav, 2006).

İki adımlı baskı yöntemindeki işlem basamakları şu şekilde sıralanabilmektedir:



İki fazlı baskının avantajları

- Baskı patlarının bekletme dayanıklılıklarının çok iyi olması
- Fikse edilmemiş baskıların neredeyse sınırsız bekletilebilme özelliği
- Rejenere selüloz liflerinden üretilen mamuller için daha uygun olmaları
- Üre kullanılmasına gerek kalmaması
- Reaktifliği daha yüksek reaktif boyarmaddelerin de kullanılabilmesi

İki fazlı baskının dezavantajları

- Alkali emdirme flottesine boyarmaddenin akma (kusma) tehlikesi (Boyarmaddenin emdirme flottesine akmasını engellemek için flotteye elektrolit ilave edilmekte böylece boyarmaddenin substantifliği artırılmaya çalışılmaktadır)
- Sevk valslerinin kirlenmesi
- Alkali flottesini ile emdirilmiş kumaşın üst üste gelen tabakalarının birbirini kirlenme tehlikesi

Alkali flottesinin emdirme yöntemi yerine az flotte aldırma yöntemlerinden birisine göre yapılmasının sağlanması durumunda bu sakıncaların önemli ölçüde azalması gerekmektedir (Tarakçıoğlu,1990)

3.3.3 Reaktif Boyarmaddelerle Diğer Baskı Olanakları

Reaktif boyarmaddeler kolay aşınma ve rezerve özelliklerine sahiptir. O nedenle reaktif boyarmaddelerle, direkt baskı dışında, aşındırma ve reserve baskılar da yapılabilmektedir. Aşındırma baskı yapılabilmesi için kumaşın önceden boyanması gerekmektedir. Kromofor olarak azo grubu içeren reaktif boyarmaddeler ile boyanmış kumaş üzerine beyaz veya renkli aşındırma baskı yapılabilmektedir. Beyaz aşındırma efekti baskı patındaki redüktif madde ile sağlanmaktadır. Renkli aşındırma işleminde ise; küp veya pigment boyarmadde içeren patlar kullanılmaktadır. Küp boyarmaddelerin fiksajı alkali ortamda yapıldığından aşındırma patına Rongalit (Sodyumformaldehidsülfoksilat), pigment boyarmaddelerin fiksajı ise hafif asidik ortamda yapıldığından, aşındırma patına asidik ortamda indirgen etki gösteren Decrolin (çinkoformaldehidsülfoksilat) ilave edilerek çalışılmaktadır.

İstenildiği takdirde reaktif boyarmaddelerle beyaz ve renkli reserve baskılar yapmak da mümkündür. Beyaz reserve baskı (reserve edici asit içeren pat ile) ön veya üst reserve yöntemlerinden herhangi biriyle yapılmaktadır. Renkli reserve baskıda ise; pigment veya reaktif boyarmaddeler kullanılmaktadır. Pigment boyarmadde ile yapılan renkli reservede, pigment boyarmadde ve reserve edici asit içeren baskı patı kullanılmaktadır. Renkli reservede ilginç olan baskı şekli ise, reaktif altına reaktif boyarmadde ile yapılan reserve yöntemidir. Değişik uygulama şekilleri olan bu reserve yöntemi prensip olarak ikiye ayrılabilir. Birinci yöntemde, selülozla reaksiyona girme isteği farklı olan iki boyarmadde (Procion T ve Procion P) kullanılmaktadır. Lifle asidik ortamda reaksiyona giren Procion T boyarmaddesi ile emdirilip kurutulan kumaşa, alkali ortamda fikse olan Procion P boyarmaddesi ile baskı yapılmakta ve daha sonra da fikse edilmektedir. İkinci yöntemde ise, reaksiyon hızları farklı vinilsülfon (Primazin) ve MCT (Basilen P) boya ile çalışılmaktadır. Kumaş önce, özel fiksaj maddesi içeren vinilsülfon esaslı boyarmadde çözeltisi ile zeminlenip kurutulmaktadır. Daha sonra triazin tipi boyarmadde, reserve maddesi ve alkali içeren baskı patı ile

basılıp kurutulan kumaşlar, fiksaj işlemine tabi tutulmaktadır. Böylece, baskı yapılan kısımlarda vinilsülfon esaslı boyarmaddenin, reserve maddesi ile reaksiyona girerek bloke olması sağlanmaktadır (Yurdakul ve Atav, 2006).

4.MATERYAL VE METOD

4.1 Kumaş Özellikleri

Bu tez çalışmasında aşağıda özellikleri verilmiş olan %100 pamuklu dokuma kumaş kullanılmıştır.

Çizelge 4.1 Tez çalışmasında kullanılan kumaşın özellikleri

Lif cinsi :Pamuk	
Kumaş gramajı	140 g/m ²
Çözümlü sıklığı	25 tel/cm
Atkı sıklığı	23 tel/cm
Çözümlü numarası	Ne 22/1
Atkı numarası	Ne 22/1
Doku tipi	Bezayağı
Beyazlık derecesi	70,880

Kumaşın hidrofillik derecesi, DIN 54924'e göre belirlenmiştir. 250 mm boyutunda ve 30±0,2 mm enindeki şeritlerin 10 mm'lik kısımları çözeltiye daldırılmış ve 10, 30, 60 sn sonunda çözeltinin şeritteki yükselme değerleri ölçülmüştür.

Çizelge 4.2 Pamuklu kumaşın hidrofilite değerleri

Süre (sn)	Sağ kenarda su yükselmesi (mm)		Orta kenarda su yükselmesi (mm)		Sol kenarda su yükselmesi (mm)	
	Çözümlü	Atkı	Çözümlü	Atkı	Çözümlü	Atkı
10	19	19	18	18	18	18
30	24	25	23	23	23	23
60	28	30	28	27	28	26

4.2 Kullanılan Boyarmaddeler

Çalışmada farklı molekül büyüklüğüne sahip (büyük, orta, küçük) aşağıdaki boyarmaddeler kullanılmıştır.

Çizelge 4.3 Çalışmada kullanılan boyarmaddeler

Boyarmadde	C.I	Reaktif Grup	Reaktivlik	Molekül büyüklüğü
Cibacron Red P-4B	Reactive Red 245	MCT (monoklortriazin)	Düşük	Küçük
Cibacron Blue P-3R	Reactive Blue 49	MCT	Düşük	Orta
Cibacron Turquoise P-GR	Reactive Blue 72	MCT	Düşük	Büyük

4.3 Kullanılan Kimyasal ve Yardımcı Maddeler

Lamitex S :Aljinat asidi sodyum tuzu (yüksek viskoz, %1'lik Lamitex S için viskozite değeri 350-525 m.Pa.s)

Lamitex L 10 :Aljinat asidi sodyum tuzu (düşük viskoz, %1'lik Lamitex L10 için viskozite değeri 25-40 m.Pa.s)

Alcoprint RT-BC : Akrilik polimer dispersiyonu esaslı reaktif baskı için uygun sentetik kıvamlaştırıcı (Kullanım miktarı 45-70 g/kg arasında olup viskozite aralıkları; filmdruck baskıda 15000 – 30000 cP (55-70 g/kg Alcoprint RT-BC), rotasyon baskıda 6000–15000 cP'dir (40 - 60 g/kg Alcoprint RT-BC).

Sodyumbikarbonat (NaHCO_3) : Toz (Smyras)

4.4 Kullanılan Cihazlar ve Makineler

Viskozimetre	: Brookfield marka DV3 model viskozimetre
Filmdruck baskı makinesi	: J. Zimmer MDK laboratuvar tipi baskı makinesi
Kurutma makineleri	: Rapid marka laboratuvar tipi kurutucu
Buharlayıcı	: Mathis marka laboratuvar tipi buharlayıcı
Geliştirilen prototip RF kurutucu:	Prototip RF kurutucu; 27,12 MHz frekansta çalışmakta olup denemelerin yapıldığı ilk kurutucu 1 kW, sonuçlar doğrultusunda yeniden tasarlanıp imal edilen RF kurutucu ise maksimum 10 kW güç çıkışıdır.
Çamaşır makinesi	: Raks marka mini çamaşır makinesi
Renk Ölçüm Cihazı	:Minolta (3600 d) marka spektralfotometre (Ölçümler D65 gün ışığı altında yapılmıştır).

4.5 Çalışmada Uygulanan Reçeteler

Çizelge 4’de verilen reçeteye göre reaktif boyarmaddeler ile gerçekleştirilen baskı işlemleri ön denemelerde 15 g/kg, asıl denemelerde ise 30 g/kg koyulukta hazırlanan patlarla %100 pamuklu dokuma kumaşa yapılmıştır. 30 g/kg koyulukta yapılan baskılarda alginat dışında sentetik kıvamlaştırıcı ile de patlar hazırlanmış, radyo frekans ortamında sentetik kıvamlaştırıcının etkisi de gözlenmeye çalışılmıştır.

J. Zimmer MDK laboratuvar tipi baskı makinesinde 70 Nr. PES gaze bezi ile hazırlanmış şablon kullanılarak 10 mm çapındaki rakle ile 4 m/dk hızda 5 preste; baskıları yapılan kumaşlar; Rapid marka laboratuvar tipi fikse makinesinde 100 °C’de 2 dk kurutulmuş, daha sonra fikse edilmiştir. Soğuk durulama (10 dk), kaynar durulama (10 dk), kaynar durulama (5 dk), sıcak yıkama (5 dk), soğuk durulama (5 dk) şeklinde mini tipteki Raks marka çamaşır makinesinde yıkamaları yapılan baskılı numuneler, asılarak kurutulmuştur.

Hazırlanan reaktif baskı patlarının viskozitesi Brookfield DV3 viskozimetresi ile, SC4-28 numaralı spindle kullanılarak 30 RPM hızla ölçülmüş ve 60.000 mPa.s viskozite değeri esas olarak alınmıştır.

Çizelge 4.4 Reaktif baskı patı reçetesi

Baskı patı		
Y (15, 30)	g	Reaktif Boyarmadde
X (50,100,150,200)	g	Üre
25	g	Sodyumbikarbonat
10	g	Ludigol
500	g	Kıvamlaştırıcı
		Lamiteks L (%8)
		Lamiteks S (%6)
		Su/pat
1000 g		

4.6 Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yapılan tek fazlı baskılarda her boyarmadde (Cibacron Red P-4B, Cibacron Blue P-3R, Cibacron Turquoise P-GR) için klasik fiksaj yöntemleri olarak buharlama (102 °C’de 10 dk) ve termofiksaj (150 °C’de 5 dk) yöntemleri uygulanmıştır. Aynı baskı patıyla basılan diğer baskılı kumaşlar ise; radyo frekans enerjisinin etkisini daha iyi gözleyebilmek için hem sadece buhar (radyo frekans enerjisi olmaksızın buhar kombineli radyo frekans kurutucunun içerisine verilen buhar) hem de radyo frekans enerjisi+buhar (buhar varken aynı zamanda radyo frekans enerjisinin de uygulanması) ile fiksaj işlemine tabi tutulmuştur. Fiksaj işlemleri optimum işlem süresinin tespit edilebilmesi için 1 dk, 1.5 dk, 2 dk, 2.5 dk, 3 dk, 5 dk ve 10 dk olmak üzere farklı sürelerde gerçekleştirilmiştir. Buharlama (102 °C’de 10 dk) ve termofiksaj (150 °C’de 5 dk) yöntemlerine göre fikse edilen baskılı numunelerin spektralfotometre ile ölçülen

renk verimleri referans alınarak, radyo frekans enerjisi+buhar kombinasyonu ile fikse edilen numunelerin renk verimleri değerlendirilmiştir.

Değerlendirmelerde kullanılan SPSS (13.0) istatistik paket programında varyans analizi yapılarak boyarmadde tipinin, baskı patındaki üre miktarının, fiksaj yönteminin, fiksaj süresinin renk ölçümü sonuçlarına etkileri incelenmiştir. Varyans analizi $\alpha=0,05$ önem seviyesinde yapılmıştır. Varyans analizi sonucu “signification” değerinin, 0,05’den küçük olması, incelenen faktörlerin istatistiki açıdan önemli olduğunu göstermektedir. Varyans analizinde faktörlerin ikili etkileşimleri (fiksaj yöntemi-fiksaj süresi, boya tipi-üre miktarı, üremiktarı-fiksaj yöntemi) de incelenmiştir. Yine “signification” değerinin 0,05’den küçük olması, etkileşimin istatistiki açıdan önemli olduğunu ifade etmektedir. Önemli çıkan faktörler için ayrıca Post Hoc Duncan testi uygulanmıştır.

Çalışmada kullanılan boyarmaddeler farklı molekül büyüklüklerine sahip olduğundan sonuçların istatistiki olarak değerlendirilmesi her boyarmadde grubu için ayrı ayrı yapılmıştır.

5. BULGULAR

5.1 İlk Geliştirilen 1 kW Gücündeki Buhar Kombineli Radyo Frekans Kurutucu ile Yapılan Ön Denemeler

Bu çalışmada radyo frekans (RF) kurutucuyla buhar kombinasyonunun, kumaş formundaki tekstil yüzeylerinin baskı işlemlerinde kullanılabilmesi için prototip makinenin geliştirilmesi amaçlanmıştır. İnce bir tekstil yüzeyi olan kumaş formu için en uygun aplikatör dizaynı üzerinde çalışılmış daha sonra laboratuarda yapılan denemeler doğrultusunda sistemin iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Böylece baskıda fiksaj işleminde süresinin kısaltılması ve renk veriminin artırılması ile üretim maliyetinin düşürülmesi amaçlanmıştır.

Çalışmayı iki aşamaya ayırmak mümkündür. İlk aşama, 1 kW gücündeki buhar kombineli radyo frekans kurutucunun imal aşamasını ve bu kurutucu ile yapılan ön denemeleri, ikinci aşama ise ilk aşamadan elde edilen veriler doğrultusunda yeni bir kurutucunun tasarlanmasını, imal edilmesini ve bu kurutucunun buhar ile kombine edilerek baskılı numunelerin fiksajında kullanılabilirliğini incelemek için yapılan deney sürecini kapsamaktadır.

Aşağıda 1 kW gücündeki RF kurutucunun özellikleri verilmektedir.

1 kW çıkış güçlü yüksek frekans jeneratörünün özellikleri:

1. İşlem kabini : Buhar yoğunlaşmasının önlenmesi için çift cidarlı, izole edilmiş kabin (50x61x21 cm ebatlarında)
2. Tavan kısmında yer alan borular : İşlem kabininde buharın yoğunlaşmasını önlemek için kapak kısmının (tavanın) buhar ile ısıtılması için buharın dolaşmasını sağlayan borular

3. Fan : Kabinin tavan kısmında yer alan 1 adet fan
4. Buhar İletim Boruları: Buharın işlem kabineye gönderilebilmesini sağlayan, kumaşın işlem kabineye giriş kısmında yer alan borular
5. Makine 35 cm genişliğine kadar kumaş geçirmeye uygundur.
6. Elektrotlar : İşlem kabini içerisine monte edilmiş 18,5 cm uzunluğunda, 1 cm genişliğinde pirinç elektrotlar
7. Osilatör tipi : (Thales Components & Subsystems-T380-1) Hava soğutmalı triod tüp
8. Soğutucu fan : Salyangoz fan 220 V
9. Doğrultucu : Silikon diyot. 3 faz, tam dalga redresör grubu, çıkış plakalı kondansatör ile ayarlı
10. RF güç :Maksimum 1 kW
11. Frekans :27.12 MHz

Sonar Elektronik firmasına yaptırılan ilk laboratuar tipi RF kurutucu, 27,12 MHz frekansta çalışmakta olup 1 kW gücündedir ve radyo frekans enerjisi buhar ile kombine edilmektedir. Kumaş taşıma sistemi için kumaşın her iki kenarının tutturulacağı bant sistemi düşünülmüş ve Vega Firmasıyla çalışılmıştır. Buharın elektrotların olduğu bölgeye verilebilmesi amacıyla aplikatör kısmı, kapalı bir bölme haline getirilmiştir. Laboratuar tipi buhar kombineli radyo frekans kurutucu ile reaktif baskı denemeleri yapılmış fakat numune giriş-çıkış ve sevk sistemindeki problemlerden dolayı (kumaşın sevki sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilememiş, ortama buhar verilmesinden dolayı bantlarda sarkma meydana gelmiştir, baskılı kumaş numunelerinde yer yer yanma gözlenmiştir. RF kurutucunun numune giriş ve sevk sisteminin yeniden düzenlenmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Yapılan denemelerde gözlenen diğer bir durum ise işlem kabinindeki buharın yoğunlaşmasıdır. Bu sorunu gidermek için işlemin yapıldığı bölmenin izolasyonu

gerçekleştirilmiş fakat istenen sonuç alınamamıştır. Yoğuşma problemi diğer bir firmanın önerisi doğrultusunda vakum pompası ilavesi ve buhar kabinin tekrar çift cidarlı olarak yenilenmesiyle çözülmeye çalışılmıştır. Ayrıca buhar kaçaklarını önlemek için buhar kabininin kapağının etrafına lastik contalar yapıştırılmıştır fakat vakum pompası soğumaya sebebiyet verdiği için buharın yoğuşmasına engel olunamamıştır.

Prototip makine geliştirilirken önce Staggered Stray-Field (Şekil 5.1 a) sistemi uygulanmış ve kumaşın altta ve üstte bulunan elektrotların arasından geçirilmesi sayesinde daha iyi bir etkinin sağlanabileceği düşünülmüş ancak kumaşın elektrotlarla teması halinde yer yer yanmasının önüne geçilememiştir. Daha sonra paralel plaka ve Stray-field elektrot sistemi konfigürasyonları denenmiş, materyalin hacimli olmamasından dolayı paralel plaka sisteminde sağlanan etki düşük olmuş ve oluşan enerji yaş bir kumaşın kurutulması için yeterli gelmemiştir. Çalışılacak materyalin ince olmasından dolayı Stray-field elektrot sistemi (Şekil 5.1 b) ile daha iyi sonuçlar alınmıştır. Radyo frekans enerjisinin etkisinin daha iyi gözlemlendiği bu elektrot dizaynında çalışma sırasında karşılaşılan en büyük problem; yine kumaşta bulunan suyun buharlaşmasıyla elektrotlar üzerinde su damlacıklarının oluşması ve sisteme verilen buharın yoğunlaşıp işlem kabininin tavanından elektrotların ya da kumaşın üzerine geri düşmesi ve bunun sonucunda bu bölgelerde daha fazla enerji absorpsiyonu sonucu yanma olayının gerçekleşmesidir. Bu nedenle kumaşın mümkün olduğunca gergin geçirilerek elektrotlara değmesinin engellenmesi gerektiği tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan denemeler göstermiştir ki; baskılı kumaşlar sürekli bir şekilde sevk edilmeyip elektrotların üzerinde sabit olarak bekletildiğinde; sadece elektrotların arasında elektrik alan oluştuğu için bu bölgelerde fiksaj gerçekleşmekte, elektrotların üzerindeki baskılı kısımlar fikse olmadığından yıkama sırasında akmakta ve band şeklinde bir görünüm ortaya çıkmaktadır (Şekil 5.2).



Şekil 5.1 a) Staggered Stray-Field elektrot sistemi uygulana 1 kW'lık RF kurutucu



b) Buhar jeneratörü ve Stray-Field elektrot sistemi uygulana 1 kW'lık RF kurutucu



Şekil 5.2 Sabit konumda RF enerjisi ile fıkse edilen reaktif baskılı numune



Şekil 5.3 Cibacron Red P-4B (15g/kg) ile baskıları yapılmış numuneler

Baskı işleminin ardından numune kurutulduktan sonra sadece radyo frekans enerjisi uygulandığında; ortamda su bulunmadığı için fiksaj mümkün olmamakta, ancak baskı işleminin ardından doğrudan fiksaj işlemine geçilmesi halinde yani baskılı numuneler yaş iken tek başına radyo frekans enerjisi uygulanabilmektedir. Şekil 5.3’de radyo frekans enerjisinin etkisi görülebilmektedir.

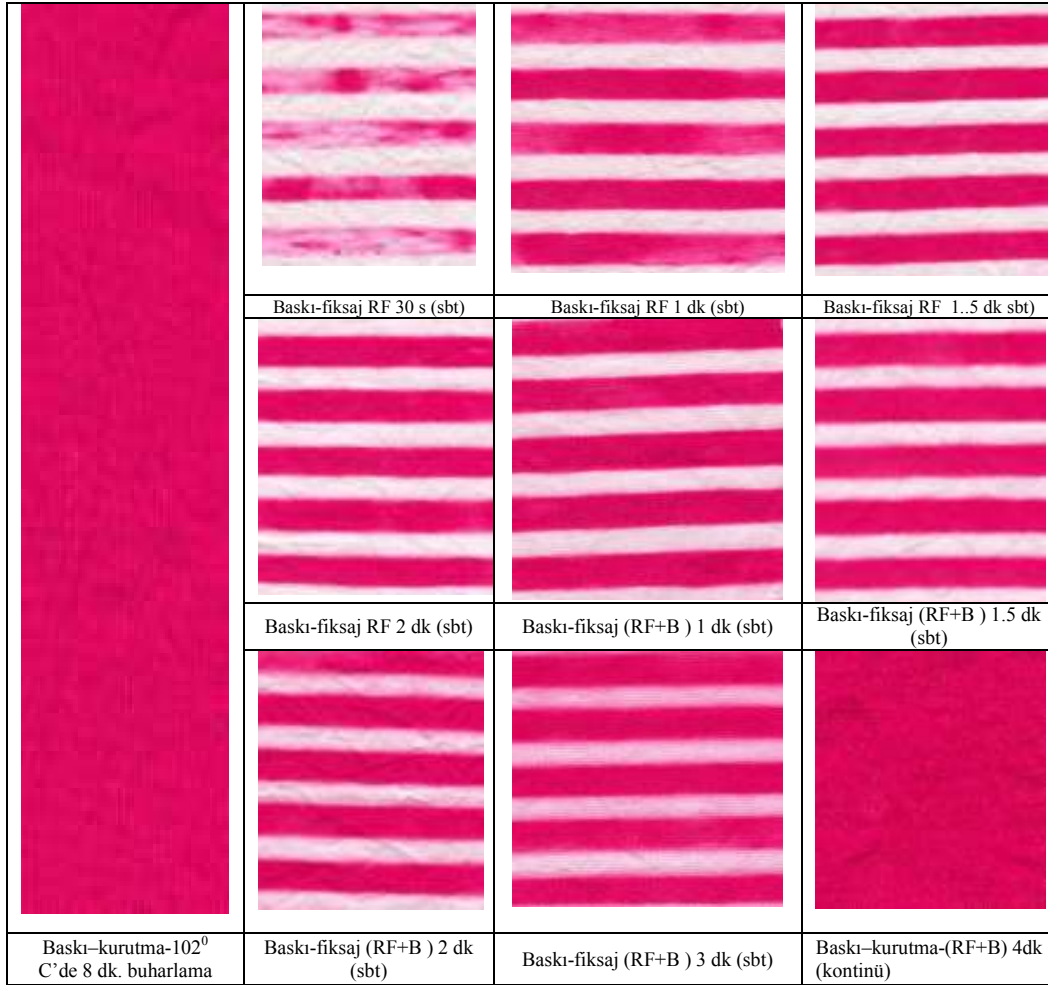
Yapılan ön denemelerde reaktif baskılı (tek fazlı) numunelerin baskı işleminin ardından kurutma yapmaksızın elektrotların üzerinde hareket ettirilmeyip bekletildiğinde fiksajları gerçekleşirken, numuneler kontinü bir şekilde geçirildiğinde zaman zaman yanma gözlenmiş, fiksajı gerçekleşen bölümler ise çok ince çizgiler halinde fikse olmuşlardır (Şekil 5.4).

Yapılan ilk denemelerde üre miktarı 100 g/kg, alkali miktarı ise 25 ve 35 g/kg olacak şekilde baskı patları hazırlanmıştır. Daha sonraki denemelerde radyo frekans ortamında optimum sonuçları verecek üre miktarı tespit edilmeye çalışılmış ve alkali miktarı sabit tutulmuştur.



