T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ISIL DÜZENLEME ÖZELLİĞİ İYİLEŞTİRİLMİŞ ÖRME YATAK KUMAŞLARININ GELİŞTİRİLMESİ

Hazırlayan
Batuhan SAPANCI

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Sümeyye ÜSTÜNTAĞ
Prof. Dr. Cem GÜNEŞOĞLU

Yüksek Lisans Tezi

Ağustos 2023
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ISIL DÜZENLEME ÖZELLİĞİ İYİLEŞTİRİLMİŞ ÖRME YATAK KUMAŞLARININ GELİŞTİRİLMESİ

Hazırlayan
Batuhan SAPANCI

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Sümeyye ÜSTÜNTAĞ
Prof. Dr. Cem GÜNEŞOĞLU

Bu çalışma 1501-TÜBİTAK Sanayi Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı Tarafından 321049 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Ağustos 2023
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Batuhan SAPANCI

“Isıl Düzenleme Özelliği İyileştirilmiş Örme Yatak Kumaşlarının Geliştirilmesi” adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Batuhan SAPANCI

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Sümeyye ÜSTÜNTAĞ

2.3.3.

II. Danışman

Prof. Dr. Cem GÜNEŞOĞLU

Tekstil Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Abdülkadir BİLİŞİK

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca tecrübeleriyle bana daima yol gösteren danışman hocalarım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Sümeyye ÜSTÜNTAĞ ve Sayın Prof. Dr. Cem GÜNEŞOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmanın gerçekleştirildiği Küçükler Tekstil San. ve Tic. A.Ş. firmasına ve çalışanlarına teşekkür ederim. Tübitak projemizin izleyiciliğini yapan Prof. Dr. Sennur ALAY AKSOY'a teşekkür ederim.

Ayrıca, hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda olan ve beni sevgiyle büyüten en değerli varlıklarım babam Albuz SAPANCI'a annem Tansel SAPANCI'a kardeşim Baturay SAPANCI'a ve hayat arkadaşım Nuriye GEREF SAPANCI'a tüm kalbimle teşekkürlerimi sunarım.

Batuhan SAPANCI

Kayseri, Ağustos, 2023

ISIL DÜZENLEME ÖZELLİĞİ İYİLEŞTİRİLMİŞ ÖRME YATAK KUMAŞLARININ GELİŞTİRİLMESİ

Batuhan SAPANCI

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ağustos 2023
Danışmanlar: Dr. Öğr. Üyesi Sümeyye ÜSTÜNTAĞ ve Prof. Dr. Cem GÜNEŞOĞLU

ÖZET

Uyku hayatın yaklaşık üçte birini kapsayan, insanların genel sağlık ve yaşam kalitesi üzerinde doğrudan etkili olan bir temel ihtiyaçtır. Birçok farklı etken gibi vücut sıcaklığındaki ani değişimler uyku bozukluklarına neden olabilmektedir. Vücut sıcaklığındaki değişimin kontrol edilebilmesi uyku kalitesini arttıracağı gibi uyku evrelerinin dağılımını düzenlemektedir. Uyku ortamının en temel faktörlerinden biri olan yatak kumaşına ısıl düzenleme etkinliğin kazandırılması uyku kalitesi açısından oldukça önemlidir.

Faz değiştiren maddeler (FDM), katı-katı veya katı-sıvı arasındaki faz geçişleri sayesinde ortamın sıcaklık farkına bağlı olarak, ısı depolama ve enerji açığa çıkarma yolu ile ortamdaki ısıl dengenin korunmasına yardımcı olmaktadırlar. FDM'ler mikrokapsüllenerek kumaş yüzeylerine aktarılabilmektedirler. Bu tez çalışmasında, uyku kalitesinin arttırılması amacıyla yüksek ısı düzenleme performansı sergileyecek örme yatak kumaşı üretimi için ideal üretim konstrüksiyonun ve FDM tipinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışmada ilk olarak kumaşta ısı yayılımını azaltacak, vücut sıcaklığındaki düşüşü hızlandırıcı etki sağlayan desen ve örgü yapıları belirlenmiştir. Faz değiştiren madde olarak hekzadekan, heptadekan, oktadekan, polietilen glikol (PEG-400), polietilen glikol (PEG-1000) ve karışımları kullanılmıştır. FMD'lere kumaş yüzeyinde tutunmaları için mikrokapsülasyon işlemi uygulanmıştır. Üretilen mikrokapsüllenmiş faz değiştiren maddeler (MFDM) arasından, ideal uyku ortamı sıcaklığı (19-21^{o}C) olarak tanımlanan aralıkta ısıl aktivite sergileyen ve yüksek gizli ısı değerlerine sahip MFDM tipleri belirlenmiştir.

MFDM aktarılmış örme kumaşlarının DSC analizi ve Alembeta test cihazı ile ısıl düzenleme etkinlikleri (yüksek entalpi değeri ve ısıl özellik değerleri) değerlendirilmiştir. Ayrıca sabit bir ısı kaynağı altında bekletilmeleri süresince termal kamera görüntüleri ile yüzey sıcaklık değişimleri izlenmiştir. Ayrıca kumaşların çeşitli mekanik, fiziksel ve

kimyasal özellikleri ölçülmüştür. Kumaşların ölçülen özellikleri halihazırda yatak sektöründe kullanılan ticari MFDM (Micrathermic P) ile kıyaslanmıştır.

Çalışma sonucunda iç faz olarak Hekzadekan + Oktadekan içeren MFDM'lerin yüksek gizli ısı değerlerine sahip olduğu ve ideal uyku ortamı sıcaklığında aktivite sergilediği görülmüştür. Genel olarak MFDM ilavesi ile yatak kumaşlarında termal difüzivite değerlerinde gerileme, maksimum ısı akış oranı ve termal iletkenlik değerlerinde artış gözlenmiştir. Ayrıca, MFDM uygulanan kumaşların mekanik özelliklerinde belirli oranlarda iyileşmeye yönelik bir eğilim olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: FDM (Faz değiştiren malzeme), Mikrokapsül, Örme Yatak Kumaşı, Termal Kamera, DSC (Diferansiyel taramalı kalorimetre), Koaservasyon Yöntemi

DEVELOPMENT OF KNITTED MATTRESS FABRICS WITH IMPROVED THERMAL REGULATION

Batuhan SAPANCI

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
M.Sc. Thesis, Aug 2023
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Sümeyye ÜSTÜNTAĞ and Prof. Dr. Cem GÜNEŞOĞLU

ABSTRACT

Sleep is a basic need that covers about one third of life and has a direct impact on people's general health and quality of life. Like many different factors, sudden changes in body temperature can cause sleep disorders. Controlling the change in body temperature will increase sleep quality and regulate the distribution of sleep stages. It is very important in terms of sleep quality to bring thermal regulation efficiency to the mattress fabric, which is one of the most fundamental factors of the sleep environment.

Phase change materials (PCM) help maintain the thermal balance in the environment by means of heat storage and energy release, depending on the temperature difference of the environment, thanks to the phase transitions between solid-solid or solid-liquid. FDMs can be microencapsulated and thus transferred to fabric surfaces. In this thesis, it is aimed to determine the ideal production construction and FDM type for the production of knitted mattress fabric that will exhibit high heat regulation performance in order to increase sleep quality. In the study, firstly, patterns and knitting structures that will reduce heat dissipation in the fabric and accelerate the decrease in body temperature were determined. Hexadecane, heptadecane, octadecane, polyethylene glycol (PEG-400), polyethylene glycol (PEG-1000) and their mixtures were used as phase change agents. Microencapsulation process was applied to FMDs for their adhesion on the fabric surface. Among the produced microencapsulated phase change materials (MFDM), MFDM types with high latent heat values and exhibiting thermal activity in the range defined as the ideal sleep environment temperature (19-21^{o}C) were determined.

The thermal regulation efficiency (high enthalpy value and thermal property values) of MFDM transferred knitted fabrics were evaluated with DSC analysis and Alembeta test device. In addition, surface temperature changes were monitored with thermal camera images during their storage under a constant heat source. In addition, various mechanical,

physical and chemical properties of the fabrics were measured. The measured properties of the fabrics were compared with the commercial MFDM (Micrathermic P) currently used in the mattress industry.