Şekil 5.4 100 g/kg üre, 35 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile Cibacron Red P-4B kullanılarak 15 g/kg koyulukta basılan ve RF kurutucudan kontinü olarak geçirilen numuneler

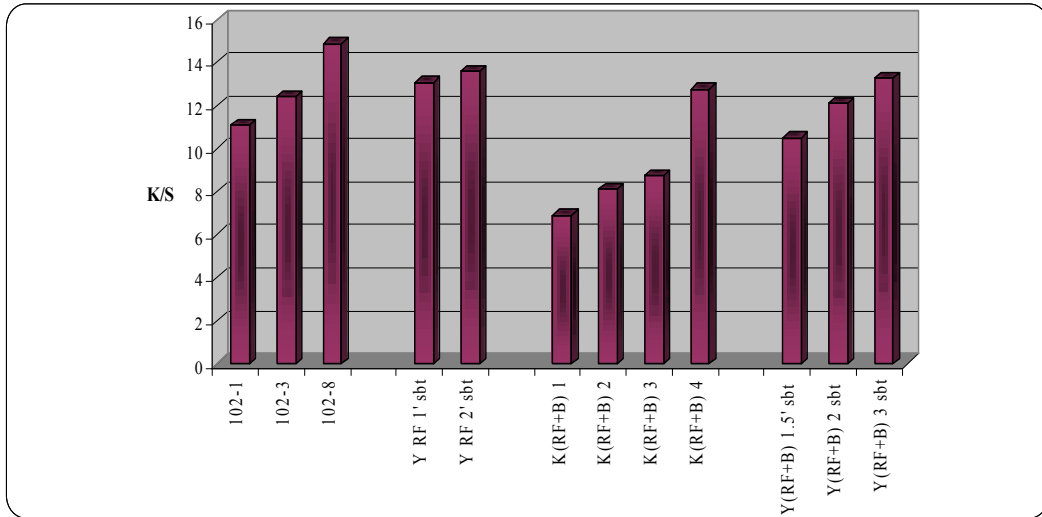
Baskı işleminin ardından kurutma yapıp, radyo frekans+buhar kombinasyonu ile fiksaj işlemine geçildiğinde ise; sabit konumda yine bant şeklinde fiksaj olan numuneler, kontinü olarak geçirildiğinde yanma ve çizgili görünüm olmaksızın fiksaj tamamlanabilmiştir.



Şekil 5.5 100 g/kg üre, 25 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile Cibacron Red P-4B kullanılarak 15 g/kg koyulukta basılan numuneler

Şekil 5.5’de 100 g/kg üre ve 25 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile basılan numuneler görülmektedir. Radyo frekans enerjisinin 30 sn süreyle uygulanmasıyla düzgünsüz bir fiksaj gerçekleşmekte, buhar ve radyo frekans enerjisi birlikte uygulandığında ise bu düzgünsüzlükler giderilebilmekte ve yine kısa sürelerde kurutma adımı atlanarak fiksaj işlemi gerçekleştirilebilmektedir.

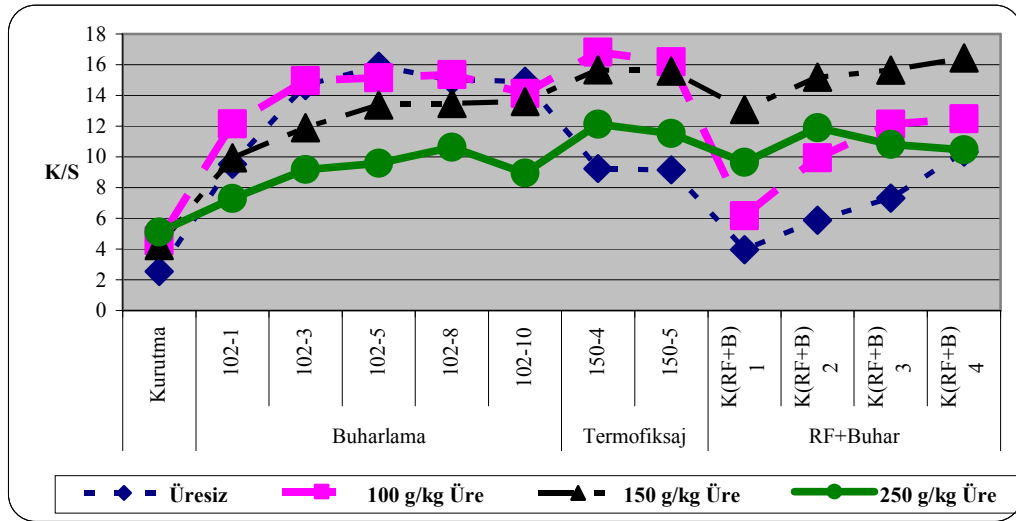
Kurutma adımı atlanarak baskı işleminin ardından sadece radyo frekans enerjisi uygulandığında ve radyo frekans enerjisi+buhar kombinasyonu ile fiksaj gerçekleştirildiğinde elde edilen renk verimi; referans olarak alınan buharlama yönteminde elde edilen renk veriminden daha yüksek olmasa da yakın bir renk verimi sağlanabilmektedir (Şekil 5.6).



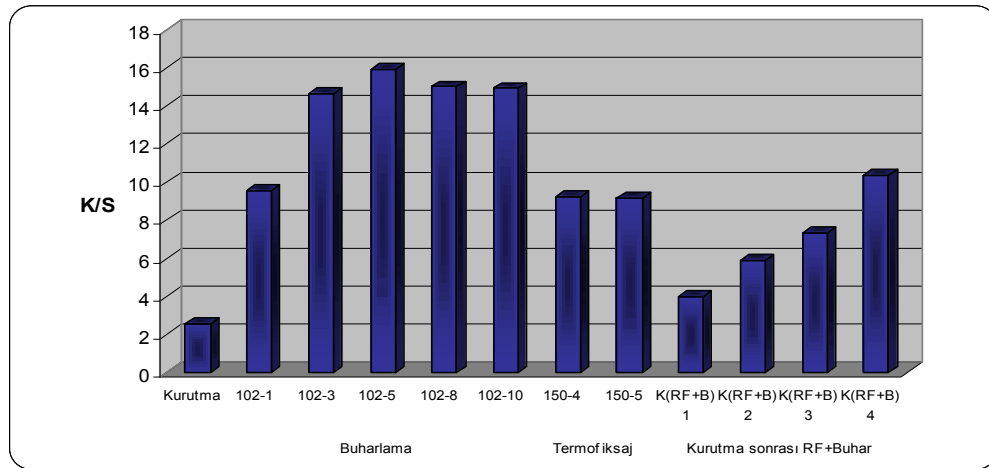
YRF : Baskı ardından kurutma yapmadan, yaş durumda RF enerjisi uygulanan numune
K(RF+B) : Baskı ardından kurutma yapılan, RF enerjisi+buhar uygulanan numune

Şekil 5.6 100 g/kg üre, 25 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile 15 g/kg koyulukta Cibacron Red P-4B ile basılan numunelerin K/S grafiği

Ön denemeler sırasında tek fazlı reaktif baskı patının içeriği değiştirilerek de baskılar yapılmıştır. Ürenin nem çekme özelliğinin radyo frekans+buhar ile fiksajda etkisini gözlemleyebilmek amacıyla hiç üre içermeyen, 100, 150 ve 250 g/kg üre ve 35 g/kg soda içeren baskı patlarıyla çalışılmış ve numunelerin renk ölçümleri yapılarak K/S değerleri yardımıyla aşağıdaki grafik elde edilmiştir (Şekil 5.7). Radyo frekans+buhar ile baskı patındaki üre miktarı 150 g/kg iken en iyi sonuçlar alınırken üre miktarının daha fazla artırılması renk veriminde bir artışa sebep olmamıştır.



Şekil 5.7 Baskı patında kullanılan farklı üre miktarlarına ve fiksaj şartlarına bağlı olarak baskılı numunelerin renk verimleri

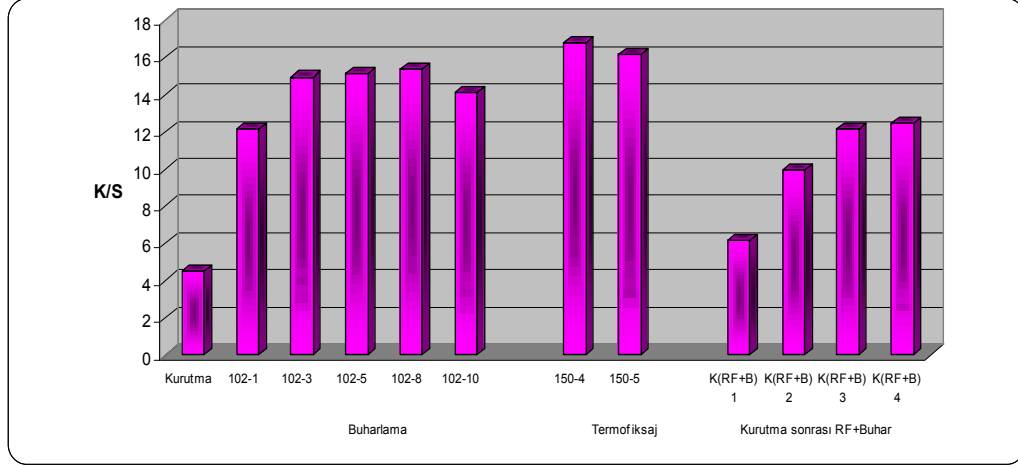


Şekil 5.8 Üresiz, 35 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile Cibacron Red P-4B kullanılarak 15 g/kg koyulukta basılan numunelere ait K/S grafiği

K(RF+B) : Baskı ardından kurutma yapılan, RF enerjisi+buhar uygulanan numune

Baskı patında üre olmaması, özellikle termofiksajda düşük renk verimine neden olurken, radyo frekans+buhar kombinasyonu ile elde edilen renk verimleri süreye bağlı olarak artmakta ancak buharlama yöntemine kıyasla yüksek bir renk verimi elde edilememektedir (Şekil 5.8).

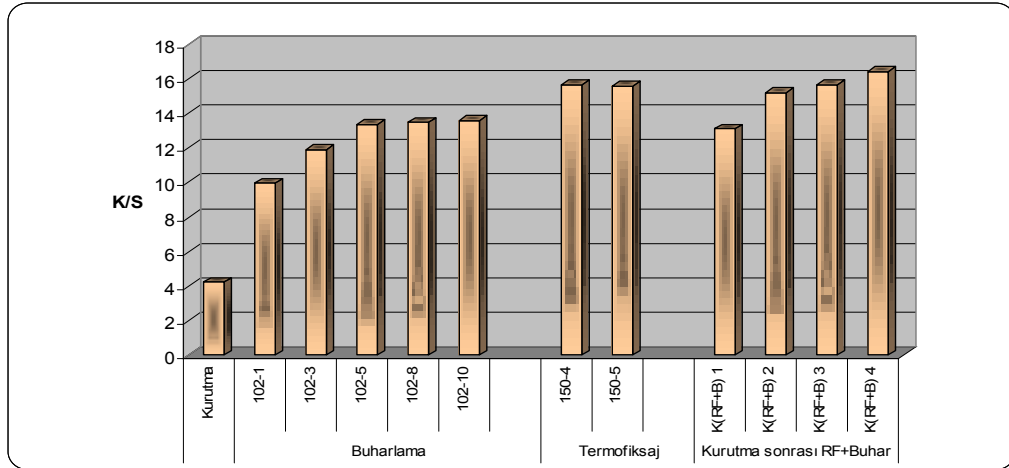
Radyo frekans+buhar kombinasyonunda; baskı patında kullanılan üre miktarının 100 g/kg'a çıkarılması; üre içermeyen baskı patıyla yapılan baskıların renk verimlerine göre özellikle termofiksaj yönteminde ve radyo frekans+buhar kombinasyonunda daha yüksek renk verimlerinin elde edilmesini sağlamıştır (Şekil 5.9).



Şekil 5.9 100 g/kg üre ve 35 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile Cibacron Red P-4B kullanılarak 15 g/kg koyulukta basılan numunelere ait K/S grafiği

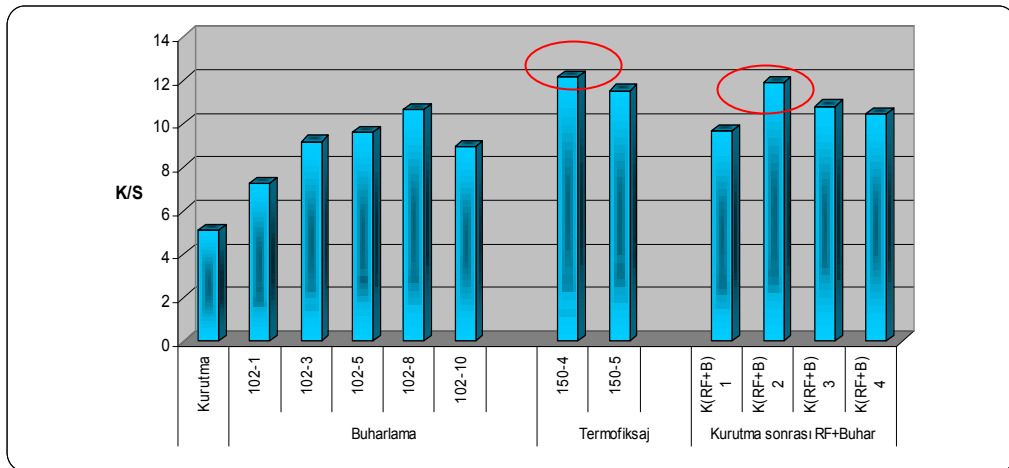
K(RF+B) : Baskı ardından kurutma yapılan, RF enerjisi+buhar uygulanan numune

Baskı patında kullanılan üre miktarının 150 g/kg'a yükseltilmesi radyo frekans+buhar kombinasyonunda renk veriminde belirgin bir artış sağlamış hatta termofiksaja göre baskı sonrası kurutma ardından RF+Buhar kombinasyonu ile 4 dk'da (K(RF+Buhar) 4 dk) daha yüksek renk verimi elde edilebilmiştir (Şekil 5.10).



Şekil 5.10 150 g/kg üre ve 35 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile Cibacron Red P-4B kullanılarak 15 g/kg koyulukta basılan numunelere ait K/S grafiği

K(RF+B) : Baskı ardından kurutma yapılan, RF enerjisi+buhar uygulanan numune



Şekil 5.11 250 g/kg üre ve 35 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile Cibacron Red P-4B kullanılarak 15 g/kg koyulukta basılan numunelere ait K/S grafiği

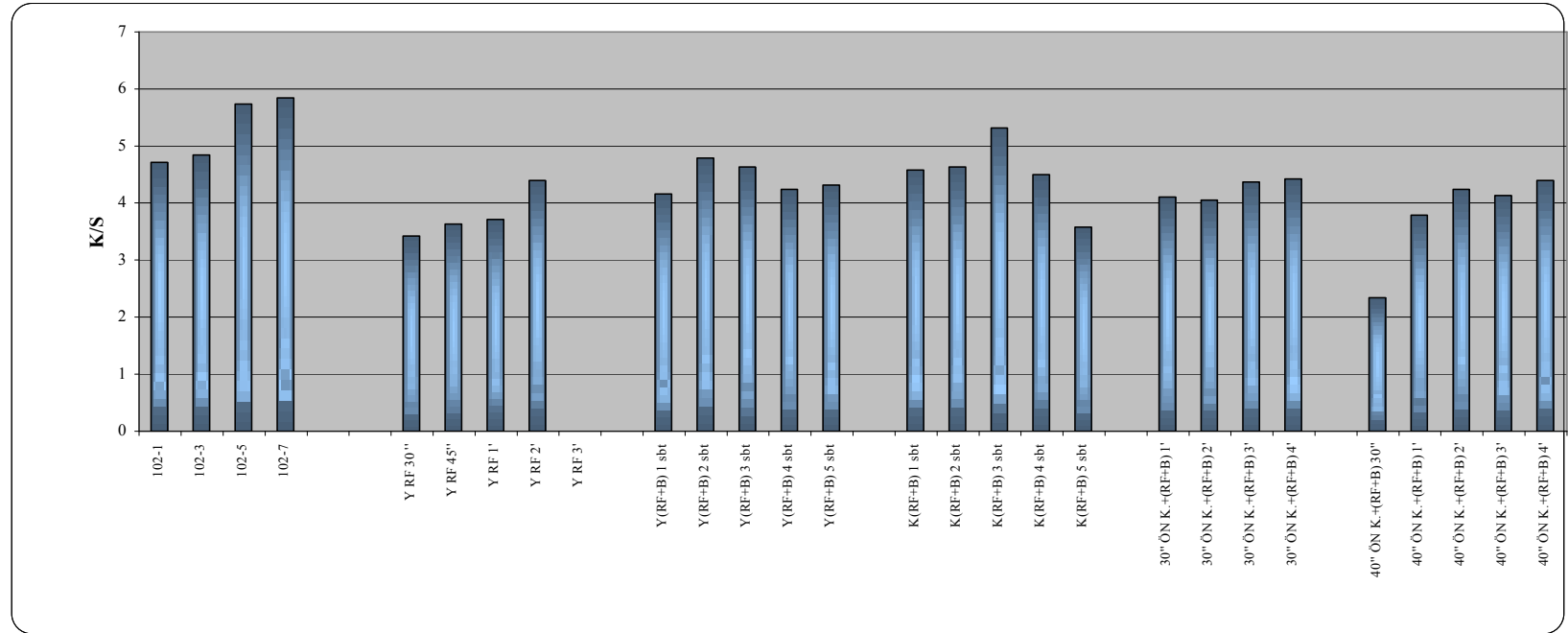
K(RF+B) : Baskı ardından kurutma yapılan, RF enerjisi+buhar uygulanan numune

RF+buhar ile fiksajda baskı patında 250 g/kg üre kullanılması, termofiksaj yöntemiyle buharlama yönteminden daha yüksek renk verimi sonuçları alınmasını sağlamıştır. Radyo frekans+buhar kombinasyonunda baskı sonrasında kurutma işleminin ardından 2

dk süreyle yapılan fiksaj sonucunda, termofiksajla elde edilen renk verimlerine yakın bir değer elde edilirken sürenin artması renk veriminin düşmesine sebep olmuştur (Şekil 5.11).

Baskı patında 100-150 g/kg üre ve 25-35 g/kg soda kullanılarak 15 g/kg koyulukta orta molekül büyüklüğündeki mavi (Şekil 5.13) ve büyük moleküllü turkuaz boyarmaddelerle de baskılar yapılmıştır.

Orta molekül büyüklüğündeki mavi boyarmadde kullanılarak baskıları yapılan numunelere baskı işleminin ardından yapılan kurutma sonrası radyo frekans+buhar kombinasyonunun uygulanmasıyla, 102⁰ C'de 8 dakika buharlama ile elde edilen K/S değerine yakın değerlere daha kısa sürelerde ulaşılabilmiştir (Şekil 5.12).



Şekil 5.12 100 g/kg üre ve 25 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile Cibacron Blue P-3R kullanılarak 15 g/kg koyulukta basılan numunelere ait K/S grafiği

YRF: Baskı ardından kurutma yapılamadan RF enerjisi uygulanan numune

Y(RF+B) : Baskı ardından kurutma yapılmadan RF enerjisi+buhar uygulanan numune

K(RF+B) : Baskı ardından kurutma yapılan, RF enerjisi+buhar uygulanan numune

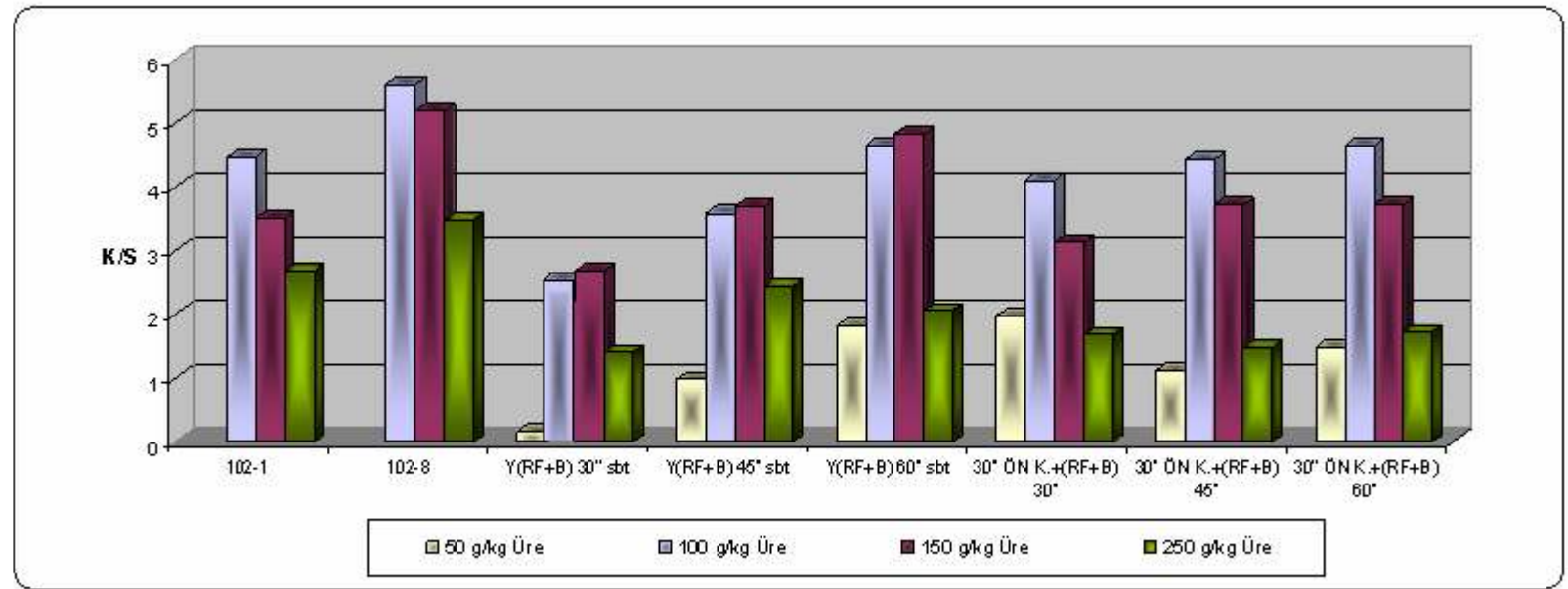
30'' ÖN K.+(RF+B) : 30 s ön kurutma ardından RF enerjisi+buhar uygulanan numune

40'' ÖN K.+(RF+B) : 40 s ön kurutma ardından RF enerjisi+buhar uygulanan numune

			
102 °C-1 dk	Baskı-fiksaj RF +B 30 s(sbt)	Baskı-fiksaj RF +B 45 s(sbt)	Baskı-fiksaj RF +B 1 dk (sbt)
			
102 °C -8 dk	30 s Ön kurutma+(RF+B) 15 s	30 s Ön kurutma+(RF+B) 30 s	30 s Ön kurutma+(RF+B) 45 s
			
30 s Ön kurutma+(RF+B) 1dk	Baskı-fiksaj RF 30 s	Baskı-fiksaj RF 45 s	Baskı-fiksaj RF 60 s

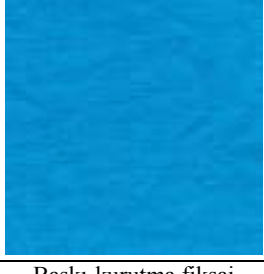
Şekil 5.13 150 g/kg üre ve 25 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile Cibacron Blue P-3R kullanılarak 15 g/kg koyulukta basılan numuneler

Baskı patındaki farklı üre içeriklerinin radyo frekans+buhar kombinasyonu ile fiksajdaki etkisi mavi boyarmadde için incelendiğinde; 50 ve 250 g/kg üre ile çalışılması düşük renk verimlerine sebep olmuş, en yüksek değerler 100 ve 150 g/kg üre ile çalışırken alınmıştır (Şekil 5.14).



Şekil 5.14 Baskı patındaki farklı üre içeriklerine bağlı olarak Cibacron Blue P-3R ile 15 g/kg koyulukta basılan numunelere ait K/S grafiği

Cibacron Turquoise P-GR kullanılarak 150 g/kg üre ve 25-35 g/kg soda içeren baskı patlılarıyla baskılar yapılmıştır. Şekil 5.15’de turkuaz boyarmaddeyle baskıları yapılan numunelerin fiksaj sonrası görünüşleri verilmektedir.