As a result of the study, it was observed that MFDMs containing Hexadecane + Octadecane as internal phase have high latent heat values and exhibit activity at the ideal sleep environment temperature. In general, with the addition of MFDM, a decrease in thermal diffusivity values, an increase in maximum heat flow rate and thermal conductivity values were observed in mattress fabrics. In addition, it has been determined that there is a tendency towards improvement at certain rates in the mechanical properties of MFDM applied fabrics.

Key Words: PCM (Phase Changing Material), Microcapsule, Knitted Mattress Fabric, Thermal Camera, DSC (Differential Scanning Calorimeter), Coacervation Method

İÇİNDEKİLER

ISIL DÜZENLEME ÖZELLİĞİ İYİLEŞTİRİLMİŞ ÖRME YATAK KUMAŞLARININ GELİŞTİRİLMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK iii
ONAY iv
TEŞEKKÜR v
ÖZET vi
ABSTRACT viii
İÇİNDEKİLER x
KISALTMALAR VE SİMGELER xiii
TABLOLAR LİSTESİ xiv
ŞEKİLLER LİSTESİ xv
GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1.Uyku ve Uyku Evrelerinin Önemi 4
1.2. Örme Yatak Kumaşlarının Uyku Kalitesine ve Uyku Konforuna Etkisi 6
1.3. Faz Değiştiren Malzemeler 7
1.3.1. Faz Değiştiren Malzemelerin Genel Özellikleri 9
1.3.2. Faz Değiştiren Malzemelerin Isıl Düzenleme Etkinliği 10
1.3.3. Faz Değiştiren Malzemelerin Tekstil Sektöründe Uygulama Alanları 11
1.3.4. Faz Değiştiren Malzemelerin Mikrokapsüllenmesi 13
1.3.4.1. Faz Değiştiren Malzemelerin Mikrokapsülasyon Yöntemleri 13
1.3.4.1.1. Faz ayrımı (Koaservasyon) yöntemi 15

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Kullanılan Materyal ve Malzemeler 19
2.1.1. Faz Değiştiren Malzemeler 19
2.1.1.1. Hekzadekan 19
2.1.1.2. Heptadekan 20
2.1.1.3. Oktadekan 20
2.1.1.4. Polietilen Glikol (PEG-400, PEG-1000) 21

2.1.2. Mikrokapsülasyonda Kullanılan Duvar Maddeleri ve Yardımcı Kimyasallar 21
2.1.2.1. Arap zamkı 22
2.1.2.2. Tip B jelatin 22
2.1.2.3. Glutaraldehit 23
2.1.2.4. Sodyum dodesil sülfat 23
2.1.2.5. Sodyum karbonat 24
2.1.2.6. Asetik asit 24
2.1.2.7. Kalsiyum klorür 24
2.1.2.8. Sodyum aljinat 25
2.1.3. Çalışmada Kullanılan Ticari MFDM 25
2.2. Yöntem 26
2.2.1. FDM'lerin Mikrokapsüllenmesi 26
2.2.2. FDM'lerin Mikrokapsüllenmesinde Uygulanan Reçete 26
2.2.3. Mikrokapsüllenmiş FDM'lerin Uygulanması için Uygun Kumaş Tasarımı ve Konstrüksiyon Detaylarının Belirlenmesi 30
2.2.4. MFDM İçeren Banyonun Viskozitesinin Arttırılması 31
2.2.5. MFDM'lerin Kumaşa Aplikasyon İşlemleri 32
2.2.6. MFDM ve MFDM İçeren Kumaş Örneklerine Uygulanan Testler 33
2.2.6.1. Taramalı Elektron Mikroskobu (FE-SEM) 33
2.2.6.2. Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) 34
2.2.6.3. Termogravimetrik ve Diferansiyel Termal Analiz (TG/DTA) 34
2.2.6.4. Alambeta SENSORA Test Cihazı 35
2.2.6.5. Testo 865 Termal Kamera Test Cihazı 36
2.2.6.6. Kumaşlara Uygulanan Mekanik, Fiziksel ve Kimyasal Testler 36
2.2.6.6.1. Patlama Mukavemeti Test Cihazı 36
2.2.6.6.2. Aşındırma ve Pilling (Boncuklanma) Test Cihazı 37
2.2.6.6.3. Extansiometre Test Cihazı 37
2.2.6.6.4. Kalınlık, Boyutsal Değişim, Mikroskop Görüntüleri, pH Kontrolleri ve Fenolik Sararma Testleri 38

3. BÖLÜM

BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. MFDM Uygulanacak Kumaşlara Ait Alambeta Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi 39

3.2 MFDM Örneklerine Ait Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi..... 48

3.2.1 MFDM Örneklerine Ait Optik Mikroskop Görüntüleri ve Yorumlanması 48

3.2.2 MFDM Örneklerine Ait FE-SEM Analiz Görüntüleri ve Yorumlanması ..50

3.2.3 MFDM Örneklerine Ait DSC Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....50

3.2.4 MFDM Örneklerine Ait TG/DTA Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi 54

3.3 MFDM Uygulanan Kumaşlara Ait Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....57

3.3.1 MFDM Uygulanan Kumaşların Alambeta Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi 57

3.3.2 MFDM Uygulanan Kumaşların DSC Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi 58

3.3.3 MFDM Uygulanan Kumaşların Termal Kamera Görüntüleri ve Yorumlanması 62

3.3.3 MFDM Uygulanan Kumaşların Fiziksel, Mekanik ve Kimyasal Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi 76

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

KAYNAKLAR 80

ÖZGEÇMİŞ..... 86

KISALTMALAR VE SİMGELER

a	:Termal difüzivite
b	: Termal absorbtivite
DSC	: Diferansiyel taramalı kalorimetre
FDM	: Faz değiştiren malzeme
FE-SEM	: Taramalı Elektron Mikroskopu
MFDM	: Mikrokapsüllenmiş faz değiştiren malzeme
NREM	: Non rapid eye movement
PEG	: Polietilen glikol
pH	: Ortamdaki H+ ve OH iyonlarının yoğunluğu (-log[H+])
Qm	: Maksimum ısı akış oranı
r	: Termal direnç
REM	: Rapid eye movement
SDS	: Sodyum dodesil sülfat
TG/DTA	: Termogravimetrik ve Diferansiyel Termal Analiz
USKİM	: Üniversite-Sanayi-Kamu İşbirliği Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi
ΔH	: Entalpi
λ	: Termal iletkenlik

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Mikrokapsül üretim yöntemleri 14
Tablo 3.1. Numune havuzundaki yatak kumaşı örneklerine ait alambeta test sonuçları..... 39
Tablo 3.2. Kumaş örneklerinin termal karakteristiklerinin eksen olarak kullanıldığı çok eksenli grafiklerin alanları..... 43
Tablo 3.3. Regresyon modellerine ait katsayılar 44
Tablo 3.4. Çalışma kapsamında üretilen mfdm uygulanacak kumaşların alambeta test sonuçları 47
Tablo 3.5. 80644 numaralı kumaşın iplik dağılımı..... 47
Tablo 3.6. 80644 numaralı kumaşın örme teknik bilgileri..... 47
Tablo 3.7. 94086 numaralı kumaşın iplik dağılımı..... 48
Tablo 3.8. 94086 numaralı kumaşın örme teknik bilgileri..... 48
Tablo 3.9. 80644 numaralı kumaşın ısıl difüzivite ve maksimum ısı akış oranı ölçümleri..... 57
Tablo 3.10. 94086 numaralı kumaşın ısıl difüzivite ve maksimum ısı akış oranı ölçümleri..... 58
Tablo 3.11. 80644 numaralı kumaşların sıcak ortam şartlarından laboratuvar ortam şartlarına göstermiş olduğu termal kamera değişim ölçüm sonuçları..... 66
Tablo 3.12. 94086 numaralı kumaşların sıcak ortam şartlarından laboratuvar ortam şartlarına göstermiş olduğu termal kamera değişim ölçüm sonuçları..... 69
Tablo 3.13. 80644 numaralı kumaşların soğuk ortam şartlarından laboratuvar ortam şartlarına göstermiş olduğu termal kamera değişim ölçüm sonuçları..... 72
Tablo 3.14. 94086 numaralı kumaşların soğuk ortam şartlarından laboratuvar ortam şartlarına göstermiş olduğu termal kamera değişim ölçüm sonuçları..... 75
Tablo 3.15. 80644 numaralı kumaşın mekanik kumaş test sonuçları..... 76
Tablo 3.16. 94086 numaralı kumaşın mekanik kumaş test sonuçları..... 77