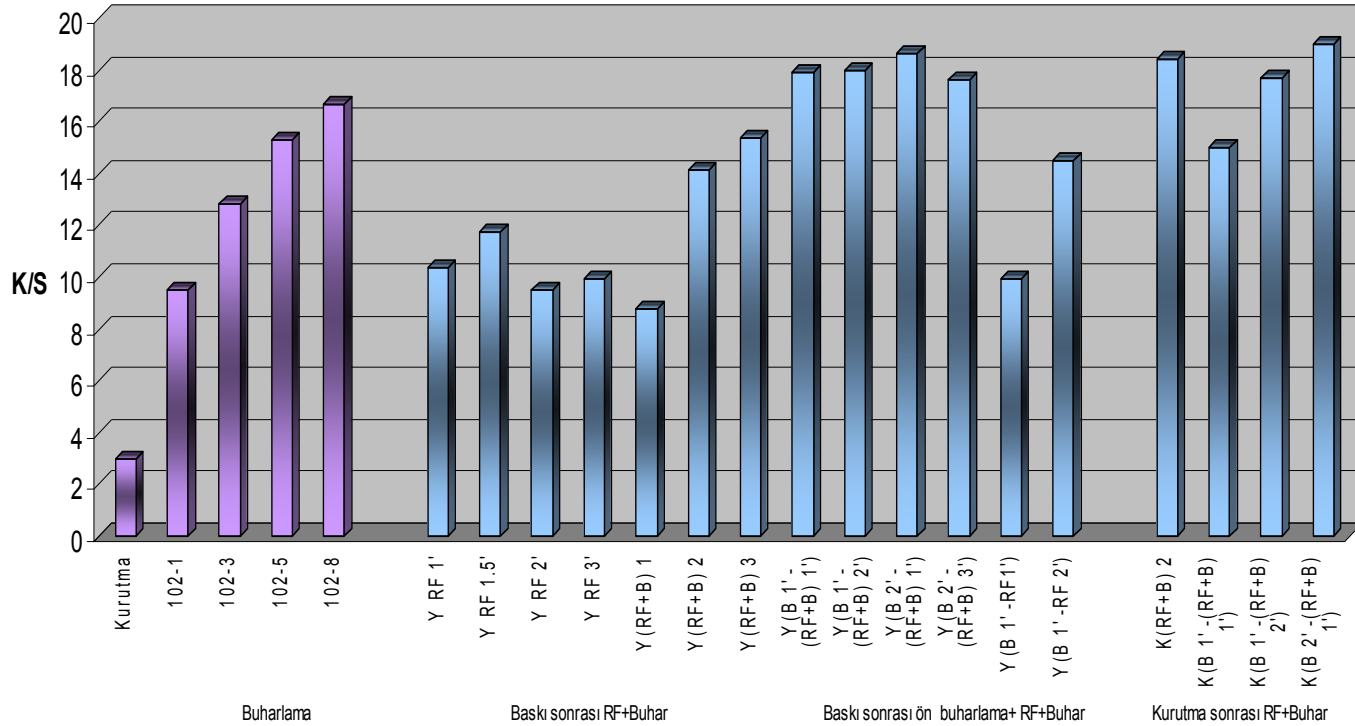
		
102 °-1 dk	Baskı-kurutma fiksaj RF+B 1'	Baskı-kurutma fiksaj RF+B 2'
		
102 °-10 dk	Baskı-kurutma fiksaj RF+B 3'	Baskı-kurutma fiksaj RF+B 4'

Şekil 5.15 150 g/kg üre ve 25 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile Cibacron Turquoise P-GR kullanılarak 15 g/kg koyulukta basılan numuneler

Turkuaz ile çalışılırken hem standart buharlamalar, hem de gerek baskı işlemi ardından gerekse baskı sonrası yapılan kurutma işleminin ardından radyo frekans enerjisi verilmeden ek olarak 1 ve 2 dk ön buharlama yapılmış ardından radyo frekans+buhar uygulanmıştır. Büyük moleküllü turkuaz boyarmaddesi ile yapılan baskılarda; kurutma sonrası radyo frekans+buhar kombinasyonu ile (2 dk fiksaj sonrası elde edilen K/S değeri 18,39) buharlama yöntemine göre (8 dk fiksaj sonrası elde edilen K/S değeri 16,68) daha yüksek renk verimleri elde edilmiştir. Baskı, kurutma ardından 2 dk ön

buharlama yapılan ve daha sonra RF+Buhar kombinasyonu ile de 1 dk fiksaja tabi tutulan numunenin renk verimi 18,99 olarak ölçülmüştür (Şekil 5.16).

Tek fazlı reaktif baskı yanında iki fazlı reaktif baskı denemeleri de yapılmış, ancak gerek alkalinin emdirme yöntemine göre aplikasyonu sırasında gerekse püskürtme ile aplikasyonunda baskılı kumaş numunelerinde yanma gözlenmiştir.



Şekil 5.16 150 g/kg üre, 35 g/kg soda içeren reaktif baskı patı ile Cibacron Turquoise P-GR kullanılarak 15 g/kg koyulukta basılan numunelerin K/S değerleri

YRF : Baskı ardından kurutma yapmadan, yaş durumda RF enerjisi uygulanan numune

Y(RF+B) : Baskı ardından kurutma yapılmadan, RF enerjisi+buhar uygulanan numune

K(RF+B): Baskı ardından kurutma yapıp RF enerjisi+buhar uygulanan numune

102-1 : 102⁰ C'de 1 dk yapılan buharlama

5.2 10 kW Gücündeki Buhar Kombineli Radyo Frekans Kurutucu ile Yapılan Denemeler

1 kW güce sahip RF kurutucu ile yapılan ön denemeler, sistemden kaynaklanan bazı sorunlara rağmen radyo frekans enerjisinin buharla kombine edilmesi halinde baskı işlemlerinde alternatif bir fiksaj yöntemi olarak kullanılabilceğine dair sonuçlar vermiştir. Karşılaşılan güçlükler, yöntemin sistematik olarak incelenebilmesi için bazı iyileştirme çalışmalarının yapılması zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Bu amaçla aşağıda özellikleri verilen, daha yüksek güce sahip yeni bir kurutucu yaptırılmıştır.

10 kW çıkış güçlü yüksek frekans jeneratörünün özellikleri:

1. İşlem kabini : Buhar yoğunlaşmasının önlenmesi için izole edilmiş kabin
2. Rezistans : İşlem kabini içinde buharın yoğunlaşmasını önlemek için kapak ve gövdeye eklenmiş termostat kontrollü rezistanlar
3. Fan : Kabinin tavan kısmında yer alan 3 adet fan
4. Buhar İletim Boruları: Buharın işlem kabine gönderilebilmesini sağlayan, işlem kabini giriş ve çıkışında yer alan borular
5. Makine 35 cm genişliğine kadar kumaş geçirmeye uygundur.
6. Elektrotlar : İşlem kabini içerisine monte edilmiş 23,5 cm uzunluğunda 0,8 cm çapında alüminyum elektrotlar (elektrot bölgesinin uzunluğu 93 cm olup elektrotlar arasındaki mesafe 1,8 cm, numunenin işlem kabini içinde sevk esnasında elektrotlara olan uzaklığı 0,5 cm'dir.)
7. Osilatör tipi : BR1196 F- Hava soğutmalı triod tüp
8. Soğutucu fan : Salyangoz fan 220 V
9. Doğrultucu : Silikon diyot. 3 faz, tam dalga redresör grubu, çıkış plakalı kondansatör ile ayarlı
10. RF güç : Maksimum 10 kW, 5 kademe güç ayarlı
11. Frekans : 27.12 MHz

Tek fazlı reaktif baskıda da ortaya çıkan yanma probleminin çözülebilmesi, kontinü geçişlerde ince çizgiler halinde olan fiksajın baskılı yüzeyin tümünde homojen hale getirilebilmesi amacıyla; prototip RF kurutucuda 18 cm uzunluğundaki elektrotların daha uzun mesafeye yayılması dolayısıyla RF kurutucunun gücünün arttırılmasına karar verilmiş ve elektrot dizaynının Stray-field çubuklar şekliinden kaydırmalı stray-field dizaynına dönüştürülmesinin daha uygun olacağı görülmüştür. Böylece baskılı kumaş numuneleri hem altta hem de üstte bulunan elektrotların arasından geçirilebilecek, elektrotlarla teması engellenerek yanmaları önlenebilecektir. Ayrıca daha önce yapılan ön denemeler doğrultusunda radyo frekans enerjisi ile buhar kombinasyonunun iyi sonuçlar verdiği görülmüş ancak buhar yoğunlaşmasının önüne geçilememesi problemlere neden olmuştur. Bu amaçla buharın, reaksiyonun gerçekleştiği aplikatör bölgesine direkt değil indirekt olarak verilmesi düşünülmüştür.

Daha önce yaptırılmış olan 1 kW'lık RF kurutucuyla yapılan bu ön denemeler ve gözlemler ışığında; elektrot dizaynı kaydırmalı stray-field dizaynı olacak şekilde olan ve maksimum 10 kW, 5 kademe güç ayarlı yeni prototip RF kurutucunun üretimi gerçekleştirilmiştir. Yeni RF kurutucuda; buharın tavana çarpıp yoğunlaşarak tekrar kumaş numunesi üzerine düşmesinin önlenmesi için; kapak kısmına rezistanlar yerleştirilmiştir. Kapak kısmında; reaksiyonun gerçekleştiği kabinde yükselen buharın fazlasını ortamdan uzaklaştırmak için fanlar bulunmaktadır. Elektrotların bulunduğu bölgenin alt kısmında, jeneratörden gelen buharı reaksiyonun gerçekleşeceği bölgeye ileten, üzeri delikli karşılıklı iki buhar borusu ve buhar borularının üzerinde de buharın kumaşa direkt olarak gönderilmesini engelleyecek yine üzeri delikli bir plaka bulunmaktadır. Yeni sistemde kumaşın iletimi gergefli kurutuculara benzer şekilde iğneli zincir sistemiyle sağlanmakta ve kumaş numunesinin gergin durumda geçişi sağlandığı için elektrotlarla temas problemi ortadan kalkmaktadır. Kumaşın iğnelere takılabilmesi için kabinin içerisine karşılıklı iki fırça yerleştirilmiştir (Şekil 5.17 ve 5.18).

Yapılan denemeler sonucunda kumaşa yine yanma problemi ortaya çıkmıştır ve elektrot sistemi tekrar Stray-field elektrot sistemine dönüştürülmüştür. Buharın yoğunlaşmasının önüne de geçilememiş ve bu yoğunlaşmadan dolayı da kumaşın üzerindeki damlamalar, radyo frekans verildiğinde enerji oluşumunu artırarak numunenin yanmasına sebep olmuştur. Bu sorunu çözebilmek için; kabinin tabanında ve tavanında yer alan rezistanslara ek olarak yan bölmelere de rezistanslar ilave edilmiş ve kabinin iç sıcaklığının bir termostat yardımıyla kontrolü yapılarak 100⁰ C'nin altına düşmesi engellenmiştir.



Şekil 5.17 Radyo frekans kurutucunun işlem kabini



Şekil 5. 18 Geliştirilen radyo frekans kurutucu

Yaş kumaş kontinü bir şekilde hareket ettirilmeyip sabit bir konumda bekletildiğinde; elektrotlar arasında mevcut olan elektrik alan sayesinde elektrotlar arasında yer alan kısımlarının kurutulması sağlanırken diğer kısımlarının kurutulması sağlanamamaktadır. Bu nedenle kumaş sevki kontinü olarak yapılmalıdır. Kumaşın işlem kabinine sevkini iyileştirmek, iğnelere düzgün bir şekilde takılmasını sağlamak için kabinin iç kısmına da bir çift cımbar monte edilmiştir (Şekil 5.19).



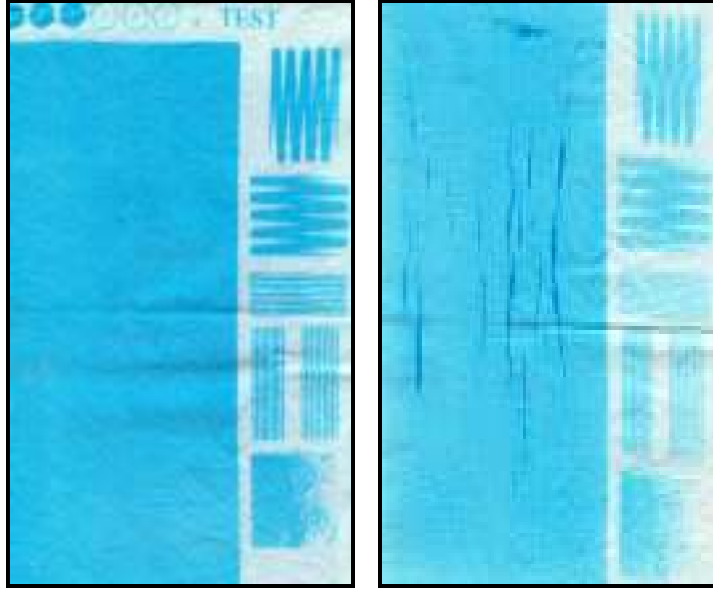
Şekil 5.19 Geliştirilen radyo frekans kurutucudan kumaş sevki

Daha önce yapılan ön denemelerde de belirtildiği gibi, baskı sonrasında kurutma yapıp daha sonra radyo frekans enerji uygulaması ortamda su bulunmamasından dolayı fiksaj etkisi sağlayamamaktadır. Bu durumda ya numunelerin yaşken ya da buhar ile kombineli olarak radyo frekans enerjisine maruz bırakılması gerekmektedir. Baskılı numune yaş durumdayken sadece RF enerjisi baskılı yüzeyin tamamının fiksajını sağlayamadığı için enerji absorpsiyonunu dolayısıyla fiksaj etkisini arttırabilmek amacıyla reaktif baskı patına 20 g/kg NaCl ilave edilerek basılan ve kurutma adımı atlanarak 2 dk süresince sadece radyo frekans enerjisi uygulanan kırmızı baskılı numunenin yıkama sonrası görünümü, Şekil 5.20’de verilmektedir. Yer yer yanma meydana gelmesinin yanı sıra yine homojen bir fiksaj mümkün olamamaktadır.

Turkuaz renkte reaktif baskı patıyla basılmış numunede de aynı efektler göze çarpmaktadır. Fikse olan kısımlar ince çizgiler halinde kendisini göstermektedir. Şekil 5.21 a'da baskı işlemi ardından kurutulup yıkama işlemi uygulanan (fikse edilmeyen) numune, b'de ise yaş halde 3,5 dk radyo frekans enerjisi uygulanan numune verilmektedir.



Şekil 5.20 Baskı sonrası kurutma yapılmadan 2 dk radyo frekans enerjisi uygulanan reaktif baskılı numune



Şekil 5.21 a) 100⁰C’de 2 dk kurutma sonrası **Şekil b)** Baskı sonrası kurutma yapılmadan 3,5 dk radyo frekans enerjisi uygulanan numune



Şekil 5.22 İki fazlı reaktif baskı patıyla basılan ve radyo frekans enerjisi ile fiksaj işlemine tabi tutulan numune

Yine daha önce yapılan ön denemeler göstermiştir ki, reaktif baskıda iki fazlı yönteme göre çalışılması durumunda ikinci adımda alkali ve elektrolit içeren flotteyle emdirilen kumaş, radyo frekans enerjisiyle muamele edildiğinde yanma problemi ortaya çıkmaktadır. Bunu tekrar incelemek amacıyla iki fazlı reaktif baskı patıyla basılan numune sadece NaCl içeren flotteyle emdirilmiş ve radyo frekans enerjisi uygulanmıştır. Elektrolit içeriği yer yer daha fazla enerji absorpsiyonuna neden olmuş ve bunun sonucu olarak da yanmalar meydana gelmiştir (Şekil 5.22).

5.2.1 10 kW Gücündeki Buhar Kombineli Radyo Frekans Kurutucu ile Yapılan Deney Sonuçlarına ait Genel Değerlendirme

Cihazın iyileştirme çalışmalarının tamamlanmasının ve çalışma şeklinin belirlenmesinin ardından numunelerin baskı işlemleri yapılmaya ve sistematik olarak belirlenen parametreler incelenmeye başlanmıştır. Çizelge 5.1’de tüm boyarmaddelere ait renk verimi ölçümleri dikkate alınarak radyo frekans sisteminin incelenmesine ilişkin SPSS programı yardımıyla yapılan istatistiki değerlendirme verilmiştir.

Çizelge 5.1 Renk verimi (K/S değeri) dikkate alınarak radyo frekans enerjisi ile fiksajda önemli parametreler

Dependent Variable: Renkverimi					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11792,069(a)	13	907,082	139,444	,000
Intercept	97594,416	1	97594,416	15002,988	,000
BOYATIPİ	8330,752	2	4165,376	640,335	,000
UREMIKTARI	690,675	3	230,225	35,392	,000
FIKSAJYONTEMI	552,809	2	276,404	42,491	,000
FIKSAJSURESİ	2159,804	5	431,961	66,404	,000
tekrar	,411	1	,411	,063	,802
Error	2647,534	407	6,505		
Total	111035,470	421			
Corrected Total	14439,604	420			

a. R Squared = ,817 (Adjusted R Squared = ,811)

Çizelge 5.1’den görüldüğü gibi, boyarmaddenin molekül büyüklüğü, baskı patındaki üre miktarı (50,100,150,200 g/kg) , fiksaj yöntemi (radyo frekans kurutucuya verilen buhar, radyo frekans enerjisi+buhar (Güç 300), radyo frekans enerjisi+buhar (Güç 500)), fiksaj süreleri (1, 1.5, 2, 2.5, 3, 5 dk) $\alpha=0,05$ güven aralığında önemli çıkmaktadır. Uygulanan fiksaj yöntemleri de kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Çizelge 5.2, karşılaştırma sonuçlarını göstermektedir. Buna göre; radyo frekans kurutucu içerisine verilen buhar ile radyo frekans enerjisi+buhar kombinasyonunun (çalışılan her iki güçte) karşılaştırılması sonucunda, radyo frekans enerjisinin varlığında sadece buhar ile yapılan fiksaj sonuçlarına göre renk verimindeki artışın istatistiki olarak da önem taşıdığı, 300 veya 500 güçte çalışılması arasında pek bir fark olmadığı ortaya çıkmıştır. Radyo frekans enerjisi+buhar kombinasyonu ile yapılan fiksajlar RF+Buhar 300 Güç ve RF+ Buhar 500 Güç olarak ifade edilmiştir. 300 ve 500 güç kurutucunun çalışma sırasında çektiği akım miktarını ifade etmektedir.

Çizelge 5.2 Radyo frekans enerjisi varlığında ve yokluğunda renk verimine bağlı olarak fiksaj yöntemlerinin istatistiki olarak değerlendirilmesi

Duncan			
FIKSAJ YONTEMI	N	Renk verimi	Renk verimi
RF kurutucu içerisine verilen buhar	143	13,6460	
Radyo frekans 500 Güç+Buhar	136		15,6332
Radyo frekans 300 Güç+Buhar	142		16,1941
Sig.		1,000	,066

Fiksaj yöntemi, fiksaj süresi, boyarmadde tipi ve baskı patındaki üre miktarının renk verimi üzerinde önemli bir rol oynamasının yanı sıra bunların birbirleriyle etkileşimleri de istatistiki açıdan önem taşımaktadır. Uygulanan fiksaj yöntemine göre baskı patındaki optimum üre miktarı, optimum fiksaj süresi değişmektedir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3 Radyo frekans enerjisi ile fiksajda önemli olan parametrelerin birbirleriyle etkileşimleri

Dependent Variable: Renkverimi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	13014,609(a)	35	371,846	100,464	,000
Intercept	97013,655	1	97013,655	26210,804	,000
BOYA TIPI	8305,713	2	4152,857	1122,004	,000
URE MIKTARI	717,887	3	239,296	64,652	,000
FIKSAJ YONTEMI	560,363	2	280,181	75,698	,000
FIKSAJ SURESI	2111,765	5	422,353	114,110	,000
tekrar	,070	1	,070	,019	,891
FIKSAJ YONTEMI * FIKSAJ SURESI	189,874	10	18,987	5,130	,000
BOYA TIPI * URE MIKTARI	521,617	6	86,936	23,488	,000
URE MIKTARI * FIKSAJ YONTEMI	516,236	6	86,039	23,246	,000
Error	1424,995	385	3,701		
Total	111035,470	421			
Corrected Total	14439,604	420			

a R Squared = ,901 (Adjusted R Squared = ,892)

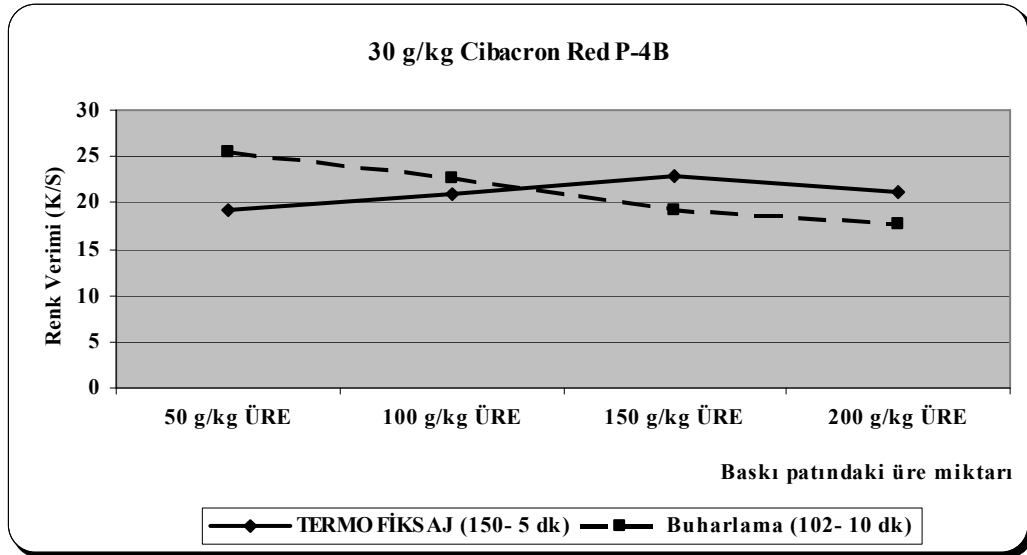
Bu değerlendirmeler ışığında farklı molekül büyüklüğündeki boyarmaddeler, renk verimini etkileyen parametreler dikkate alınarak ayrı ayrı incelenmeye başlanmıştır.

5.2.2 Cibacron Red P-4B Boyarmaddesi ile Yapılan Denemeler

Mikrodalga teknolojisinin tekstilde kullanımı üzerine yapılan birçok çalışmada üre ve tiyoüre polarite arttırıcı kimyasal madde olarak kullanılmaktadır. Reaktif baskı patında kullanılan ürenin radyo frekans ile fiksaj sırasında polarite arttırıcı özelliğini incelemek amacıyla çalışmada 50, 100, 150 ve 200 g/kg üre içeren baskı patları hazırlanmıştır. Bu patlar ile baskıları yapılan numuneler 100 °C'de 2 dk kurutulmuş ve numunelerin bir kısmı radyo frekans (RF) + buhar kombinasyonu ile diğer kısmı ise konvansiyonel

yöntem ile (102°C 'de 10 dk doymuş buhar ve 150°C 'de 5 dk kuru ısı ile) fikse edilmiştir. Fiksajın ardından baskıların yıkamaları yapılmıştır. Baskılı numunelerin spektralfotometre ile renk ölçümleri yapılarak renk verimleri konvansiyonel yöntemlerle karşılaştırılmıştır.

Cibacron Red P-4B kullanılarak farklı miktarlarda üre içeren baskı patlarıyla yapılan baskıların; buharlama yöntemine göre fikse edilmeleri sonucunda; baskı patında yüksek miktarda üre kullanılmasının beklenildiği gibi renk verimi kaybına sebep olduğu görülmektedir. Termofiksaj yöntemine göre fiksajları yapılan baskılı numunelerin renk verimleri ise yine beklenildiği gibi; baskı patındaki üre miktarının artmasıyla yükselmektedir (Şekil 5.23).



Şekil 5.23 Cibacron Red P-4B ile farklı miktarlarda üre içeren baskı patlarıyla basılan numunelerin renk verimleri

Radyo frekans enerjisi varlığında ve yokluğunda fiksaj verimliliğinin tespiti açısından kullanılan boyarmaddeler birlikte ele alınarak sistem, renk ölçüm sonuçlarına göre istatistiksel olarak incelenmiş ve sonuçlar yukarıda verilmiştir. Ancak boyarmadde

seçiminde moleköl büyüklüğü dikkate alındığı için kullanılan boyarmaddelere ait sonuçların ayrı ayrı değerlendirilmesinin daha uygun olacağı d ş n lm şt r. Aşağıda küçük moleküllü kırmızı boyarmaddeye ait değerlendirme sonuçları verilmektedir.

Çizelge 5.4 Cibacron Red P-4B boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin renk verimi değerlerini etkileyen parametrelerin SPSS programıyla değerlendirilmesine ilişkin sonuçlar

Dependent Variable: Renkverimi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2369,332(a)	42	56,413	15,384	,000
Intercept	50267,753	1	50267,753	13707,836	,000
URE MIKTARI	412,912	3	137,637	37,533	,000
tekrar	,309	1	,309	,084	,772
FIKSAJ SURESI	1159,961	5	231,992	63,263	,000
FIKSAJ YONTEMI	437,725	2	218,863	59,683	,000
URE MIKTARI * FIKSAJ YONTEMI	120,873	6	20,145	5,494	,000
URE MIKTARI * FIKSAJ SURESI	60,403	15	4,027	1,098	,369
FIKSAJ YONTEMI * FIKSAJ SURESI	70,902	10	7,090	1,933	,050
Error	344,706	94	3,667		
Total	56126,704	137			
Corrected Total	2714,038	136			

a R Squared = ,873 (Adjusted R Squared = ,816)

Cibacron Red P-4B boyarmaddesi ile baskıları yapılan numuneler kendi aralarında istatistiksel olarak değerlendirildiğinde; üre miktarının, fiksaj süresinin ve fiksaj yönteminin aynı zamanda üre miktarı ile fiksaj yöntemi etkileşiminin $\alpha=0,05$ önem düzeyinde renk verimi değeri üzerinde etkili olduğu ortaya çıkmaktadır (izelge 5.4).

Çizelge 5.5 Cibacron Red P-4B boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin SPSS programı ile fiksaj yöntemleri esas alınarak renk verimlerinin değerlendirilmesi

Duncan			
FIKSAJYONTEMI	N	Renk Verimi	
		1	2
RF kurutucu içerisine verilen buhar	47	17,3538	
Radyo frekans 500 Güç+Buhar	48		20,6720
Radyo frekans 300 Güç+Buhar	42		21,3621
Sig.		1,000	,089
Alpha = ,05.			

En iyi renk verimleri radyo frekans enerjisi+ buhar kombinasyonu ile sağlanmakta, sadece radyo frekans kurutucu içerisine verilen buhar ile elde edilen renk verimleri değerleri çok daha düşük çıkmaktadır (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.6 Cibacron Red P-4B boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin SPSS programı ile baskı patındaki üre miktarı esas alınarak renk verimlerinin değerlendirilmesi

Duncan				
URE MIKTARI	N	Renk Verimi		
		1	2	3
200 g/kg	33	16,7500		
150 g/kg	32		20,2478	
100 g/kg	36		20,4441	20,4441
50 g/kg	36			21,3453
Sig.		1,000	,673	,055
Alpha = ,05.				

Baskı patındaki üre miktarlarına göre renk verimi değerleri incelendiğinde üre miktarının 200 g/kg'a çıkarılmasının renk verimini düşürdüğü, en iyi renk verimi değerlerine 50 ya da 100 g/kg üre kullanılarak ulaşılabileceği görülmektedir (Çizelge 5.6).

Optimum fiksaj süresi araştırılırken daha önce yapılan ön denemelerden yola çıkılarak maksimum süre 5 dk olarak belirlenmiştir. Çizelge 5.7 incelendiğinde; 2,5 ve 3 dk arasında istatistiksel açıdan bir fark olmadığı ve en iyi renk verimi değerlerine 5 dk fiksaj süresiyle ulaşıldığı görülmektedir. Bu değerlendirmede; sadece RF kurutucu içerisine verilen buhar, radyo frekans 300 Güç+buhar ve radyo frekans 500 Güç+buhar ile fikse edilen numunelerin renk verimleri birlikte ele alınmıştır.

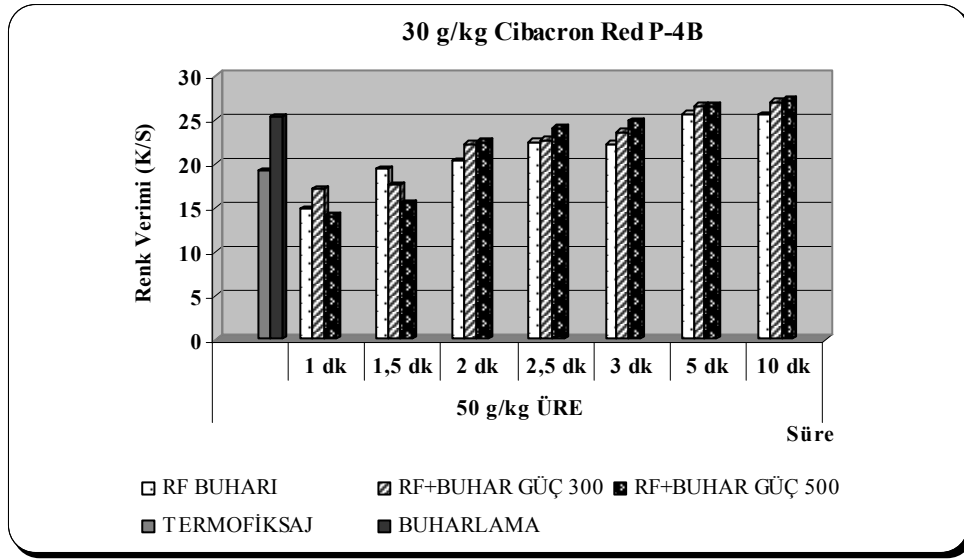
Çizelge 5.7 Cibacron Red P-4B boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin SPSS programı ile fiksaj süreleri esas alınarak renk verimlerinin değerlendirilmesi

Duncan		Renkverimi				
FIKSAJ SÜRESİ	N	1	2	3	4	5
1 dk	21	14,6968				
1,5 dk	24		16,5984			
2 dk	24			20,1791		
3 dk	24				21,7261	
2,5 dk	23				21,7996	
5 dk	21					23,3802
Sig.		1,000	1,000	1,000	,897	1,000

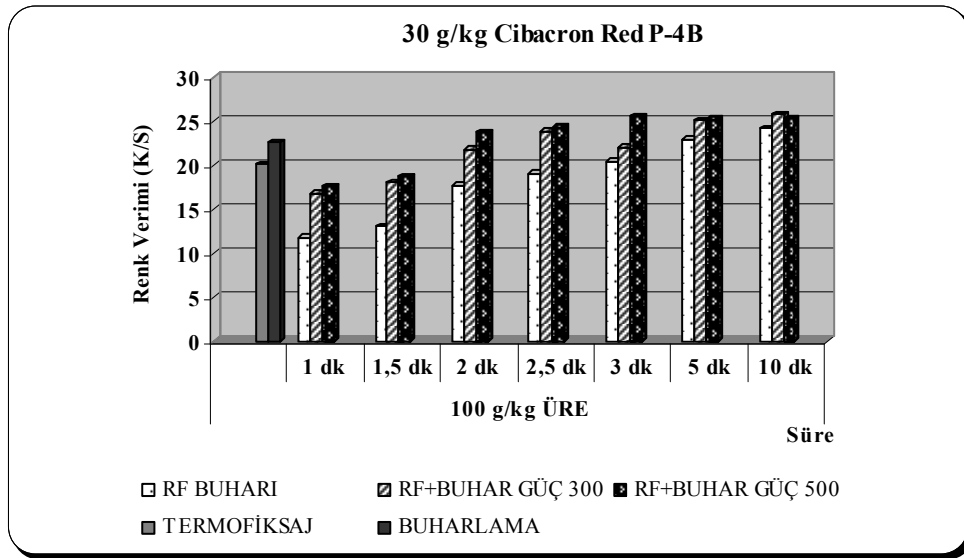
Alpha = ,05.

SPSS istatistik programıyla yapılan değerlendirmelerin ardından aşağıda fiksaj yöntemlerine bağlı olarak baskı patındaki üre miktarına göre renk ölçüm sonuçları grafiksel olarak da verilmiş ve yorumlanmıştır.

50 g/kg üre kullanılarak basılan, RF enerjisi olmadan sadece RF kurutucunun içerisine verilen buharla fiksajları yapılan numunelerin renk verimleri; fiksaj süresi arttıkça artmakta ve 2 dk'dan itibaren RF enerjisi+buhar kombinasyonu ile fikse edilen numunelerin renk verimi değerlerine göre daha düşük çıkmaktadır (Şekil 5.24).



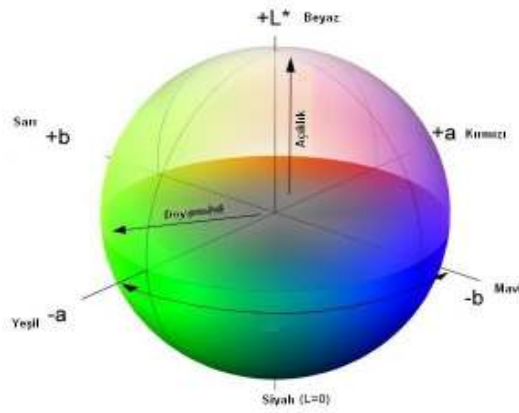
Şekil 5.24 50 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.25 100 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması

Baskı patında 100 g/kg üre kullanılması durumunda; RF enerjisinin baskıların fiksajındaki etkisi daha belirgin olarak gözlenebilmektedir. RF+buhar kombinasyonu ile her iki güçte de; sadece buhar ile elde edilenden daha yüksek renk verimlerine ulaşılabilmektedir (Şekil 5.25).

K/S değerinin yanı sıra baskılı numunelerin CIELAB sisteminde renklerin sayısal olarak ifadesinde kullanılan X, Y, Z değerlerinden hesaplanan L^* , a^* , b^* değerleri de (Şekil 5.26) spektralfotometre ile tespit edilmiştir. Ölçüm sonuçları Çizelge 5.8’de verilmektedir.



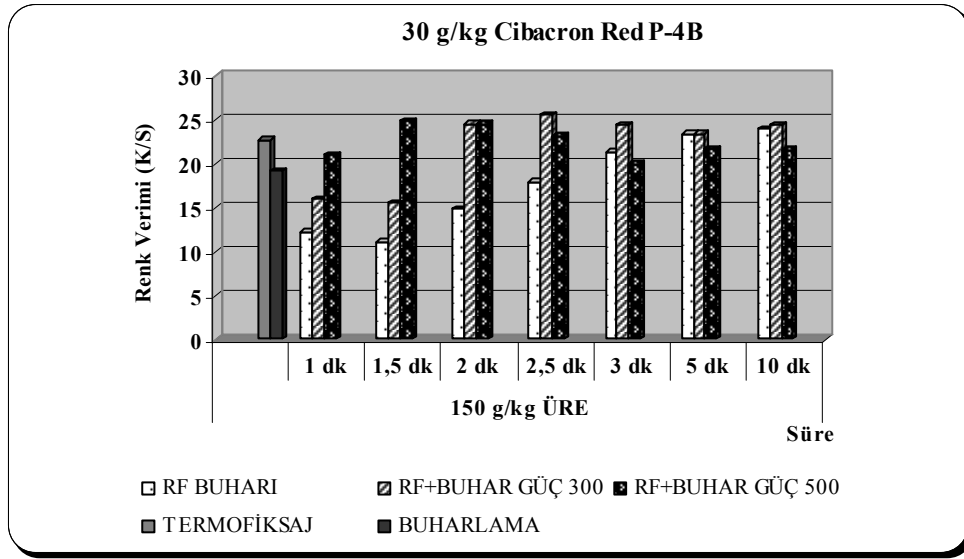
Şekil 5.26 Üç boyutlu CIELAB renk uzayı

Bu değerlere göre Cibacron Red P-4B boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin farklı yöntemlerle fiksajları sonucu, L^* (açıklık-koyuluk) değerinin fiksaj süresine bağlı olarak süre arttıkça düştüğü yani rengin koyulaştığı, a^* (kırmızı-yeşil) değerinde fiksaj yöntemine bağlı olarak önemli bir değişiklik olmadığı göze çarpmaktadır. b^* (sarı-mavi) değeri ise her üç yöntemde süreyle birlikte sarı ekseninde artmakta ve radyo frekans varlığında çalışılan her iki güçte, RF kurutucu içerisine verilen buharla fiksaja göre daha kısa sürelerde daha yüksek değerler ölçülmektedir.

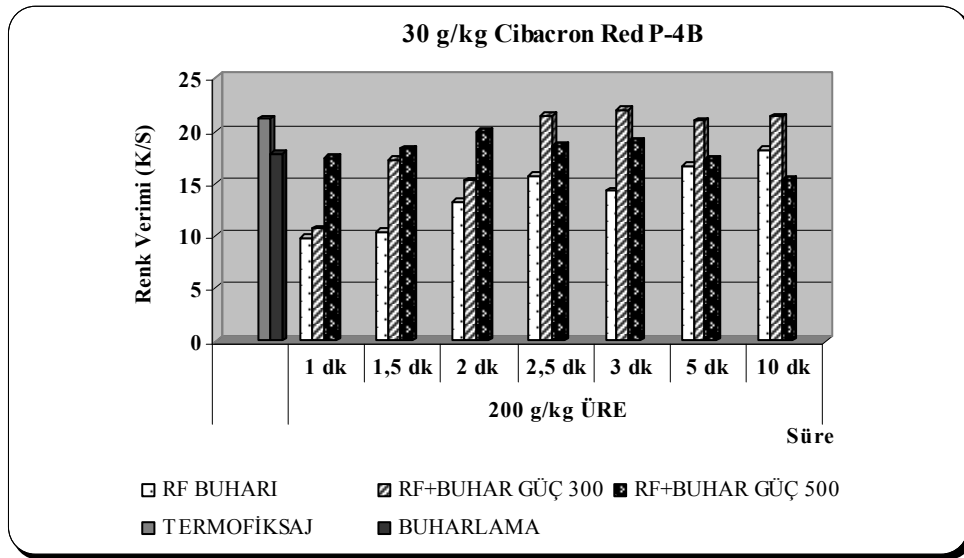
Çizelge 5.8 Cibacron Red P-4B boyarmaddesi ile 100 g/kg üre kullanılarak baskıları yapılan numunelerin Lab değerlerine ait ölçüm sonuçları

Fiksaj Yöntemi	Fiksaj Süresi	L (açıklık-koyuluk)	a (kırmızı-yeşil)	b (sarı-mavi)
Buharlama (102 °C'de)	10 dk	37,4993	58,7660	10,3547
	1 dk	46,3260	60,3803	-0,1340
	1,5 dk	45,9683	60,8720	0,2530
RF kurutucu içerisine verilen buhar	2 dk	41,0953	61,2447	6,7243
	2,5 dk	40,8693	60,7667	6,1203
	3 dk	40,0223	60,9447	7,8517
	5 dk	37,4647	59,5247	11,1190
Radyo frekans 300 Güç+Buhar	1 dk	41,4113	61,4033	6,6617
	1,5 dk	42,3620	60,6773	5,4850
	2 dk	39,0873	61,0787	9,8243
	2,5 dk	38,0660	60,5453	11,2710
	3 dk	38,0833	60,6577	11,3593
	5 dk	35,0750	58,8080	12,5427
Radyo frekans 500 Güç+Buhar	1 dk	41,8653	61,0100	5,9227
	1,5 dk	40,4607	61,2497	7,8407
	2 dk	40,4607	61,2497	7,8317
	2,5 dk	36,5497	59,1203	13,1653
	3 dk	36,5667	59,3233	13,1687
	5 dk	36,0780	58,5173	12,8667

Baskı patında 150 ve 200 g/kg üre kullanılması da 100 g/kg üre miktarına benzer şekilde; sonuçlar vermekte; RF+buhar kombinasyonu ile daha yüksek renk verimleri sağlanmaktadır (Şekil 5.27 ve 5.28).

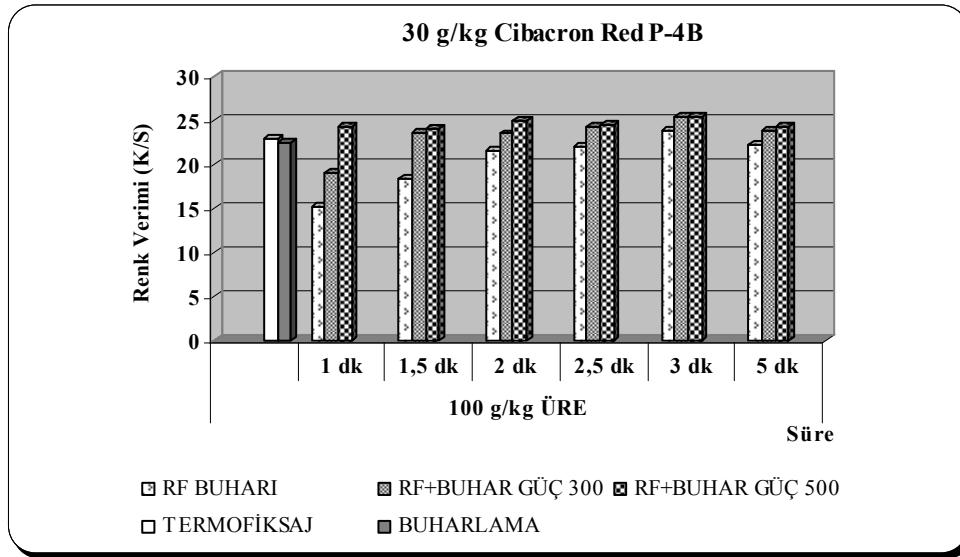


Şekil 5.27 150 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması



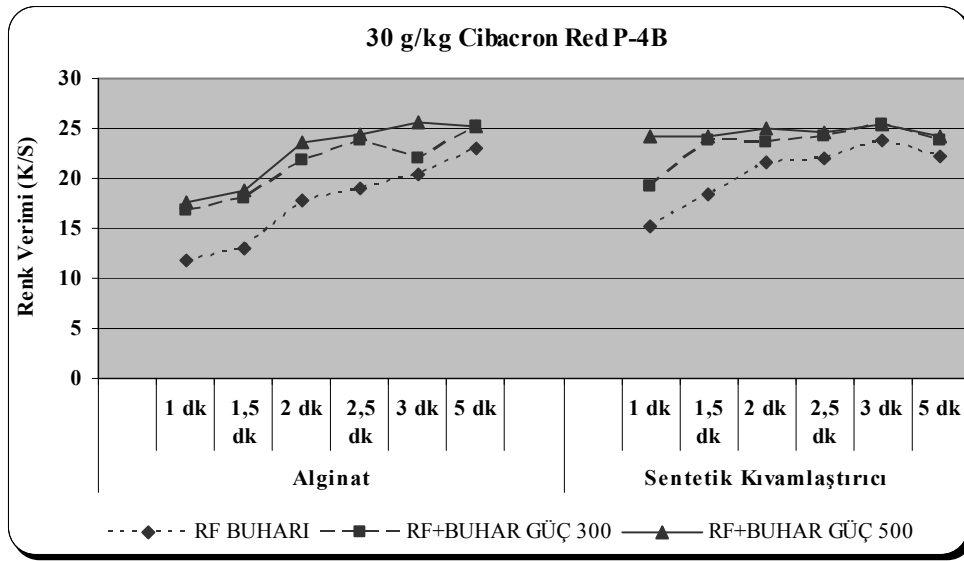
Şekil 5.28 200 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması

Sonuç olarak baskı patına ilave edilen ürenin polariteyi arttırması sayesinde radyo frekans+ buhar kombinasyonu ile fiksaj; buharlama yöntemine göre 10 dakika sürede elde edilen renk verimi değerlerine 3 dk'da ulaşmayı mümkün kılmaktadır. RF enerjisi kullanılarak fiksaj yapılması halinde baskı patında bulunması gereken optimum üre miktarı 100 g/kg'dır.



Şekil 5.29 100 g/kg üre ve sentetik kıvamlaştırıcı içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması

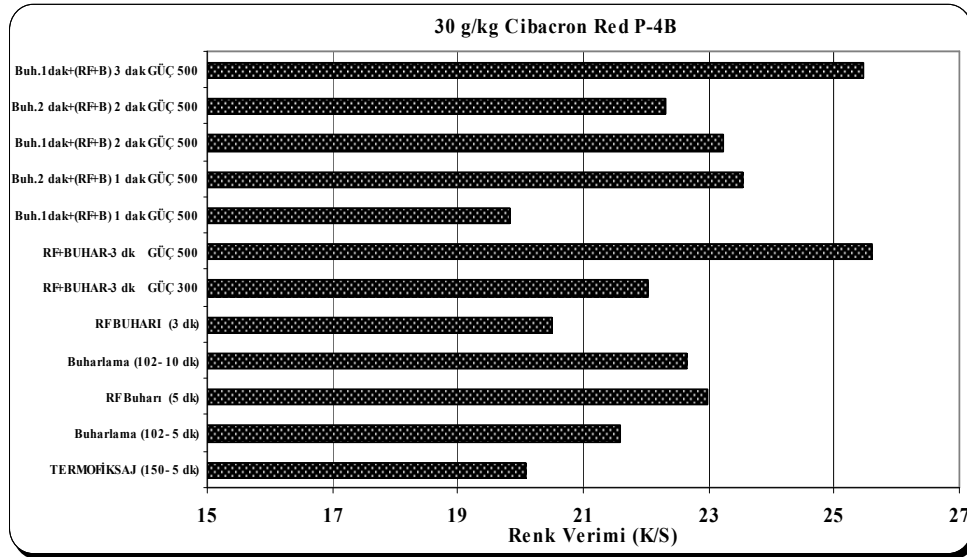
Yukarıda sonuçları verilen tüm denemelerde kıvamlaştırıcı olarak alginat kullanılmıştır. Baskı patında sentetik kıvamlaştırıcı kullanılması halinde radyo frekans enerjisinin baskılı numunelerin renk verimi üzerindeki etkilerini görebilmek için, en iyi sonuçların alındığı 100 g/kg üre ile çalışılarak sentetik kıvamlaştırıcı ile baskılar yapılmış elde edilen sonuçlar Şekil 5.29'da verilmiştir. Buna göre alginat ile çalışıldığı duruma benzer şekilde (Şekil 5.30) ; radyo frekans+buhar kombinasyonu ile elde edilen renk verimleri, radyo frekans enerjisi olmaksızın sadece buhar ile fikse edilen numunelerin renk verimlerinden daha yüksek çıkmış ve en iyi renk verimi değerlerine 2 dk'da ulaşılabilmiştir.



Şekil 5.30 100 g/kg üre içeren, sentetik kıvamlaştırıcı ve alginat ile hazırlanan baskı patlarıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması

Baskılı kumaşların fiksajında radyo frekans enerjisi verilmeden önce yapılacak bir ön buharlamanın etkisini belirleyebilmek amacıyla hem 102^0 C’de Mathis marka laboratuvar tipi buharlayıcıda hem de radyo frekans kurutucuya verilen buhar ortamında farklı sürelerde ön buharlamalar yapılmış, aynı numunelere daha sonra radyo frekans+buhar kombinasyonu uygulanmıştır. Yaş materyallerdeki sıcaklık artışının ve enerji absorpsiyonunun neredeyse tamamı, materyalin kendisinden çok içerisinde bulunan sudan kaynaklanmaktadır. Baskı işlemi ardından kurutulan numunelerin ön buharlamaya tabi tutulmasının, radyo frekans enerjisi verildiği zaman enerji absorpsiyonunu dolayısıyla da fiksaj etkisini arttırabileceği düşünülmüştür. Şekil 5.31’de, referans olarak alınan baskılı numunenin 102^0 C’de 10 dk koşullarında fiksajının yapıldığı buharlayıcıda 1, 2 dk ön buharlamaya tutulan daha sonra 1, 2, 3 dk. gibi farklı sürelerde geliştirilen cihazda radyo frekans+buhar ile fikse edilen numunelere ait renk verimleri grafik halinde verilmiştir. Buna göre 1 dk ön buharlamanın ardından yine 1 dk süreyle radyo frekans enerjisi ile buharın aynı anda uygulanması (K/S değeri 19,83), 150^0 C’de 5 dk’da fiksajı gerçekleştirilen numunenin

renk verimine (K/S değeri 20,09), yakın değerler elde edilebilmesini sağlamaktadır. Ancak en iyi renk verimi, radyo frekans+buhar kombinasyonuna 3 dk süreyle tabi tutulan (Güç 500) numuneye ait olup (K/S değeri 25,59), referans numunenin (102⁰ C’de 10 dk fikse edilen) renk veriminden (K/S değeri 22,65), daha yüksek bir değer vermektedir.