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Termal enerji depolama için kullanılan FDM'lerin sınıflandırılması 8
Şekil 1.2. FDM çalışma prensibi 9
Şekil 1.3. Mikrokapsül yapısına ait şematik gösterimi 14
Şekil 1.4. Kompleks koaservasyon yöntemi ile mikrokapsül üretimi 15
Şekil 2.1. n-hekzadekan kimyasal yapısı 20
Şekil 2.2. n-heptadekan kimyasal yapısı 20
Şekil 2.3. n-oktadekan kimyasal yapısı 21
Şekil 2.4. PEG kimyasal yapısı 21
Şekil 2.5. Arap zamkı 22
Şekil 2.6. Arap zamkı kimyasal yapısı 22
Şekil 2.7. Tip B jelatin 22
Şekil 2.8. Tip B jelatin kimyasal yapısı 23
Şekil 2.9. Glutaraldehit kimyasal yapısı 23
Şekil 2.10. Sodyum dodesil sülfat kimyasal yapısı 23
Şekil 2.11. Sodyum karbonat kimyasal yapısı 24
Şekil 2.12. Asetik asit kimyasal yapısı 24
Şekil 2.13. Kalsiyum Klorür kimyasal yapısı 25
Şekil 2.14. Sodyum aljinat kimyasal yapısı 25
Şekil 2.15. Mikrokapsül üretiminde reçetenin uygulama görselleri-1 28
Şekil 2.16. Mikrokapsül üretiminde reçetenin uygulama görselleri-2 29
Şekil 2.17. Mayer OVJA 1.6 60 sistem, 38 pus / 20 Fein Örme Makinesi 31
Şekil 2.18. Viskozite artırılması amacıyla uygulanan jelleşme ajanlarının görünümleri 32
Şekil 2.19. MFDM'lerin kumaşa aplikasyonu 33
Şekil 2.20. Diferansiyel taramalı kalorimetre cihazı 34
Şekil 2.21. Termogravimetrik ve diferansiyel termal analiz cihazı 35
Şekil 2.22. Alambeta cihazı 35
Şekil 2.23. Termal kamera test cihazı 36
Şekil 2.24. Patlama mukavemeti test cihazı 37
Şekil 2.25. Aşındırma ve boncuklanma (pilling) test cihazı 37
Şekil 2.26. Extansiometre test cihazı 38