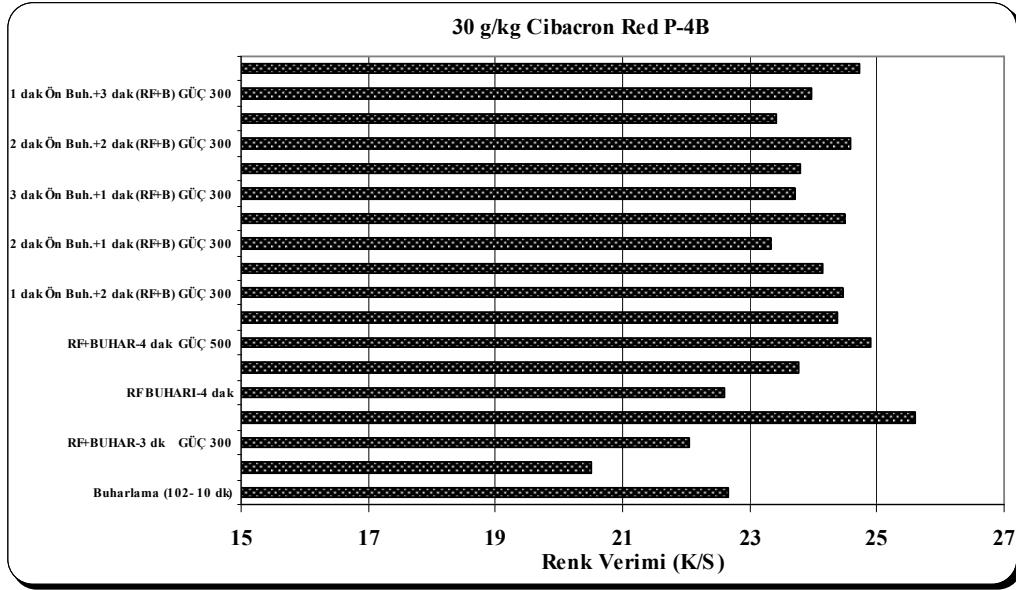


Şekil 5.31 100 g/kg üre içeren patla 30 g/kg koyulukta baskıları yapılan ve ön buharlamanın (102⁰C doymuş buhar şartlarında) uygulandığı numunelerin renk verimleri

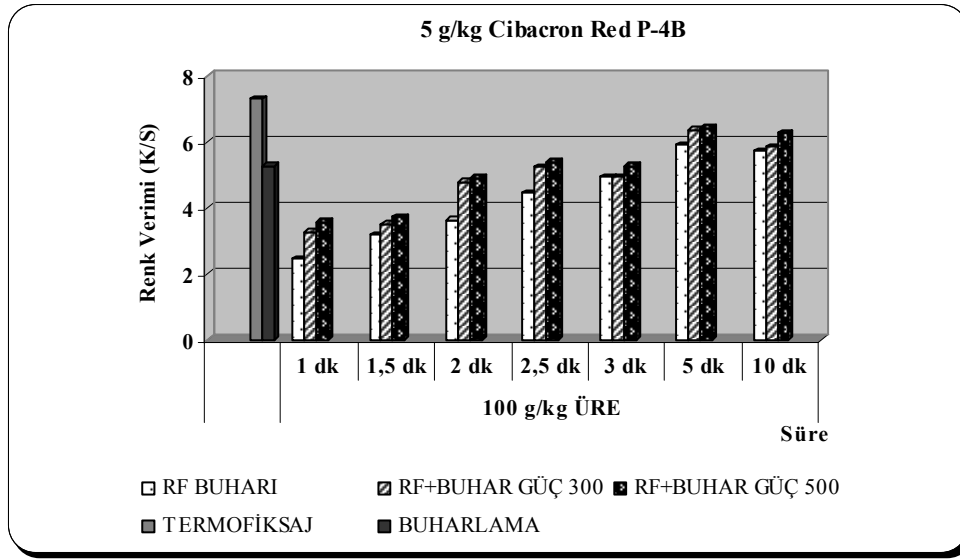
Mathis marka buharlayıcıda ön buharlamaları yapılan numunelerin radyo frekans enerjisi+buhar kombinasyonunun uygulanması için geliştirilen cihaza alınıp uç bezine dikilmesi zorunluluğundan dolayı ortaya çıkan bekleme problemini çözebilmek, daha güvenilir ve tekrarlanabilir sonuçların elde edilebilmesini sağlamak amacıyla, ön buharlamanın da geliştirilen cihazda yapılmasının daha uygun olacağı düşünülmüştür.

1,2,3 dk olmak üzere 3 farklı sürede yapılan ön buharlamanın ardından her iki güçte (300 ve 500) 1,2,3 dk radyo frekans+buhar kombinasyonu ile fiksajları tamamlanan numunelere ait renk verimleri, Şekil 5.32’ de görülmektedir. Grafik incelendiğinde; radyo frekans enerjisi olmaksızın sadece buhar ile 3 dk süreyle fikse edilen baskılı

numunenin renk verimi (20,49), aynı sürede radyo frekans enerjisi+buhar ile fikse edilen numunelerin renk veriminden (güç 300 iken 22,04 güç 500 iken 25,59) daha düşüktür. En yüksek renk verimine radyo frekans enerjisi+buhar ile 3 dk gibi kısa bir sürede ulaşılabilir. 1dk ön buharlamanın ardından 1dk da radyo frekans enerjisi+buhar uygulandığında ise toplamda 2 dk gibi kısa bir sürede 24,39 gibi iyi bir renk verimi değeri yakalanabilmektedir.



Şekil 5.32 100 g/kg üre içeren patla 30 g/kg koyulukta baskıları yapılan ve RF kurutucunun içerisine verilen buhar ile ön buharlamaya tabi tutulan numunelerin renk verimleri

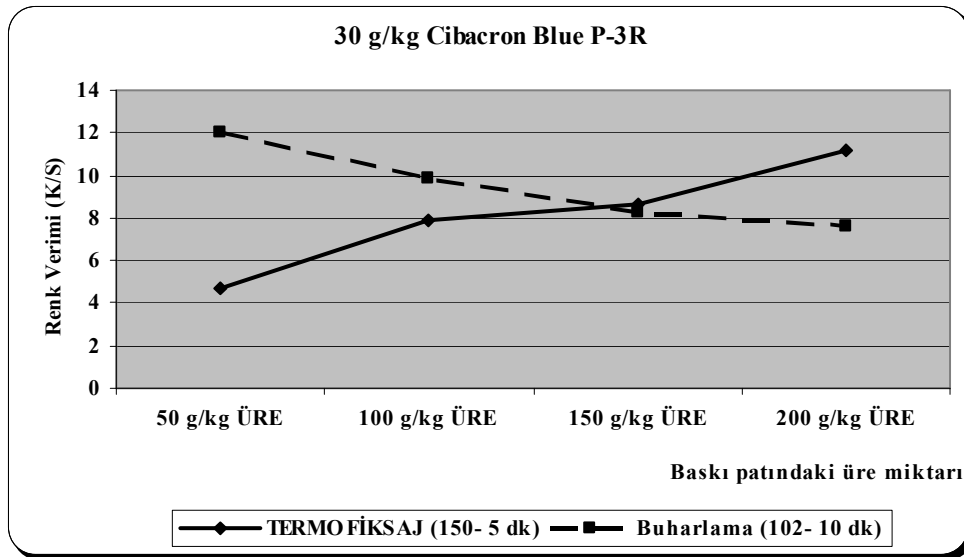


Şekil 5.33 100 g/kg üre içeren 5 g/kg koyulukta basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması

Cibacron Red P-4B boyarmaddesi kullanılarak 5 g/kg koyulukta baskıları yapılan numunelerin renk verimleri incelendiğinde; gerek 300 gerekse 500 güç ile çalışılması halinde radyo frekans enerjisi ve buhar kombinasyonunun, sadece geliştirilen cihaza verilen buharla (radyo frekans enerjisi olmaksızın) fikse edilen numunelerin renk verimlerine göre daha yüksek değerler sağladığı ancak referans olarak kabul edilen termofiksaj yöntemiyle elde edilen renk verimlerine ulaşamadığı görülmektedir (Şekil 5.33). Termofiksaj ile elde edilen renk veriminin daha yüksek çıkmasının sebebi olarak, buhar ortamında ürenin etkisiyle birlikte iyi çözünürlüğe sahip boyarmaddenin hidrolize uğraması düşünülmektedir. Diğer bir konvansiyonel fiksaj yöntemi olan buharlama ile elde edilen renk verimi değerleri, daha kısa sürelerde radyo frekans+buhar kombinasyonu ile fiksajda yakalanabilmektedir.

5.2.3 Cibacron Blue P-3R Boyarmaddesi ile Yapılan Denemeler

Reaktif baskı patında kullanılan ürenin radyo frekans ile fiksaj sırasında polarite arttırıcı özelliğini incelemek amacıyla küçük molekül yapısına sahip Cibacron Red P-4B boyarmaddesinde olduğu gibi orta molekül büyüklüğüne sahip Cibacron Blue P-3R boyarmaddesiyle çalışılırken de 50, 100, 150 ve 200 g/kg üre içeren baskı patları hazırlanmıştır. Bu patlar ile baskıları yapılan numuneler 100 °C’de 2 dk kurutulmuş ve numunelerin bir kısmı radyo frekans (RF) + buhar kombinasyonu ile diğer kısmı ise konvansiyonel yöntem ile (102° C’de 10 dk doymuş buhar ve 150° C’de 5 dk kuru ısı ile) fikse edilmiştir. Fiksajın ardından baskıların yıkamaları yapılmıştır. Baskılı numunelerin spektrofotometre ile renk ölçümleri yapılarak renk verimleri konvansiyonel yöntemlerle karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.34 Cibacron Blue P-3R ile farklı miktarlarda üre içeren baskı patlarıyla basılan numunelerin renk verimleri

Şekil 5.34’de farklı üre miktarları içeren baskı patlarıyla termofiksaj ve buharlama yöntemine göre fikse edilen numunelerin renk verimlerine ait grafik verilmektedir. Buharlama yöntemi uygulandığında baskı patındaki üre miktarı arttıkça renk verimi

düşerken, termofiksajda artan üre miktarıyla renk verimi de artmaktadır. En iyi renk verimi (K/S değeri 12,02), baskı patında 50 g/kg üre kullanıldığında 102⁰ C’de 10 dk buharlama yapıldığında sağlanmaktadır.

Aşağıda orta molekül büyüklüğüne sahip mavi boyarmaddeye ait SPSS istatistik programı yardımıyla yapılan değerlendirme sonuçları verilmektedir.

Çizelge 5.9 Cibacron Blue P-3R boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin renk verimi değerlerini etkileyen parametrelerin SPSS programıyla değerlendirilmesine ilişkin sonuçlar

Dependent Variable: Renkverimi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	632,481(a)	42	15,059	11,372	,000
Intercept	11712,886	1	11712,886	8845,403	,000
ÜRE MIKTARI	73,286	3	24,429	18,448	,000
FIKSAJ YONTEMI	96,237	2	48,118	36,338	,000
FIKSAJ SURESI	282,475	5	56,495	42,664	,000
tekrar	,006	1	,006	,005	,945
ÜRE MIKTARI * FIKSAJ YONTEMI	120,491	6	20,082	15,165	,000
FIKSAJ YONTEMI * FIKSAJ SURESI	40,629	10	4,063	3,068	,002
ÜRE MIKTARI * FIKSAJ SURESI	36,574	15	2,438	1,841	,039
Error	131,094	99	1,324		
Total	12524,271	142			
Corrected Total	763,575	141			

a. R Squared = ,828 (Adjusted R Squared = ,755)

Cibacron Blue P-3R boyarmaddesi ile baskıları yapılan numuneler kendi aralarında istatistiksel olarak değerlendirildiğinde yine kırmızı boyarmadde de olduğu gibi baskı patındaki üre miktarının, fiksaj yönteminin, fiksaj süresinin ve aynı zamanda üre miktarı-fiksaj yöntemi, fiksaj yöntemi-fiksaj süresi etkileşiminin $\alpha=0,05$ önem düzeyinde renk verimi değeri üzerinde etkili olduğu görülmektedir (Çizelge 5.9).

Çizelge 5.10 Cibacron Blue P-3R boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin SPSS programı ile fiksaj yöntemleri esas alınarak renk verimlerinin değerlendirilmesi

Duncan		Renk Verimi	
FIKSAJYONTEMI	N	1	2
RF kurutucu içerisine verilen buhar	48	8,0084	
Radyo frekans 500 Güç+Buhar	48		9,6134
Radyo frekans 300 Güç+Buhar	46		9,7054
Sig.		1,000	,698

Alpha = ,05.

En iyi renk verimleri radyo frekans enerjisi+ buhar kombinasyonu ile sağlanmakta, sadece radyo frekans kurutucu içerisine verilen buhar ile elde edilen renk verimleri değerleri daha düşük çıkmaktadır. Radyo frekans 300 güç+buhar ve radyo frekans 500 güç+buhar arasında da ($\alpha=0,05$ önem düzeyinde) istatistiki olarak bir fark yoktur (Çizelge 5.10).

Çizelge 5.11 Cibacron Blue P-3R boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin SPSS programı ile baskı patındaki üre miktarı esas alınarak renk verimlerinin değerlendirilmesi

Duncan		Renk Verimi		
URE MIKTARI	N	1	2	3
200 g/kg	36	8,4921		
50 g/kg	36	8,5032		
150 g/kg	36		9,3976	
100 g/kg	34			10,0632
Sig.		,968	1,000	1,000

Alpha = ,05.

Baskı patındaki üre miktarlarına göre renk verimi değerleri incelendiğinde üre miktarının 50 g/kg olmasının veya 200 g/kg'a çıkarılmasının renk verimini düşürdüğü, en iyi renk verimi değerlerine 100 g/kg üre kullanılarak ulaşılabileceği görülmektedir (Çizelge 5.11).

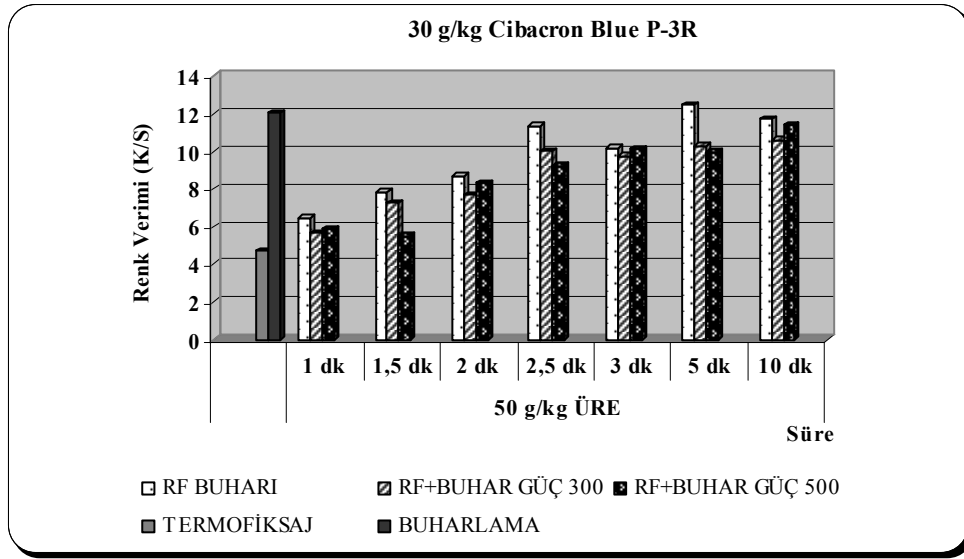
Çizelge 5.12'den; yine kırmızı boyarmaddeyle elde edilen sonuçlara paralel olarak 2,5 ve 3 dk arasında istatistiksel açıdan bir fark olmadığı ve en iyi renk verimi değerlerine 5 dk fiksaj süresiyle ulaşılabildiği görülmektedir. Bu değerlendirmede; yine sadece RF kurutucu içerisine verilen buhar, radyo frekans 300 Güç+buhar ve radyo frekans 500 Güç+buhar ile fikse edilen numunelerin renk verimleri birlikte ele alınmıştır.

Çizelge 5.12 Cibacron Blue P-3R boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin SPSS programı ile fiksaj süreleri esas alınarak renk verimlerinin değerlendirilmesi

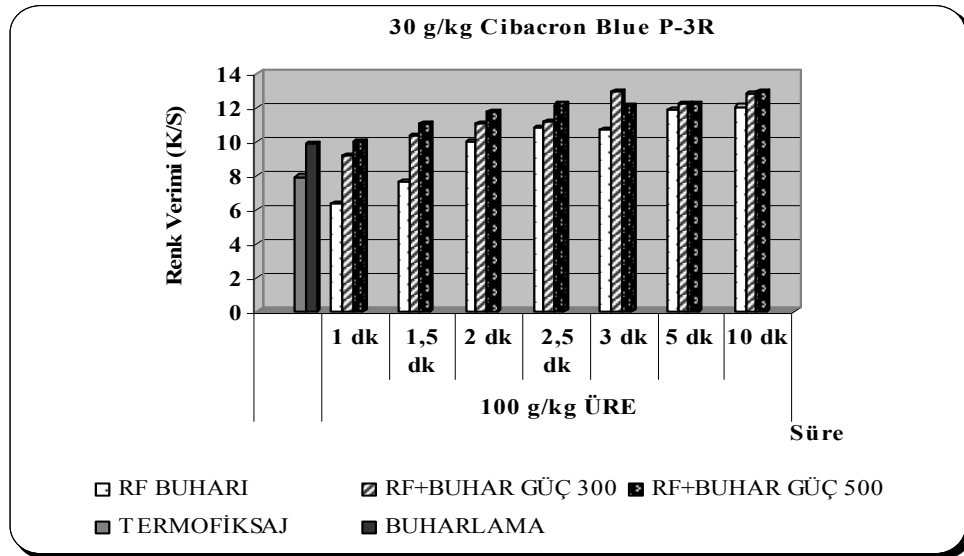
Duncan		Renkverimi				
FIKSAJ SURESI	N	1	2	3	4	5
1 dk	24	7,0589				
1,5 dk	24		7,7555			
2 dk	24			8,8040		
2,5 dk	24				9,9625	
3 dk	24				10,2105	
5 dk	22					10,9681
Sig.		1,000	1,000	1,000	,460	1,000

Alpha = ,05.

SPSS istatistik programıyla yapılan değerlendirmelerin ardından farklı üre içeriklerine sahip baskı patlarıyla basılan, kurutulan daha sonra sadece radyo frekans kurutucunun içerisine verilen buharla, radyo frekans kurutucunun içerisine verilen buhar + radyo frekans kombinasyonu (1, 1.5, 2, 2.5, 3, 5, 10 dakika olmak üzere 7 farklı sürede ve iki farklı güçte) fiksajları gerçekleştirilen numunelerin renk verimlerine ait grafikler aşağıda verilmektedir.



Şekil 5.35 50 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.36 100 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması

Baskı patında 50 g/kg üre olması halinde; fiksaj süresi arttıkça renk veriminin arttığı ve en yüksek renk veriminin radyo frekans enerjisi uygulanmadan, RF kurutucunun içerisine verilen buhar ile sağlandığı görülmektedir (Şekil 5.35).

Şekil 5.36’da baskı patındaki üre miktarının 100 g/kg’a yükseltilmesiyle çalışılan tüm fiksaj sürelerinde radyo frekans enerjisi+buhar kombinasyonu ile elde edilen renk verimlerinin, radyo frekans enerjisi olmaksızın sadece buhar ile elde edilenlerden daha yüksek oldukları görülebilmektedir. En iyi renk verimi (K/S değeri 12,94) 3 dk fiksaj süresi ile RF+Buhar kombinasyonu ile 300 güçte elde edilmektedir. Baskı patında 50 g/kg üre kullanıldığında buharlama yöntemiyle 10 dk fikse edilen numunenin ölçülen renk verimi 12,02 iken, üre miktarının 100 g/kg’a çıkarılması ve radyo frekans+buhar kombinasyonu ile fiksajın uygulanması durumunda 3 dk.da 12,94 değerine ulaşılabilir. Baskı patındaki 50 g/kg üre içeriği, radyo frekans ortamında yeterli bir miktar olmayıp enerji absorpsiyonunun artışı sağlayamamakta ve dolayısıyla renk verimi değerlerinin düşük çıkmasına neden olmaktadır. Üre miktarının 100 g/kg’a arttırılması, radyo frekans ortamında daha yüksek renk verimlerine ulaşmayı mümkün kılmaktadır.

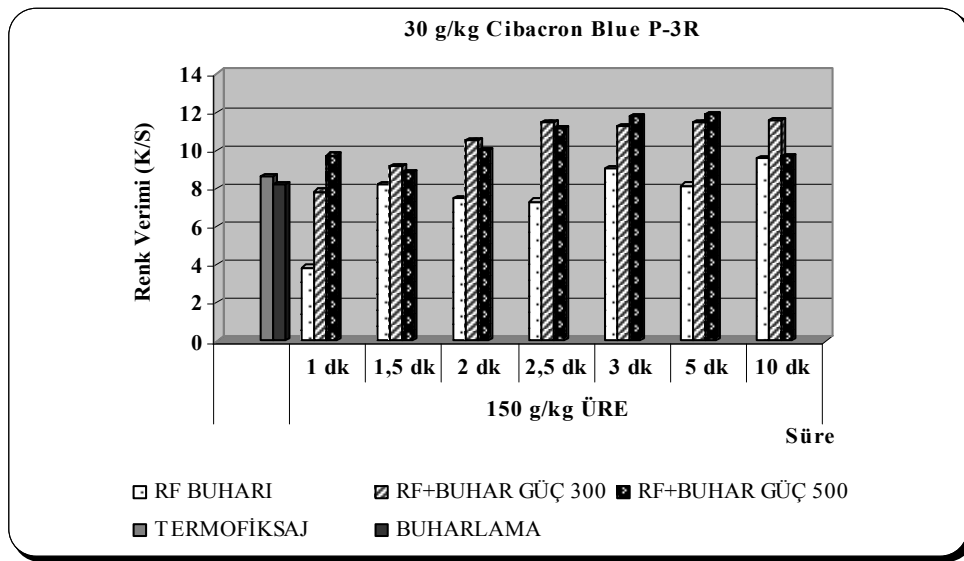
K/S değerinin yanı sıra baskılı numunelerin CIELAB sisteminde renklerin sayısal olarak ifadesinde kullanılan X, Y, Z değerlerinden hesaplanan L^* , a^* , b^* değerleri de spektralfotometre yardımıyla ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları Çizelge 5.13’de verilmektedir.

Çizelge 5.13 Cibacron Blue P-3R boyarmaddesi ile 100 g/kg üre kullanılarak baskıları yapılan numunelerin Lab değerlerine ait ölçüm sonuçları

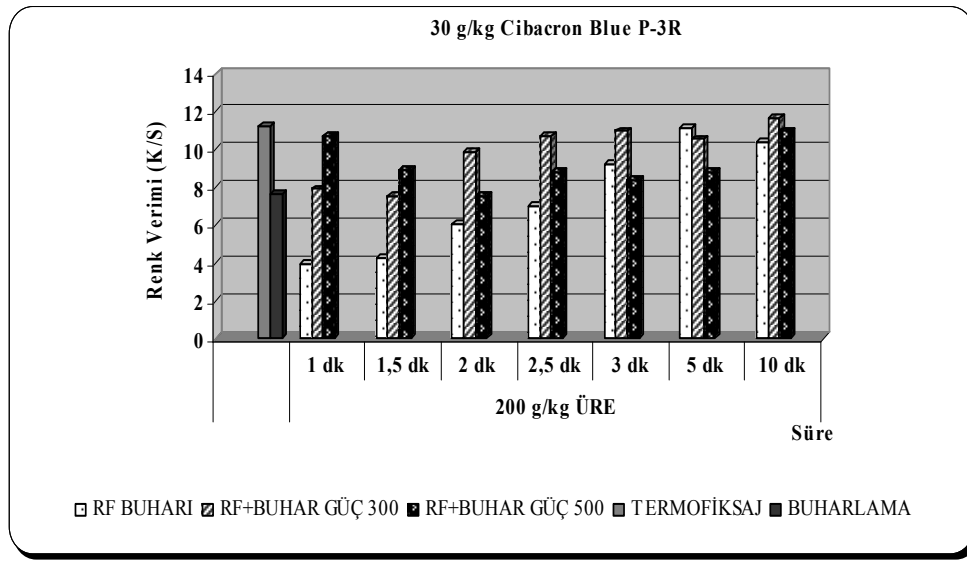
Fiksaj Yöntemi	Fiksaj Süresi	L (açıklık-koyuluk)	a (kırmızı-yeşil)	b (sarı-mavi)
Buharlama (102 °C’de)	10 dk	39,6466667	4,32	-44,8363
RF kurutucu içerisine verilen buhar	1 dk	47,2133	3,9603	-46,2422
	1,5 dk	45,1587	5,6830	-46,3700
	2 dk	40,5872	5,9250	-47,7220
	2,5 dk	39,6242	6,7087	-47,9968
	3 dk	40,0542	6,2798	-47,9908
	5 dk	37,3523	7,7418	-47,9160
	10 dk	37,2868	7,8190	-47,8225
Radyo frekans 300 Güç+Buhar	1 dk	43,1218	4,5848	-47,4198
	1,5 dk	41,5340	6,4467	-48,1455
	2 dk	38,5452	8,3687	-49,1442
	2,5 dk	37,5317	8,8408	-48,7380
	3 dk	36,8920	9,1757	-48,8878
	5 dk	36,9680	8,7217	-48,0797
	10 dk	36,4515	9,1423	-48,5045
Radyo frekans 500 Güç+Buhar	1 dk	41,7517	5,7330	-47,4663
	1,5 dk	39,2838	7,0435	-47,6748
	2 dk	38,7868	7,3643	-47,9342
	2,5 dk	36,9393	8,3480	-47,8193
	3 dk	36,3130	8,4453	-47,3742
	5 dk	35,3720	8,9492	-47,6937
	10 dk	36,7388	8,5392	-47,1537

Bu değerlere göre Cibacron Blue P-3R boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin farklı yöntemlerle fiksajları sonucu, L^* (açıklık-koyuluk) değerinin fiksaj süresine bağlı olarak süre arttıkça düştüğü yani rengin koyulaştığı b^* (sarı-mavi) değerinde fiksaj yöntemine bağlı olarak önemli bir değişiklik olmadığı göze çarpmaktadır. a^* (kırmızı-yeşil) değeri ise her üç yöntemde süreyle birlikte artmakta ve radyo frekans varlığında çalışılan her iki güçte, RF kurutucu içerisine verilen buharla fiksaja göre daha yüksek değerler ölçülmekte yani rengin kırmızılığı artmaktadır, bunun sebebi de kullanılan mavi renkli boyarmaddenin kırmızı nüansa sahip bir boyarmadde olmasıdır.

102⁰ C’de 10 dk buharlama yöntemine göre fiksajda baskı patındaki üre miktarının 150 g/kg’a yükseltilmesi 100 g/kg’da olduğu gibi, baskı patında 50 g/kg üre kullanılmasına göre renk veriminde düşüşe sebep olurken, çalışılan tüm sürelerde radyo frekans enerjisi+buhar kombinasyonu ile elde edilen renk veriminin, radyo frekans kurutucunun içerisine verilen buhar ile (radyo frekans enerjisi olmaksızın) fiksaj işlemine tabi tutulan numunelerin renk veriminden daha yüksek olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır (Şekil 5.37). Radyo frekans enerjisi kullanılması halinde 100 g/kg üre kullanıldığında elde edilen renk verimleri 150 g/kg’a göre daha yüksektir.



Şekil 5.37 150 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması

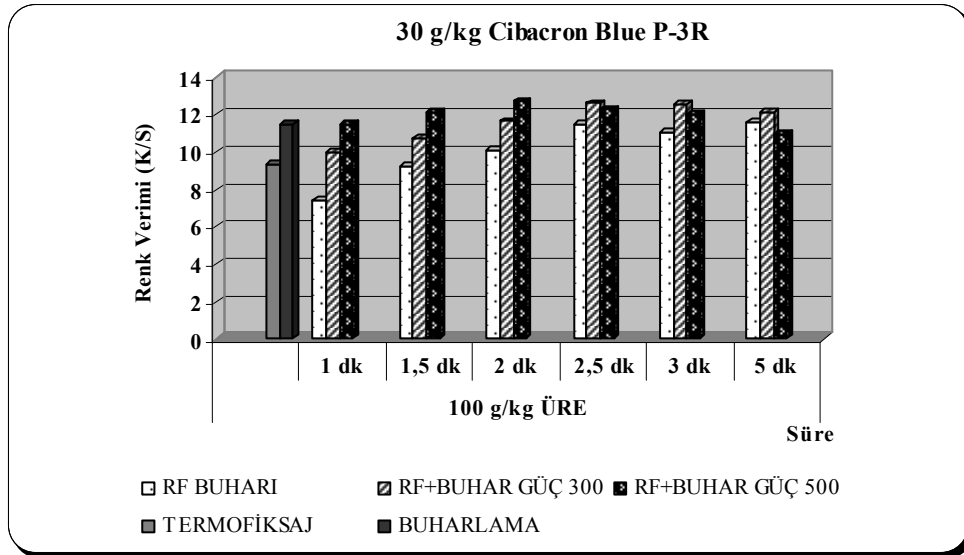


Şekil 5.38 200 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması

Baskı patındaki üre miktarı 200 g/kg' çıkarıldığında beklenildiği gibi termofiksaj ile elde edilen renk veriminin belirgin bir şekilde arttığı, 1 ve 1,5 dk fiksaj sürelerinden sonra süre uzatıldığında radyo frekans+buhar kombinasyonunda gücün yükseltilmesiyle renk verimi değerinin gerilediği görülmektedir. Yüksek üre miktarı enerji absorpsiyonunu arttırdığından yüksek güçte ilk 1 dakika içerisinde en iyi değer alınmaktadır. 300 güçte çalışıldığında ise; süre artışı ile renk verimi de artmakta ve bu değerler kısa sürelerde sadece buhar ile ulaşılan değerlerden daha yüksek olmaktadır (Şekil 5.38).

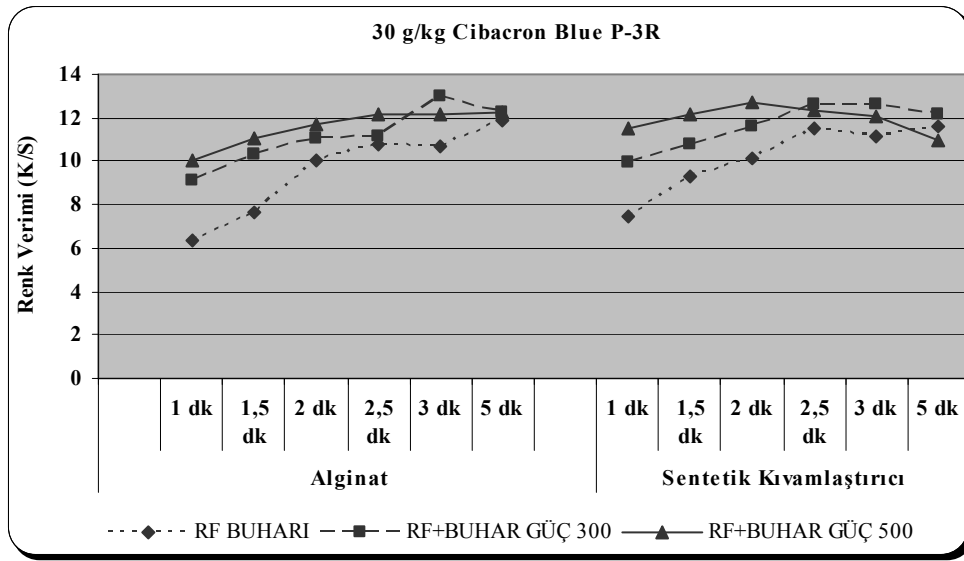
Baskı patında alginat yerine sentetik kıvamlaştırıcının kullanılması, orta molekül büyüklüğüne sahip mavi renkli boyarmadde de kırmızı boyarmaddeyle elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar vermektedir. Radyo frekans+buhar kombinasyonu, sadece radyo frekans kurutucu içerisine verilen buharla fiksaja göre daha yüksek renk verimleri mümkün olmakta ve 1,5 dk. radyo frekans+buhar kombinasyonu (Güç

500, K/S değeri 12,13) fiksaj işlemi yapılan numunenin renk verimi değeri bile 102°C'de 10 dk buharlama yöntemiyle elde edilen değeri (11,47) aşmakta, en yüksek renk verimine (12,73) ise 2 dk'da ulaşılmaktadır (Şekil 5.39).



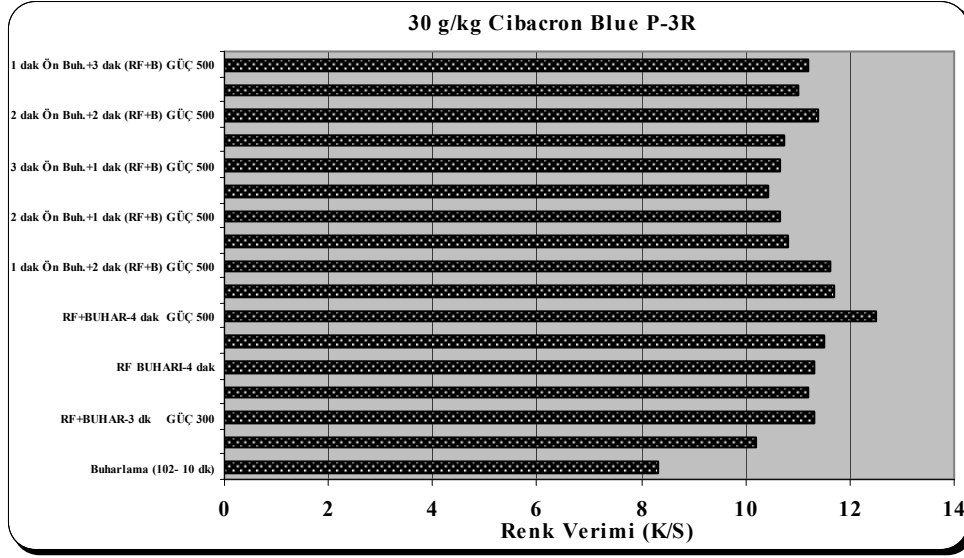
Şekil 5.39 100 g/kg üre ve sentetik kıvamlaştırıcı içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması

Kıvamlaştırıcı cinsinden bağımsız olarak radyo frekans enerjisi ve buhar kombinasyonu, radyo frekans enerjisi olmaksızın sadece buhar ile ulaşılan renk verimi değerlerinden daha yüksek değerleri almak mümkün olabilmektedir (Şekil 5.40).



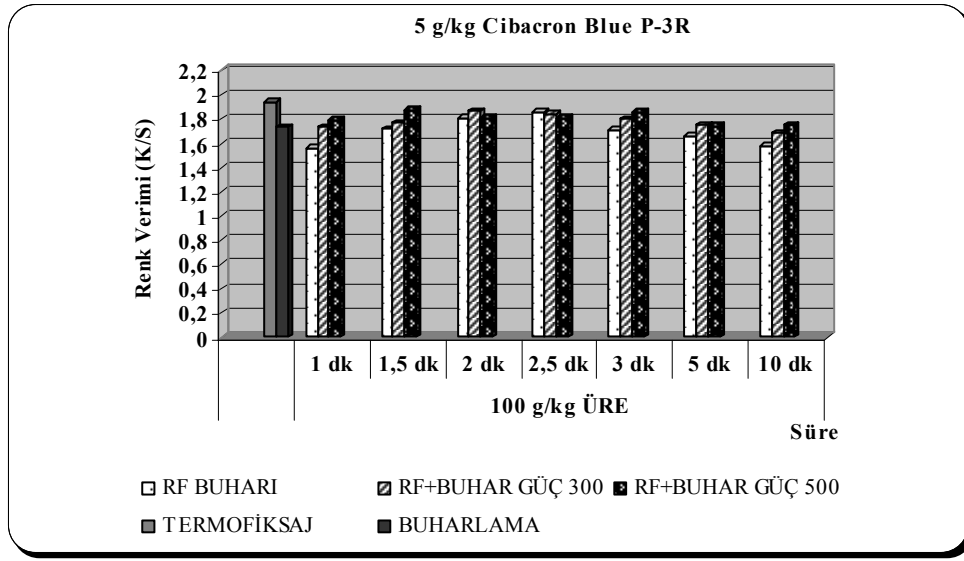
Şekil 5.40 100 g/kg üre içeren, sentetik kıvamlaştırıcı ve alginat ile hazırlanan baskı patlarıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması

1, 2, 3 dk yapılan ön buharlamanın ardından iki güçte (300 ve 500) 1, 2, 3 dk radyo frekans+buhar kombinasyonu ile fiksajları tamamlanan numunelere ait renk verimleri, Şekil 5.41’de verilmektedir. Grafik incelendiğinde; radyo frekans enerjisi olmaksızın sadece buhar ile 4 dk süreyle fikse edilen baskılı numunenin renk verimi (11,30), aynı sürede radyo frekans enerjisi+buhar ile fikse edilen numunelerin renk veriminden (güç 300 iken 11,52 güç 500 iken 12,52) daha düşüktür. En yüksek renk verimine radyo frekans enerjisi+buhar ile 4 dk’da ulaşılabilir. 1dk ön buharlamanın ardından 2 dk da radyo frekans enerjisi+buhar uygulandığında ise toplamda 3 dk’da 11,6 değeri yakalanabilmektedir .



Şekil 5.41 100 g/kg üre içeren patla 30 g/kg koyulukta baskıları yapılan ve RF kurutucunun içerisine verilen buhar ile ön buharlamaya tabi tutulan, numunelerin renk verimleri

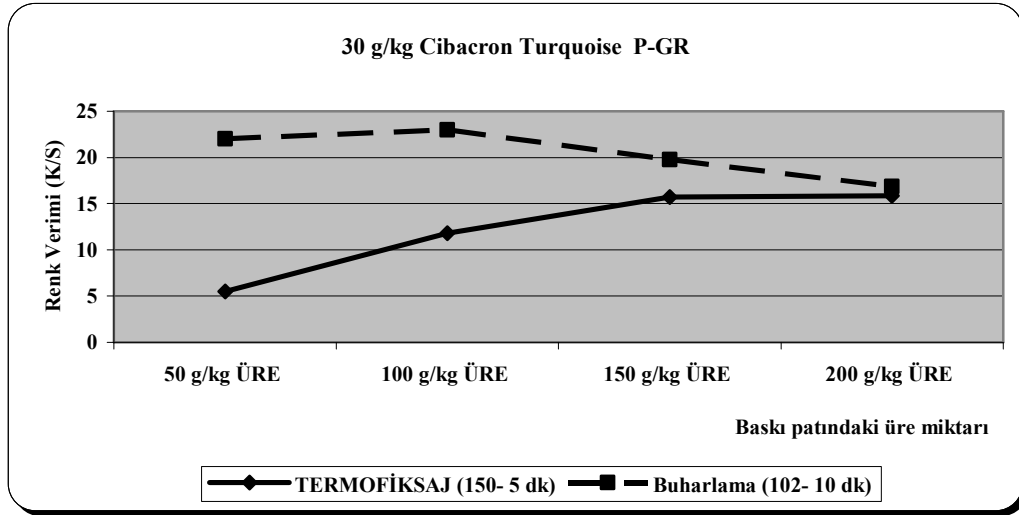
Cibacron Blue P-3R boyarmaddesi kullanılarak 5 g/kg koyulukta baskıları yapılan numunelerin renk verimleri incelendiğinde ise; gerek 300 gerekse 500 güç ile çalışılması halinde radyo frekans enerjisi ve buhar kombinasyonunun, sadece geliştirilen cihaza verilen buharla (radyo frekans enerjisi olmaksızın) fiks edilen numunelerin renk verimlerine göre çok az daha yüksek değerler sağladığı, değerlerin birbirlerine çok yakın olduğu ancak referans olarak kabul edilen termofiksaj yöntemiyle elde edilen renk verimi değerinin (1,94) aşamadığı görülmektedir (Şekil 5.42). Radyo frekans+buhar kombinasyonu ile 1,5 dk.'da termofiksaj ile elde edilen değere (1,87) yaklaşılabilir. Mavi boyarmaddeyle yapılan 5 g/kg koyuluktaki baskıların fiksajında küçük moleküllü kırmızı boyarmaddeye kıyasla radyo frekans enerjisinin kullanılması ve kullanılmaması durumunda renk verimleri arasındaki farklar çok daha azdır.



Şekil 5.42 100 g/kg üre içeren 5 g/kg koyulukta basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması

5.2.4 Cibacron Turquoise P-GR Boyarmaddesi ile Yapılan Denemeler

Büyük moleküllü Cibacron Turquoise P-GR boyarmaddesi kullanılarak 50, 100, 150 ve 200 g/kg üre içeren baskı patlılarıyla baskılar yapılmıştır.



Şekil 5.43 Cibacron Turquoise P-GR ile farklı miktarlarda üre içeren baskı patlılarıyla basılan numunelerin renk verimleri

Şekil 5.43’de farklı üre miktarları içeren baskı patlılarıyla termofiksaj ve buharlama yöntemine göre fikse edilen numunelerin renk verimlerine ait grafik verilmektedir. Buharlama yöntemi uygulandığında baskı patındaki üre miktarının 100 g/kg’a yükseltilmesiyle en yüksek renk verimi (K/S değeri 22,98), sağlanırken üre miktarının daha da arttırılması düşüşe sebep olmakta, termofiksajda ise artan üre miktarıyla renk verimi de artmaktadır.

Aşağıda büyük molekül büyüklüğüne sahip turkuaz boyarmaddesine ait SPSS istatistik programı yardımıyla $\alpha=0,05$ önem düzeyinde yapılan değerlendirme sonuçları verilmektedir.

Çizelge 5.14 Cibacron Turquoise P-GR boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin renk verimi değerlerini etkileyen parametrelerin SPSS programıyla değerlendirilmesine ilişkin sonuçlar

Dependent Variable: Renkverimi					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2315,803(a)	42	55,138	28,793	,000
Intercept	39653,700	1	39653,700	20707,130	,000
URE MIKTARI	724,224	3	241,408	126,063	,000
FIKSAJ SURESI	843,790	5	168,758	88,125	,000
FIKSAJ YONTEMI	126,438	2	63,219	33,013	,000
tekrar	,003	1	,003	,002	,968
FIKSAJ YONTEMI * FIKSAJ SURESI	127,388	10	12,739	6,652	,000
URE MIKTARI * FIKSAJ YONTEMI	448,693	6	74,782	39,051	,000
URE MIKTARI * FIKSAJ SURESI	74,985	15	4,999	2,610	,002
Error	189,583	99	1,915		
Total	42384,494	142			
Corrected Total	2505,386	141			

a. R Squared = ,924 (Adjusted R Squared = ,892)

Cibacron Turquoise P-GR boyarmaddesi ile baskıları yapılan numuneler kendi aralarında istatistiksel olarak değerlendirildiğinde yine kırmızı ve mavi boyarmaddelerde olduğu gibi baskı patındaki üre miktarının, fiksaj yönteminin, fiksaj süresinin $\alpha=0,05$ önem düzeyinde renk verimi üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Bunun yanında üre miktarı-fiksaj yöntemi, fiksaj yöntemi-fiksaj süresi, üre miktarı-fiksaj süresi etkileşimleri de önemli çıkmaktadır (Çizelge 5.14).

Çizelge 5.15 Cibacron Turquoise P-GR boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin SPSS programı ile fiksaj yöntemleri esas alınarak renk verimlerinin değerlendirilmesi

Duncan				
FIKSAJYONTEMI	N	Renk Verimi		
		1	2	3
RF kurutucu içerisine verilen buhar	48	15,6531		
Radyo frekans 500 Güç+Buhar	46		16,6841	
Radyo frekans 300 Güç+Buhar	48			17,9345
Sig.		1,000	1,000	1,000

Alpha = ,05.

En iyi renk verimleri radyo frekans enerjisi+ buhar kombinasyonu ile sağlanmakta, sadece radyo frekans kurutucu içerisine verilen buhar ile elde edilen renk verimleri değerleri daha düşük çıkmaktadır. Mavi ve kırmızı boyarmaddeden farklı olarak radyo frekans 300 güç+buhar ve radyo frekans 500 güç+buhar arasında $\alpha=0,05$ önem düzeyinde) istatistiki olarak fark bulunmaktadır. Radyo frekans 300 güç+buhar uygulandığında daha yüksek renk verimi elde edilmesi mümkün olmaktadır.(Çizelge 5.15).

Çizelge 5.16 Cibacron Turquoise P-GR boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin SPSS programı ile baskı patındaki üre miktarı esas alınarak renk verimlerinin değerlendirilmesi

Duncan				
URE MIKTARI	N	Renk Verimi		
		1	2	3
50 g/kg	36	14,4476		
200 g/kg	36	15,0180		
150 g/kg	34		17,6447	
100 g/kg	36			19,9720
Sig.		,086	1,000	1,000

Alpha = ,05.

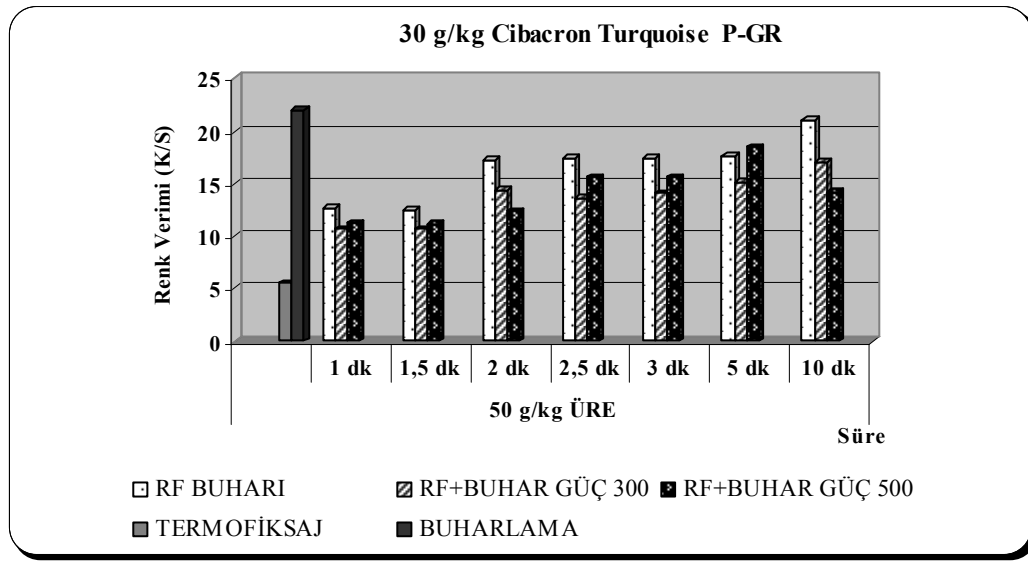
Baskı patındaki üre miktarlarına göre renk verimi değerleri incelendiğinde üre miktarının 50 g/kg olmasının yüksek renk verimi eldesi için yetersiz kaldığı, 200 g/kg'a çıkarılmasının ise renk verimini düşürücü etki gösterdiği, en iyi renk verimi değerlerine 100 g/kg üre kullanılarak ulaşılabileceği tespit edilmektedir (Çizelge 5.16).

Çizelge 5.17 incelendiğinde; yine kırmızı ve mavi boyarmaddeyle elde edilen sonuçlara paralel olarak 2,5 ve 3 dk arasında istatistiksel açıdan bir fark olmadığı ve en iyi renk verimi değerlerine 5 dk fiksaj süresiyle ulaşılabildiği görülmektedir

Çizelge 5.17 Cibacron Turquoise P-GR boyarmaddesi ile baskıları yapılan numunelerin SPSS programı ile fiksaj süreleri esas alınarak renk verimlerinin değerlendirilmesi

Duncan					
FIKSAJSURESI	N	Renk Verimi			
		1	2	3	4
1 dk	24	13,5801			
1,5 dk	24	13,6678			
2 dk	24		17,0876		
2,5 dk	24			18,1556	
3 dk	24			18,3375	
5 dk	22				19,9903
Sig.		,828	1,000	,652	1,000
Alpha = ,05.					

Farklı üre içeriklerine sahip baskı patlarıyla basılan, kurutulan daha sonra sadece radyo frekans kurutucunun içerisine verilen buharla, radyo frekans kurutucunun içerisine verilen buhar + radyo frekans kombinasyonuyla (1, 1.5, 2, 2.5, 3, 5, 10 dakika olmak üzere 7 farklı sürede ve iki farklı güçte) fiksajları gerçekleştirilen numunelerin renk verimlerine ait grafikler aşağıda verilmektedir.

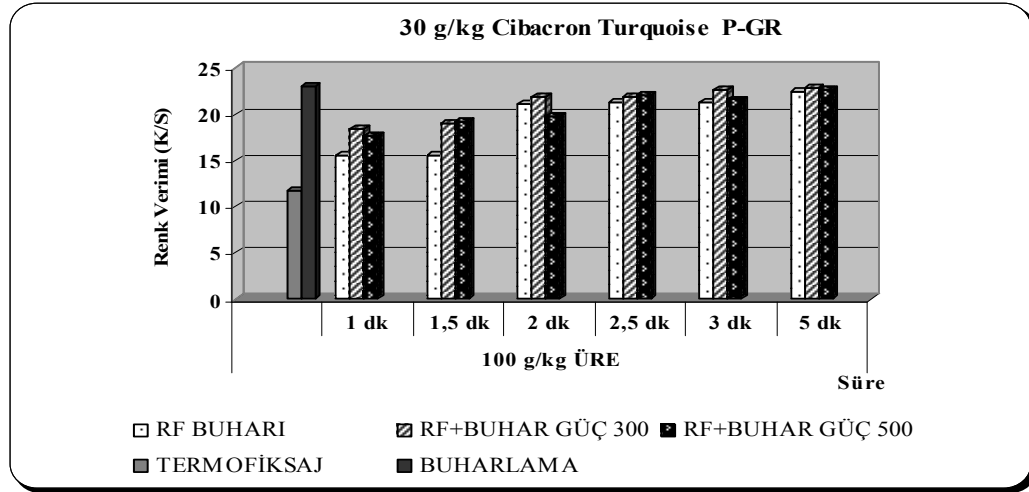


Şekil 5.44 50 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması

Baskı patında 50 g/kg üre olması halinde; en yüksek renk veriminin (K/S değeri 22) 102⁰ C’de 10 dk buharlama ile sağlandığı görülmektedir (Şekil 5.44). Radyo frekans kurutucu içerisine verilen buhar ile fiksajda süre arttıkça renk verimi artmakta, radyo frekans enerjisi+buhar kombinasyonu ile fiksajları yapılan numunelerin renk verimleri sadece buhar ile fikse edilen numunelerin renk verimlerini aşamamaktadır. Radyo frekans+buhar enerjisi ile ancak 5 dk’da 18,52 değerine ulaşılabilir. Baskı patındaki 50 g/kg üre, radyo frekans ortamında buharın da bulunmasına rağmen gerekli enerji absorpsiyonunu sağlamakta yeterli olamamaktadır.

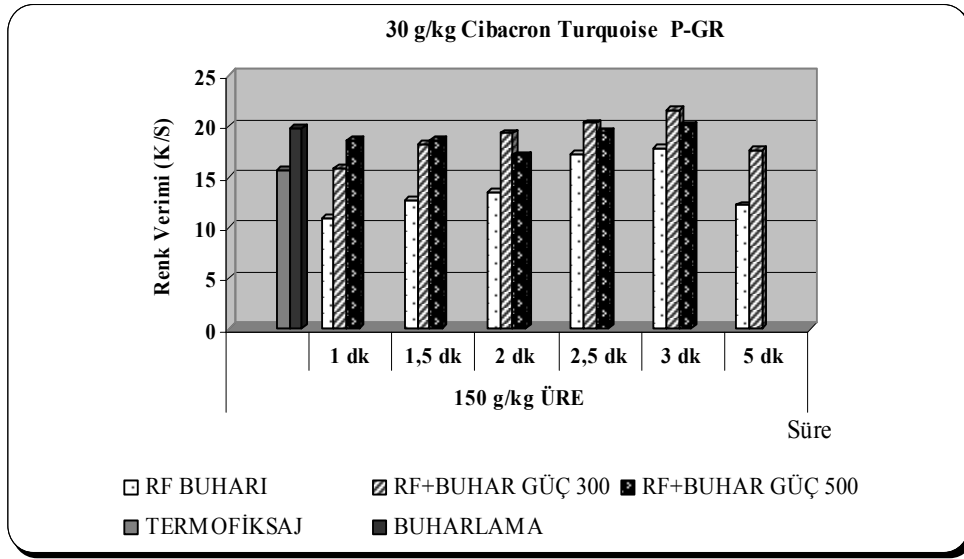
Şekil 5.45’de baskı patındaki üre miktarının 100 g/kg’a yükseltilmesiyle uygulanan tüm fiksaj yöntemlerinde renk veriminde artış görülmektedir. Radyo frekans+buhar kombinasyonu ile 300 güçte 3 dk’da 22,66 değerine ulaşılabilir. Özellikle 1, 1.5 dk’lık fiksaj sürelerinde radyo frekans enerjisi verilmeden buharla elde edilen değerlerin, radyo frekans enerjisi uygulanması durumunda 3-4 puan kadar yükseldiği

görülmektedir. En yüksek renk verimi (22,98) ise 102⁰C'de 10 dk buharlama ile sağlanmaktadır. Üre miktarının 100 g/kg'a arttırılması, 50 g/kg'a göre radyo frekans ortamında daha yüksek renk verimlerine ulaşmayı mümkün kılmaktadır.

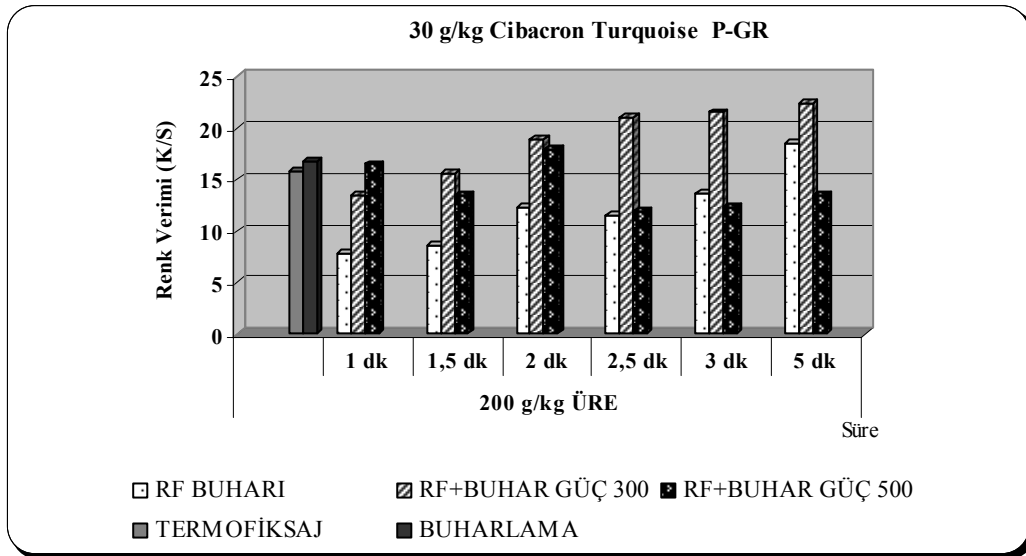


Şekil 5.45 100 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması

Baskı patındaki üre miktarının arttırılmasının radyo frekans enerjisi uygulanması halinde renk verimi üzerine olan etkilerini tespit etmek amacıyla Şekil 5.46 incelendiğinde, 102⁰C'de 10 dk yapılan buharlama yöntemine göre fiksajda baskı patındaki üre miktarının 150 g/kg'a yükseltilmesi (K/S değeri 19,76), 100 g/kg'a göre renk veriminde (K/S değeri 22,98) bir miktar düşüşe sebep olurken, radyo frekans enerjisi varlığında 100 g/kg üre kullanıldığında elde edilen renk verimlerinin 150 g/kg'a göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Çalışılan tüm fiksaj sürelerinde radyo frekans enerjisi varlığında elde edilen renk verimi değerlerinin, sadece buhar ile ulaşılan değerlerden daha yüksek olduğu söylenebilmekte, 3 dk buharlama ile K/S değeri 17,86 iken aynı sürede radyo frekans+buhar kombinasyonu ile 300 güçte 21,57 değerine ulaşılabilir.



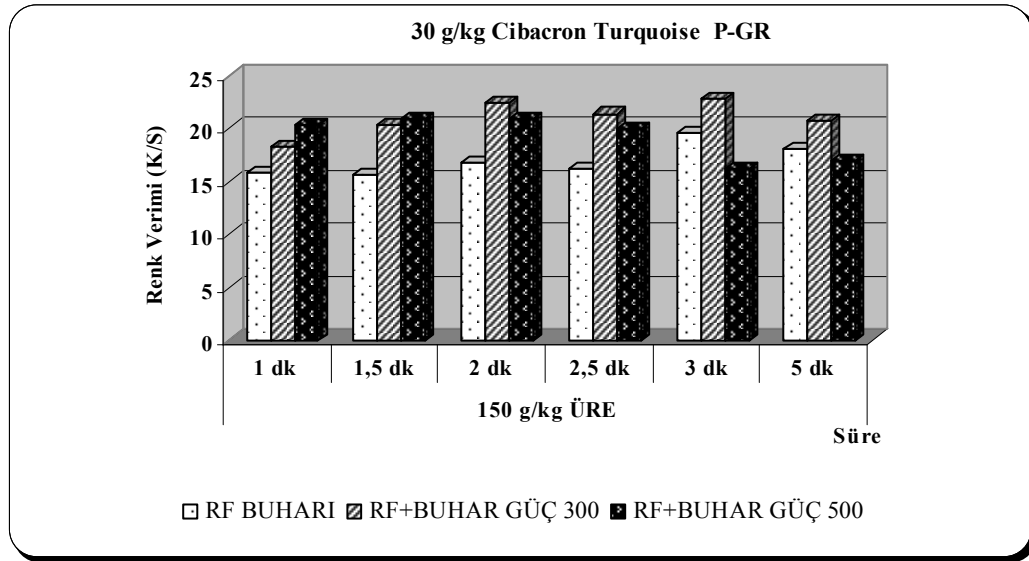
Şekil 5.46 150 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması



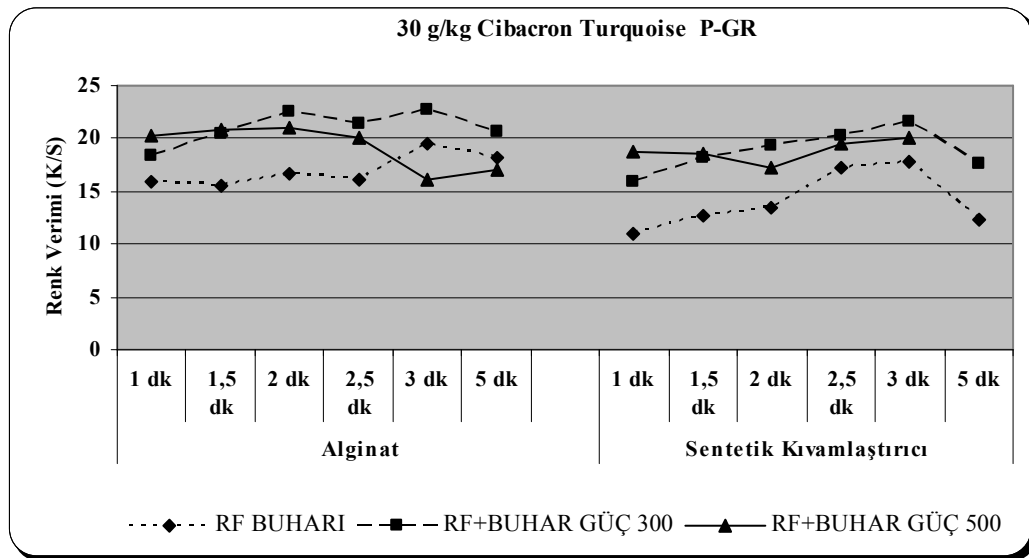
Şekil 5.47 200 g/kg üre içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması

Baskı patındaki üre miktarı 200 g/kg'a çıkarıldığında termofiksaj ile elde edilen renk veriminde artık artış olmadığı, buharlama yönteminde renk veriminin daha da düştüğü, 1 dk'dan sonra süre uzatıldığında radyo frekans+buhar kombinasyonunda gücün 500'e yükseltilmesiyle renk verimi değerinin gerilediği görülmektedir (Şekil 5.47). Ürenin nem çekme özelliğinin sonucu olarak yüksek üre miktarı enerji absorpsiyonunu arttırdığından yüksek güçte kısa sürelerde en iyi değer alınmakta, süre uzadıkça renk verimi gerilemekte, baskılı yüzeyde düzgünsüzlükler görülmekte, baskının görünümü kötüleşmekte, matlaşmaktadır. 300 güçte çalışıldığında ise; süre artışı ile renk verimi de artmakta ve bu değerler radyo frekans olmaksızın sadece buhar ile ulaşılan değerlerden çok daha yüksek çıkmaktadır.

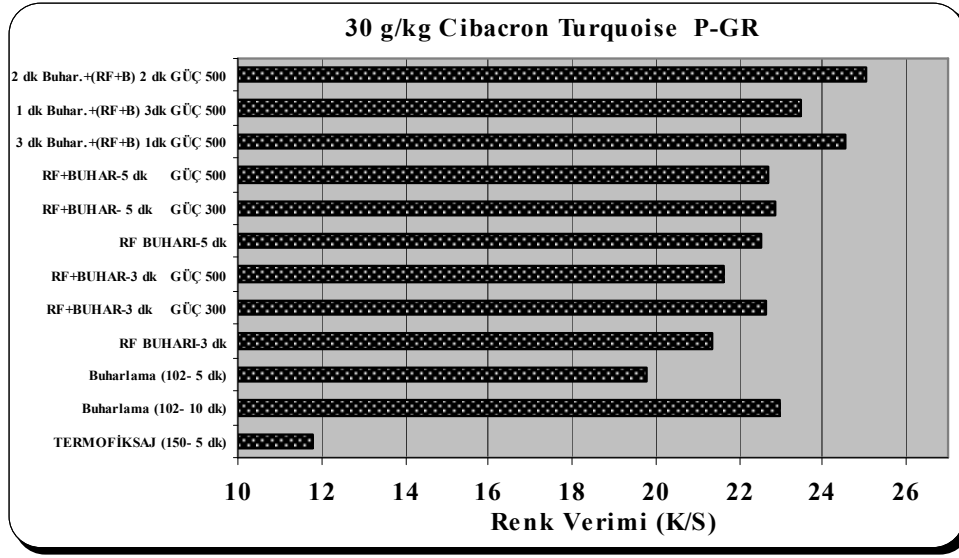
Baskı patında alginat yerine sentetik kıvamlaştırıcının kullanılması, büyük moleküllü turkuaz renkli boyarmadde de kırmızı ve mavi boyarmaddelerle elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar vermektedir. Radyo frekans+buhar kombinasyonu ile, sadece radyo frekans kurutucu içerisine verilen buharla fiksaja göre daha yüksek renk verimleri değerleri sağlanmakta ve radyo frekans+buhar kombinasyonu ile 3 dk'da 300 güçte en yüksek renk verimine (22,79) ulaşılmaktadır (Şekil 5.48). Bu durumda alginat ve sentetik kıvamlaştırıcı ile yapılan deney sonuçlarının birlikte verildiği Şekil 5.34'ten de görülebileceği gibi, radyo frekans enerjisi uygulamalarında kıvamlaştırıcı cinsinin farklı bir sonuca yol açmadığı kolaylıkla söylenebilmektedir.



Şekil 5.48 150 g/kg üre ve sentetik kıvamlaştırıcı içeren baskı patıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması

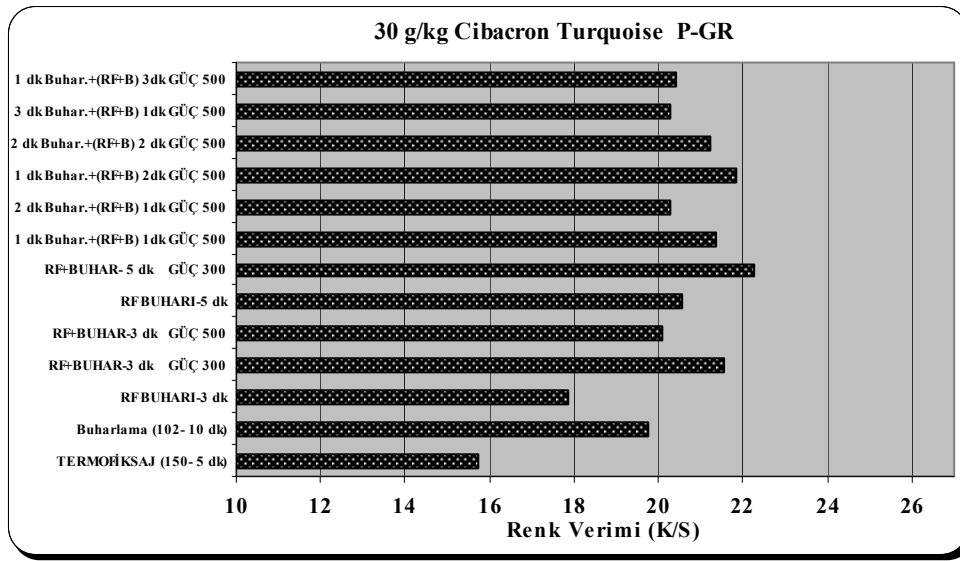


Şekil 5.49 150 g/kg üre içeren, sentetik kıvamlaştırıcı ve alginat ile hazırlanan baskı patlarıyla basılan numunelerin farklı fiksaj yöntemlerine göre renk verimlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.50 100 g/kg üre içeren patla 30 g/kg koyulukta baskıları yapılan ve ön buharlamanın (102⁰C doymuş buhar şartlarında) uygulandığı numunelerin renk verimleri

1,2,3 dk yapılan ön buharlamanın ardından 300 ve 500 güçte 1,2,3 dk radyo frekans+buhar kombinasyonu ile fiksajları tamamlanan numunelere ait renk verimleri, Şekil 5.50’de verilmektedir. Grafik incelendiğinde; radyo frekans kurutucu içerisine verilen buhar ile 5 dk’da elde edilen renk verimi 22,50 iken ön buharlama yapıldıktan sonra radyo frekans+buhar kombinasyonu ile toplamda 4 dk fikse edilen numunelerin renk verimleri daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Bu değerler, referans alınan klasik yöntem buharlama ile 102⁰C’de 10 dk’da elde edilen renk verimi değerinden (22,98) de yüksektir. 2 dk yapılan bir ön buharlamanın ardından 2 dk süreyle radyo frekans+buhar enerjisine maruz bırakılan numunenin ölçülen renk verimi değeri 25,08’dir.

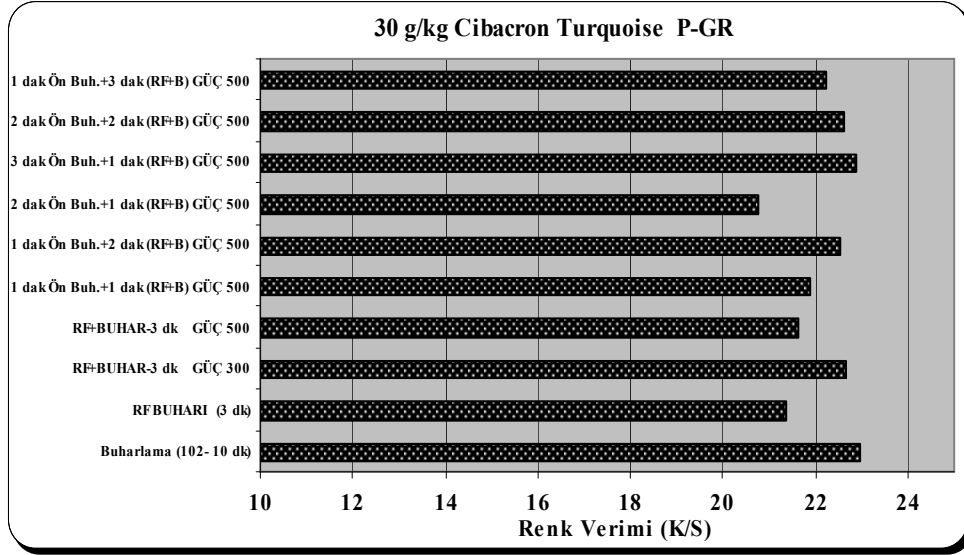


Şekil 5.51 150 g/kg üre içeren patla 30 g/kg koyulukta baskıları yapılan ve ön buharlamanın (102⁰C doymuş buhar şartlarında) uygulandığı numunelerin renk verimleri

150 g/kg üre içeren patla basılan numunelere radyo frekans enerjisi verilmeden, bir ön buharlama işlemi uygulanıp daha sonra radyo frekans+buhar ile fiksaj işlemi tamamlandığında, çalışılan tüm sürelerde 102⁰ C’de 10 dk’da elde edilen renk verimi değerinden daha yüksek değerlere ulaşılabilmekte, ancak bu değerlerin 100 g/kg üre içeren patla basılan numunelerin renk verimi değerlerinden daha düşük değerler olduğu göze çarpmaktadır (Şekil 5.51).

100 g/kg üre içeren patla basılan numune 102⁰C’de 10 dk fikse işlemine tabi tutulduğunda elde edilen renk verimi 22,98 iken, baskı yapılmış ve kurutulmuş numunelere radyo frekans kurutucunun içerisine verilen buharla 3 dk ön buharlama işlemi uygulanıp daha sonra aynı numuneye 1 dk radyo frekans (Güç 500) + buhar verildiğinde 22,88 değerine ulaşılmaktadır. 1 dk ön buharlama işlemi uygulanıp daha sonra 2 dk radyo frekans (Güç 500) + buhar verilen toplamda 3 dk fiksaj işlemi uygulanan numunenin ise renk ölçümü sonucu K/S değeri 22,52’dir. Ön buharlama

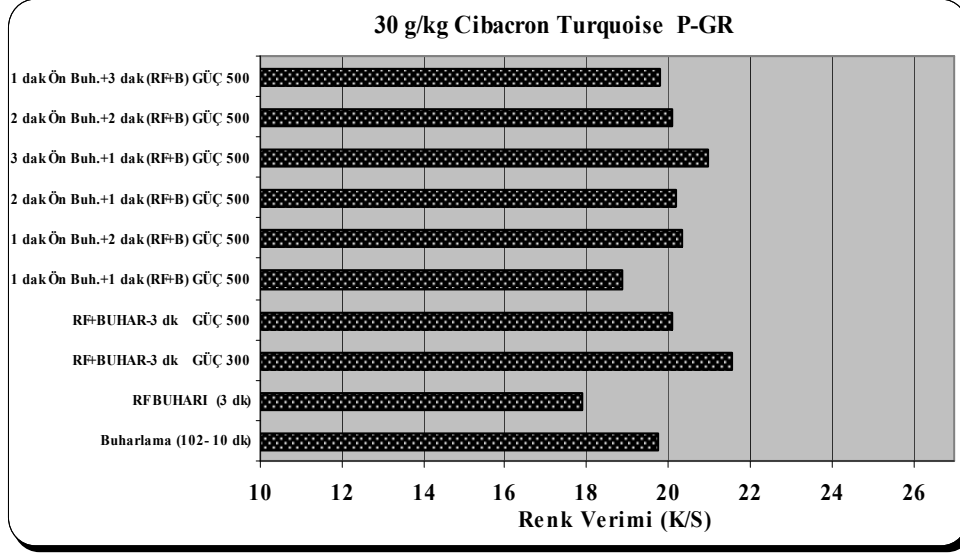
yapılmadan baskılı numune 3 dk süreyle radyo frekans (Güç 300)+buhar ile muamele edildiğinde 22,66 değeri elde edilebilmektedir. Sonuç olarak gerek buhar ile aynı anda radyo frekans enerjisi uygulanan gerekse ön buharlamanın ardından aynı anda buhar ile radyo frekans enerjisi verilen numunelerin 3 dk'lık fiksaj sürelerinde ölçülen renk verimi değerleri birbirlerine yakın değerlerdir (Şekil 5.52).



Şekil 5.52 100 g/kg üre içeren patla 30 g/kg koyulukta baskıları yapılan ve RF kurutucunun içerisine verilen buhar ile ön buharlamaya tabi tutulan, numunelerin renk verimleri

Baskı patındaki üre miktarının 150 g/kg'a çıkarılması, sadece standart fiksaj yöntemi olarak uygulanan buharlama ile elde edilen renk verimi değerinin değil radyo frekans enerjisinin uygulandığı diğer numunelerin de renk verimlerinin düşmesine sebep olmaktadır. En iyi renk verimi radyo frekans (Güç 300)+ buhar ile (K/S değeri 21,57) 3 dk'da alınmıştır. 1 dk ön buharlama ve 1 dk fikse edilen numunenin K/S değeri 18,85 iken 1 dk ön buharlamanın ardından radyo frekans (Güç 500)+ buhar uygulaması 2 dk'ya çıkarıldığında bu değer 20,31'e yükselmektedir. 3 dk süreyle sadece RF kurutucu içerisine verilen buhar ile fikse edilen numunenin K/S değeri 17,86'dır. Ön buharlama yapılmasıyla standart fiksaj yöntemine (102⁰ de 10 dk buharlama) ve aynı sürelerde RF

içerisine verilen buharla fiksaja göre daha yüksek K/S değerleri alınabiliyorsa da en iyi değerler baskı patında 100 g/kg üre kullanıldığında sağlanabilmektedir (Şekil 5.53).



Şekil 5.53 150 g/kg üre içeren patla 30 g/kg koyulukta baskıları yapılan ve RF kurutucunun içerisine verilen buhar ile ön buharlamaya tabi tutulan, numunelerin renk verimleri

5.2.5 Özgül Enerji Tüketimi

Radyo frekans enerjisinin buharla kombinasyonunun reaktif baskıların fiksajında kullanılması, yukarıda anlatıldığı üzere fiksaj işleminin daha kısa sürelerde yapılabilmesine olanak vermektedir. Süre kısaltmakta ancak tüketilen enerji miktarı açısından radyo frekans enerjisi kullanılmasının sadece buhar ile fiksaja göre avantaj sağlayıp sağlamadığı sorusu akla gelmektedir. Bu amaçla Cibacron Red P-4B ile 100 g/kg üre kullanılarak baskıları yapılan numunelerin radyo frekans kurutucu içerisine verilen buhar, radyo frekans 300 Güç+buhar, radyo frekans 500 Güç+buhar fiksajları sonucu özgül enerji tüketimleri hesaplanmıştır.

Radyofrekans kurutucudan alınan sonuçlara göre, her süreç için özgül enerji tüketimi (1 kg kumaşın işlem görmesi için harcanan enerji, kJ/kg_{kumaş}) hesaplanmış ve Çizelge 5.21’de verilmiştir.

Kumaş debisi aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$\dot{m}_k = V \cdot g \cdot B \quad (1)$$

Burada $\dot{m}_k$ kumaş debisini (kg/s), V kumaş hızını (m/s), g kumaş gramajını (kg/m²) ve B kumaş enini (m) ifade etmektedir.

İşlem esnasında harcanan buhar miktarının tespitinde, boru çapına göre buhar debisi (kg/h) çizelgesinden faydalanılmış ve buhar hızı ortalama 25 m/s kabul edilmiştir. Buharın entalpisi için kızgın buhar çizelgeleri (Çengel ve Boles, 1996) kullanılmıştır. Radyofrekans ve rezistanslar için gerekli enerji miktarı da makine üzerinde ölçüm yapılarak hesaplanmıştır.

$$E_t = \dot{m}_b \cdot h_b + E_{rf} + E_r \quad (3)$$

Burada, E_t toplam enerji tüketimini (kJ/s), $\dot{m}_b$ buhar debisini (kg/s), h_b buharın entalpisini (kJ/kg), E_{rf} radyofrekans için gerekli enerjiyi (kJ/s) ve E_r rezistanslar için gerekli enerjiyi (kJ/s) ifade etmektedir.

Özgül enerji tüketimi, aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$E_{\text{özgül}} = E_t / \dot{m}_k \text{ (kJ/kg)} \quad (2)$$

Çizelge 5.18 Cibacron Red P-4B ile 100 g/kg üre kullanılarak baskıları yapılan numunelerin farklı yöntemlerle fiksajları sonucu özgül enerji tüketimleri

No	Fiksaj Yöntemi	Süre (dk)	K/S	E_{buhar} (kJ/s)	$E_{\text{rf+rezistans}}$ (kJ/s)	Kumaş debisi (kg/s)	E_{toplam} (kJ/s)	Özgül enerji tüketimi (kJ/kg)
1	RF kurutucu içerisine verilen buhar	1	11,869	9,47	6,0	0,00101	15,47	15276,50
2		1,5	13,010	9,47	6,0	0,00068	15,47	22914,75
3		2	17,758	9,47	6,0	0,00051	15,47	30553,00
4		2,5	19,050	9,47	6,0	0,00041	15,47	38191,24
5		3	20,499	9,47	6,0	0,00034	15,47	45829,49
6		5	22,974	9,47	6,0	0,00020	15,47	76382,49
7		10	24,148	9,47	6,0	0,00010	15,47	152764,98
8	Radyo frekans 300 Güç+Buhar	1	16,870	9,47	10,5	0,00101	19,97	19720,21
9		1,5	18,071	9,47	10,5	0,00068	19,97	29580,32
10		2	21,755	9,47	10,5	0,00051	19,97	39440,42
11		2,5	23,834	9,47	10,5	0,00041	19,97	49300,53
12		3	22,044	9,47	10,5	0,00034	19,97	59160,63
13		5	25,123	9,47	10,5	0,00020	19,97	98601,05
14		10	25,733	9,47	10,5	0,00010	19,97	197202,11
15	Radyo frekans 500 Güç+Buhar	1	17,599	9,47	19,8	0,00101	29,27	28903,88
16		1,5	18,701	9,47	19,8	0,00068	29,27	43355,83
17		2	23,687	9,47	19,8	0,00051	29,27	57807,77
18		2,5	24,364	9,47	19,8	0,00041	29,27	72259,71
19		3	25,593	9,47	19,8	0,00034	29,27	86711,65
20		5	25,198	9,47	19,8	0,00020	29,27	144519,42
21		10	25,350	9,47	19,8	0,00010	29,27	289038,84

Tez çalışmasının yürütüldüğü bu sistem için yapılan hesaplamalar göstermektedir ki; 24,148 K/S (renk verimi) değerine ulaşmak için radyo frekans kurutucu içerisine verilen buharla 10 dk fiksaj işlemi sonrası 152764,98 kJ/kg enerji harcanırken, Radyo frekans 300 Güç+Buhar kombinasyonu ile 25,123 değerine 5 dk fiksaj süresinde 98601,05 kJ/kg, 25,593 değerine ise Radyo frekans 500 Güç+Buhar ile 3 dk'da 86711,65 kJ/kg enerji tüketilerek ulaşılmaktadır. Radyo frekans enerjisi varlığında benzer renk verimi değerlerine daha kısa sürelerde ulaşılması fiksaj işlemi sırasındaki enerji tüketimini de düşürmektedir.

6. SONUÇLAR

Cibacron Red P-4B, Cibacron Blue P-3R, Cibacron Turquoise P-GR boyarmaddeleri ile baskıları yapılan numuneler kendi aralarında istatistiksel olarak (SPSS programı ile) değerlendirildiğinde; fiksaj yönteminin, fiksaj süresinin ve üre miktarının, aynı zamanda üre miktarı ile fiksaj yöntemi etkileşiminin $\alpha=0,05$ önem düzeyinde renk verimi değeri üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Cibacron Red P-4B boyarmaddesi ile yapılan baskılarda en yüksek renk verimi değerleri radyo frekans enerjisi + buhar kombinasyonu ile sağlanmış, sadece radyo frekans kurutucu içerisine verilen buhar ile fikse edilen numunelerin renk verimleri değerleri çok daha düşük çıkmıştır.

Sadece RF kurutucu içerisine verilen buhar, radyo frekans 300 Güç+buhar ve radyo frekans 500 Güç+buhar ile fikse edilen numunelerin renk verimleri birlikte ele alınarak yapılan istatistikî değerlendirme sonucu 2,5 ve 3 dk yapılan fiksaj süreleri arasında istatistiksel açıdan bir fark çıkmamış ve en iyi renk verimi değerlerine radyo frekans 300 Güç+buhar kombinasyonu ile 5 dk'da, radyo frekans 500 Güç+buhar ile ise 3 dk'da ulaşılmıştır.

Baskı patındaki üre miktarının 200 g/kg'a çıkarılması renk verimini düşürmüştür, en iyi renk verimi değerlerine 50 ya da 100 g/kg üre kullanılarak ulaşılabilmektedir. Baskı patında 100 g/kg üre kullanılması durumunda; RF enerjisinin baskıların fiksajındaki polarite artırıcı özelliğinin etkisi daha belirgin olarak gözlemlenmiştir. RF+buhar kombinasyonu ile her iki güçte de (Radyo frekans 300 Güç+Buhar kombinasyonu ile 5 dk'da K/S değeri 25,123, Radyo frekans 500 Güç+Buhar ile 3 dk'da K/S değeri 25,593); sadece buhar ile elde edilenden (radyo frekans kurutucu içerisine verilen buharla 10 dk'da K/S değeri 24,148) daha yüksek renk verimlerine ulaşılabilmektedir.

K/S değerinin yanı sıra baskılı numunelerin CIELAB sisteminde renklerin sayısal olarak ifadesinde kullanılan L^* , a^* , b^* değerlerine göre, numunelerin farklı yöntemlerle fiksajları sonucu, L^* (açıklık-koyuluk) değerinin fiksaj süresine bağlı olarak süre arttıkça düştüğü yani rengin koyulaştığı, a^* (kırmızı-yeşil) değerinde fiksaj yöntemine bağlı olarak önemli bir değişiklik olmadığı, b^* (sarı-mavi) değerinin ise her üç yöntemde süreyle birlikte arttığı ve radyo frekans varlığında çalışılan her iki güçte, RF kurutucu içerisine verilen buharla fiksaja göre daha kısa sürelerde daha yüksek değerler ölçüldüğü yani rengin kullanılan boyarmaddenin nüansı gereğince maviliğinin arttığı tespit edilmiştir.

Sentetik kıvamlaştırıcının kullanılması alginat ile çalışıldığı duruma benzer şekilde radyo frekans+buhar kombinasyonu ile elde edilen renk verimlerinin, radyo frekans enerjisi olmaksızın sadece buhar ile fikse edilen numunelerin renk verimlerinden daha yüksek çıkması sonucunu değiştirmemiş ve en iyi renk verimi değerlerine 2 dk.'da ulaşılabilmiştir.

Cibacron Red P-4B boyarmaddesi kullanılarak 5 g/kg koyulukta baskıları yapılan numuneler, radyo frekans enerjisi ve buhar kombinasyonu ile (gerek 300 gerekse 500 güçte) fikse işlemine tabi tutulduğunda, geliştirilen cihaza verilen buharla (radyo frekans enerjisi olmaksızın) fikse edilen numunelerin renk verimlerine göre daha yüksek değerler vermiş ancak referans olarak kabul edilen termofiksaj ve buharlama yöntemiyle elde edilen renk verimlerine ulaşamamıştır.

Cibacron Blue P-3R boyarmaddesi ile baskıları yapılan numuneler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde kırmızı boyarmadde de olduğu gibi baskı patındaki üre miktarının, fiksaj yönteminin, fiksaj süresinin $\alpha=0,05$ önem düzeyinde renk verimi değeri üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

En iyi renk verimleri radyo frekans enerjisi+ buhar kombinasyonu ile sağlanmıştır.

Baskı patındaki miktarının 50 g/kg olmasının veya 200 g/kg'a çıkarılmasının renk verimini düşürdüğü, en iyi renk verimi değerlerine 100 g/kg üre kullanılarak ulaşılabildiği tespit edilmiştir. Üre miktarının 100 g/kg'a yükseltilmesiyle 3 dk'lık fiksaj süresinde RF+Buhar kombinasyonu ile 300 güçte en iyi renk verimi (K/S değeri 12,94) elde edilmiştir.

CIELAB sisteminde renklerin sayısal olarak ifadesinde kullanılan X, Y, Z değerlerinden hesaplanan L^* , a^* , b^* ölçümleri, L^* (açıklık-koyuluk) değerinin fiksaj süresine bağlı olarak süre arttıkça düştüğünü yani rengin koyulaştığını, b^* (sarı-mavi) değerinin fiksaj yöntemine bağlı olarak değişmediğini göstermiştir. a^* (kırmızı-yeşil) değeri ise süreyle birlikte artmış ve radyo frekans varlığında çalışılan her iki güçte, RF kurutucu içerisine verilen buharla fiksaja göre daha yüksek değerler gözlenmiştir, yani rengin kırmızılığı artmıştır.

Baskı patında alginat yerine sentetik kıvamlaştırıcının kullanılması, orta molekül büyüklüğüne sahip mavi renkli boyarmadde ile kırmızı boyarmaddeyle elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar vermiş, radyo frekans+buhar kombinasyonu ile, sadece radyo frekans kurutucu içerisine verilen buharla fiksaja göre daha yüksek renk verimi değerleri alınmıştır.

Cibacron Blue P-3R boyarmaddesi kullanılarak 5 g/kg koyulukta yapılan baskılarda; gerek 300 gerekse 500 güç ile çalışılması halinde radyo frekans enerjisi ve buhar kombinasyonu, sadece geliştirilen cihaza verilen buharla (radyo frekans enerjisi olmaksızın) fikse edilen numunelerin renk verimlerine göre çok az daha yüksek değerler sağlamış, değerlerin birbirlerine çok yakın olduğu ancak referans olarak kabul edilen termofiksaj yöntemiyle elde edilen renk verimi değerinin (1,94) aşılamadığı görülmüştür. Mavi boyarmaddeyle yapılan 5 g/kg koyuluktaki baskıların fiksajında

küçük molekülü kırmızı boyarmaddeye kıyasla radyo frekans enerjisinin kullanılması ve kullanılmaması durumunda renk verimleri arasındaki farklar çok daha az olmuştur.

Cibacron Turquoise P-GR boyarmaddesi ile yapılan baskılarda en yüksek renk verimi değerleri radyo frekans enerjisi + buhar kombinasyonu ile sağlanmış, mavi ve kırmızı boyarmaddeden farklı olarak radyo frekans 300 güç+buhar ve radyo frekans 500 güç+buhar arasında ($\alpha=0,05$ önem düzeyinde) istatistikî olarak fark tespit edilmiştir. Radyo frekans 300 güç+buhar uygulandığında daha yüksek renk verimi elde edilmesi mümkün olmuştur. En iyi renk verimi değerlerine 5 dk fiksaj süresiyle ulaşılabildiği belirlenmiştir.

Baskı patına 50 g/kg üre ilavesi yüksek renk verimi eldesi için yetersiz kalmış, 200 g/kg'a çıkarılması ise boyarmaddenin hidrolizini arttırdığı için renk verimini düşürücü etki göstermiş, en iyi renk verimi değerlerine 100 g/kg üre kullanılarak ulaşılabileceği görülmüştür. Ürenin nem çekme özelliğinin sonucu olarak yüksek üre miktarı enerji absorpsiyonunu arttırdığından yüksek güçte kısa sürelerde en iyi renk verimi değerleri alınmış, süre uzadıkça renk verimi gerilemiş, baskılı yüzeyde düzgünsüzlükler görülebilmüş, baskının görünümü matlaşmıştır.

Alginat ve sentetik kıvamlaştırıcı ile yapılan deney sonuçları, radyo frekans enerjisi uygulamalarında kıvamlaştırıcı cinsinin değişmesinin fiksaj sonuçları üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığını göstermiştir.

RF (radyo frekans) enerjisi tekstil endüstrisinde açık elyaf, tops, çile ve bobinlerin kurutulması için başarıyla uygulanmakta ancak kumaş formundaki tekstil mamullerinin kurutulması için Türkiye'de henüz RF enerjisi kullanılmamakta ve bu amaca uygun RF kurutucuların imalatı yapılmamaktadır. Kumaşların kontinü olarak terbiyesinde kullanılabilecek buhar kombineli RF kurutucu kombinasyonları ise dünyada imal edilmemektedir. Çalışma sonuçları doğrultusunda iyileştirme çalışmaları yapılarak laboratuvar tipi prototip Radyo frekans+Buhar reaktörünün kumaş gibi ince tekstil

yüzeylerinin fiksaj işlemleri (reaktör olarak kullanılabilmesine) için uygun hale getirilmesi sağlanmıştır. Bu sayede Radyo frekans+ buhar kombinasyonu ile baskılı kumaşların klasik buharlama yöntemine göre 10 dakika sürede elde edilen renk verimi değerlerine daha kısa sürelerde ulaşmak mümkün olabilmektedir.

Terbiye işlemleri arasında önemli ve yüksek maliyetli kısmı oluşturan proses kurutmadır. Yüksek frekanslı endüstriyel uygulamaların amacı; daha az enerji tüketimi ile klasik sistemlerde elde edilen mamul kalitesinde veya daha kaliteli mamullerin eldesini sağlamaktır. Reaktif baskıların fiksajının buhar+radyo frekans enerjisi uygulanarak yapılmasıyla benzer renk verimi değerlerine klasik yöntemle göre daha kısa sürelerde ulaşılabilir. Zaman tasarrufu sağlanması yanında enerji tüketimini de düşürmesi, yöntemin klasik fiksaj yöntemlere alternatif bir yöntem olabileceğini göstermiştir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Ahmed N. S.E, Youssef Y.A, Shishtawy R., and Mousa A.A.,2006, “Urea/alkali-free printing of cotton with reactive dyes”, Coloration Technology, 122, 324-328 p.

Balakrishnan P.A., Vedaraman N., John Sundar V., Muralidharan C., Swaminathan G., 2004, “Radio Frequency Heating- A Prospective Leather Drying System for Future”, Drying Technology, Vol. 22, No.8, 1969-1982 p.

Baltina I, Brack I, Vinovskis, 2000, Wool carbonising in the radio frequency electromagnetic field, International journal of clothing science and technology 12(6)

Bechter D., Berndt S., Oppermann W., 1995, “Hochfrequenz- Erwaermung in der Textilveredlung”, 10, 914-916 s.

Becker B., 1999, <http://ruschmidt.de/FarbSite/pages/BBecker/BBecker.html>

Burkinshaw SM, Marshall WJ, 1986, Continuous dyeing of piece goods using radio-frequency heating, Journal of the society of dyers and colourists No:9

Cato M.J, Crabtree K.K., Flora D.L., Grady Perry L., Hodge G. L, Mock G. N., 1993, “Handbook of Radio Frequency Drying of Textiles”, Nort Carolina State

Centre for the Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies, “Drying of Heavy Textiles”

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Çakı T., 2005, “Mikrodalga'nın Sanayide Kullanımı”1.RF ve Mikrodalga Ölçüm Ulusal Çalıştay1, Gebze/Kocaeli

Delaney M.J., 1972, “Pad-Batch-Microwave Dyeing of Woll”,Vol 4, No.5, 29-32 p.

Dittrich J.H., Töpert G., 1992, “Verfahrenstechnische Untersuchungen zur Verhinderung der Vergilbung bei der kontinuierlichen HF-Trocknung von Garnspulen und Wollkammzügen”, Melliand Textilberichte, Vol.6, 529-532 s.

Dittrich J.H., Töpert G., 1992, “Verfahrenstechnische Untersuchungen zur Verhinderung der Vergilbung bei der kontinuierlichen HF-Trocknung von Garnspulen und Wollkammzügen”, Melliand Textilberichte, Vol.7, 589-596 s.

Donmaz P., 1990, “Polyester/Pamuk Karışımı Kumaşların Polyester Komponenti Üzerine Mikrodalga Isıtma ile Dispers Boya Fiksajı ve Mikrodalga Ünitesindeki Kumaşın Sıcaklığının Tesbiti”, Tekstil ve Makine Yıl :4, 101-104 s.

Donmaz P., Kanık M., 1993, “Mikrodalga Radyasyonu ile Yapağı Isıtmanın Yıkama İşlemi Üzerine Etkileri” Tekstil ve Konfeksiyon, Sayı 4, 301-302 s.

Donmaz P., Kanık M., 1993, “Pigment Baskı Yönteminde Mikrodalga Teknolojisinin Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, (4); 57-65.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Donmaz P., Miles LWC., 1986, “Reaktif Boyaların Mikrodalga Isıtmasıyla Pamuklu Kumaşlar Üzerine Fikse Edilmesi”, IV. Uluslar arası Tekstil Sempozyumu, Altinyunus, Çeşme, İzmir, 595 s.

Electric Power Research Institute, 1990, Projects 2893-6,-8, Final Report, “Radio Frequency and Infrared Drying of Sized Textile Warp Yarns”

Electrotechnologies Energy Efficiency Guide, 2006, Canada, 41-47 s.

Elgert K. F., Hoffmann C., 1995, “Abschaelen von Polyestergewebe mit Mikrowellenheizung”, Melliand Textilberichte, Vol.3, 174-178 s.

Garner E, Barkhuysen FA, 1984, Radio frequency bleaching of cotton fabrics. I. An introductory study, SAWTRI Technical report 559

Garner E, Barkhuysen FA, 1986, Continuous dyeing using radio frequency energy, South african wool and textile research institute of the CSIR (SAWTRI Technical report no. 580)

Garner-E, 1983, Continuous dyeing using radio frequency energy. IV. The fixation of disperse dyes on pre-dried polyester, South-African-Wool-and-Textile-Research-Institute-of-the-CSIR. Port-Elizabeth, (SAWTRI-Technical-Report-No.516

Girish A. Pai, Gary N. Mock, Perry L. Grady, Robert W. Graham, Kenneth K. Crabtree, Edward J. Moore, “Radio Frequency Drying in the Textile Industry”
<http://ieeexplore.ieee.org/iel2/816/1519/00036803.pdf?arnumber=36803>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Haggag K., 1990, “Fixation of Pad-Dyeings on Cotton Using Microwave Heating”, American Dyestuff Reporter, August, 26-30 p.

Haggag K., Hana H.L., Youssef B. M., El-Shimy N.S., 1995, “Dyeing Polyester With Microwave Heating Using Disperse Dyestuffs”, American Dyestuff Reporter, March, 22-36 p.

Hakeim O. A., Nassar S. H., Haggag K., 2003, Greener Printing of Natural Colour Using Microwave Fixation, Indian Journal of Fibre& Textile Research, Vol. 28, 216-220 p.

Holland J.M.,1986, “Vorteile der Hochfrequenztrocknung von Textilien”, Melliand Textilberichte, Vol. 2, 137-140 s.

<http://www.radiofrequency.com/products/savings.html>, 9.10.2003

<http://www.rfsystems.it/english/tessuto.asp>

Jones P.L, 1989, “Dielectric- Assisted Drying and Processing”, Power Engineering Journal, March, 59-66 p.

Kanık M., 1995, “Yüksek Frekanslı Isıtma Teknolojisi, Tekstil Sanayiindeki Uygulamaları ve Bu Alandaki Son Gelişmeler”, Tekstil&Teknik, Ocak, 64-74 s.

Kenkyu H., Kanagawa K., Kogyo S., 1987, Application of microwave to printing, Trough- Chemical-Abstracts, 106, No.22, abstrac177996

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Mach H.R., 1994, Ökologische Aspekte der zweiphasigen Fixierung von Reaktivdrucken, Melliand Textilberichte, 295 s.

Mavruz S., Oğulata T., 2003, “Yüksek Frekanslı Kurutma Sistem ve Makinaları”, Tekstil Maraton, Eylül-Ekim, 51-56 s.

Mock G.N., Myers D., 1983, “Radio Frequency and Microwave Drying Hold Promise for Textile Applications”, Textile Chemist and Colorist 15(2):21-23

Naefe P., Grassmann C., 1987, “Vergilbung von Textilfasern im HF-Trockner”, Melliand Textilberichte, Vol.6, 429-430 s.

Naefe P., Grassmann C., 1989, “Wie weit ist die HF-Trocknung von Gewebefabrikanten realisierbar?”, Melliand Textile Berichte, 4, 295-298 s.

Novoselova EP., Tsirkina OG., Nikiforov AL., Melnikov BN., 1999, Developing a high- frequency method for fixing pigments on cotton fabrics in pirinting, IzvestiyVysshikh-Uchebnykh-Zavedenii, Seriya Teknologiya- Tekstil’no Promyshlennosti, (6), 53-57 p.

Oğulata T., Kadem F., Koç E., “Tekstilde Kurutma Yöntem ve Makinaları”, IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi

Oğuz S., 1992, “Stalam Yüksek Frekans Kurutma Makineleri”, Tekstil&Teknik, Eylül, 60-61 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Oktay A., 2005, “RF ve Mikrodalga Enerjisinin Endüstriyel Uygulamaları”, 1.RF ve Mikrodalga Ölçüm Ulusal Çalıştayı, Gebze/Kocaeli

Perkin-RM; Catlow-N, 1984, Dye Fixation Using Radio-Frequency Heating, Journal-of-the-Society-of-Dyers-and-Colourists, 100: No.9, 274-280 p.

Peter M., Rouette H. K., 1989, Grundlagen der Textilveredlung, Deutscher Fachverlag, Frankfurt, 510 s., 661 s.

Radio Frequency (RF) Dryers, India Time 2000 Special December 1-10,2000 Colorage 45

Ritter A., 1999, “Reaktivfarbstoffe mit cyclischen Amidgruppen- Synthese, Eigenschaften und färbereisches Verhalten”, Doktorarbeit, Institut für Textil-und Faserchemie der Universität, Stuttgart

Rouette H. K., 1995, “Lexikon für Textilveredlung”, Laumann Verlag, s.36-39, 1735-1743 s.

Schumacher- Hamedat U., Zamzow M., Höcker H., 1996, “Untersuchungen zur HF- unterstützten Textilausrüstung in konstanter Dampfatmosferaere”, Melliand Textilberichte, Vol.4, 243-250 s.

Soo Kim S., Gyung Leem S., Do Ghim H., Ho Kim J., Seok Lyoo W., 2003, “Microwave Heat Dyeing of Polyester Fabric”, Fibers and Polymers, Vol. 4, No.4, 204 -209 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Sostar S., 1996, Synthetische Verdickungsmittel als Alternative im Reaktivdruck, Melliand Textilberichte, 411 s.

Stalam Spa Teknik Dökümanları, Drying Textile Fibres to Contitioned Weight and the Use of Radio Frequency Techniques

Stalam Spa Teknik Dökümanları, Radio Frequency Drying of Textiles: Stalam's Technology and Latest Developments

Stalam Spa Teknik Dökümanları, Technical Notes on Industrial Applications of Radio Frequency Heating

Stalam Spa Teknik Dökümanları, The Conventional and the Radio Frequency Drying Technologies,

Steiner R., 1983, "Trocknen textiler Wickelkörper durch Hochfrequenz-erwaermung", Textil Praxis International, Mai, 475-480 s.

Strumillo C., Kurda T., 1986, Drying : Principles Applications and Design, Institute of Chemical Engineering, Switzerland, 376-396 p.

Tarakçıoğlu I., 1979, Tekstil Terbiyesi ve Makinaları, Cilt I, Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir, 102.s.

Tarakçıoğlu I., 1990, Reaktif Boyarmaddelerle Baskıcılık için Sentetik Kıvamlaştırıcılar, Tekstil ve Makine, Kasım, 92-100 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Thiry M. C., 2000, The Magic of Microwaves, Textile Chemist and Colorist& American Dyestuff Reporter, Vol. 32, No.10

Ulcay Y., Akyol M., Gemci R., 2002, “Polimer Esaslı Lif Takviyeli Kompozit Malzemelerin Arabirim Mukavemeti Üzerine Farklı Kür Metotlarının Etkisinin İncelenmesi ”, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Cilt 7, Sayı 1, 93-116 s.

Wilson B., 2001, “Combining Radio Frequency&Conventional Methods”, PSC Inc., a Litzler Co.

Xu W., Yang C., 2002, “Hydrolysis and Dyeing of Polyester Fabric Using Microwave Irradiation”, Coloration Technology, 118, 211-214 p.

Yurdakul A., 1995, İki Adımlı Reaktif Baskıda Ekolojik Kriterler, Sagem, Yayın No:155, Eylül, Bursa

ÖZGEÇMİŞ

16.09.1974 yılında İzmir’de doğan Arzu Özerdem, ilk, orta ve lise eğitimini İzmir’de tamamlamış, 1992 yılında Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü’nü kazanarak yüksek öğrenimine başlamıştır. 1 yıl Almanca hazırlık sınıfına devam etmiştir. Tekstil Mühendisliği eğitimini 1997 yılında tamamlamış, aynı yıl Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü’nde yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 2000 yılında yüksek lisansını tamamlayıp doktora devam etmiştir ve halen E.Ü.Emel Akın MYO’da araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