Şekil 3.1. MFDM örnekleri ve ticari FDM'ye Ait Optik Mikroskop Görüntüleri 49
Şekil 3.2. Üretilen MFDM (a), ticari MFDM (b) ve her ikisinin karıştırıldığı MFDM (c)'lere ait 500X (üsttekiler) ve 2 KX(alttakiler) büyütmedeki FE-SEM görüntüleri. 50
Şekil 3.3. Hekzadekan içerikli mikrokapsüllerin DSC grafiği 51
Şekil 3.4. Hekzadekan + Peg1000 içerikli mikrokapsüllerin DSC grafiği 51
Şekil 3.5. Hekzadekan + Oktadekan içerikli mikrokapsüllerin DSC grafiği 52
Şekil 3.6. Oktadekan içerikli mikrokapsüllerin DSC grafiği 52
Şekil 3.7. Heptadekan içerikli mikrokapsüllerin DSC grafiği.... 53
Şekil 3.8. Peg 400 +Peg 1000 içerikli mikrokapsüllerin DSC grafiği 53
Şekil 3.9. Üretilen MFDM'ye ait TGA ve DTGA grafikleri 54
Şekil 3.10. Ticari MFDM'ye ait TGA ve DTGA grafikleri.... 55
Şekil 3.11. Ticari ve üretilen MFDM karışımlı TGA ve DTGA grafikleri.... 56
Şekil 3.12. 80644 numaralı kumaşın ticari MFDM DSC analiz grafiği 59
Şekil 3.13. 80644 numaralı kumaşın üretilen MFDM DSC analiz grafiği 59
Şekil 3.14. 80644 numaralı kumaşın üretilen + Ticari MFDM DSC analiz grafiği 60
Şekil 3.15. 94066 numaralı kumaşın ticari MFDM DSC analiz grafiği 60
Şekil 3.16. 94086 numaralı kumaşın üretilen MFDM DSC analiz grafiği 61
Şekil 3.17. 94066 numaralı kumaşın üretilen + ticari MFDM DSC analiz grafiği 61
Şekil 3.18. 80644 numaralı kumaşın laboratuvar şartlarında 24 saat kondisyonlanmış termal kamera değerleri 63
Şekil 3.19. 80644 numaralı kumaşın laboratuvar ortam şartlarında 1 dk bekletildikten sonraki termal kamera değerleri.... 64
Şekil 3.20. 80644 numaralı kumaşın laboratuvar ortam şartlarında 60 dk bekletildikten sonraki termal kamera değerleri.... 65
Şekil 3.21. 94086 numaralı kumaşın laboratuvar şartlarında 24 saat kondisyonlanmış termal kamera değerleri 67
Şekil 3.22. 94086 numaralı kumaşın laboratuvar ortam şartlarında 1 dk bekletildikten sonraki termal kamera değerleri.... 68
Şekil 3.23. 94086 numaralı kumaşın laboratuvar ortam şartlarında 60 dk bekletildikten sonraki termal kamera değerleri.... 69
Şekil 3.24. 80644 numaralı kumaşın (16 ± 2) °C kondisyonlanmış termal kamera değerleri 70

Şekil 3.25. 80644 numaralı kumaşın laboratuvar ortam şartlarında 1dk bekletildikten sonraki termal kamera değerleri 71
Şekil 3.26. 80644 numaralı kumaşın laboratuvar ortam şartlarında 60 dk bekletildikten sonra termal kamera değerleri 72
Şekil 3.27. 94086 numaralı kumaşın (16 ± 2) °C kondisyonlanmış termal kamera değerleri 73
Şekil 3.28. 94086 numaralı kumaşın laboratuvar ortam şartlarında 1dk bekletildikten sonra termal kamera değerleri 74
Şekil 3.29. 94086 numaralı kumaşın laboratuvar ortam şartlarında 60 dk bekletildikten sonra termal kamera değerleri 75

GİRİŞ

Uyku, merkezi sinir sistemi tarafından kontrol edilen, kişinin bilişsel, metabolik ve bağışıklık fonksiyonlarını güçlendiren kompleks biyolojik bir aktivitedir. Sosyal ve fiziksel aktivite düzeyi, çalışma ve öğrenme faaliyetlerinin başarısı, genel sağlık ve yaşam kalitesi üzerinde doğrudan etkili bir ihtiyaçtır. Uyku öncesi ve evresindeki relaksasyon; kişinin uykuya dalış süresi, uyku süresi, kısa süreli uyanma sayısı ve nihai olarak uyku kalitesi üzerinde doğrudan ektilidir. Uyku bozuklukluları üzerinde yapılan çalışmalar vücut sıcaklığındaki değişim ile uykuya dalış süresi ve REM (Rapid Eye Movement) / NREM (Non –Rapid Eye Movement) uyku evreleri arasında ilişki olduğunu göstermiştir. Vücut sıcaklığının uyku öncesi yükselmesi, uyku ortamına bağlı olarak soğuk veya sıcak uyarıcılara maruz kalması, kullanıcı ile yatak yüzeyi arasındaki ısıl etkileşim sonucunda vücut sıcaklığındaki değişimler uyku evrelerinin dağılımını etkilemektedir. Vücut sıcaklığındaki değişimin kontrol edilebilmesi (ısıl düzenleme), uyku kalitesini etkilediği gibi uyku süresince enerji düzenlenmesine yönelik beyin aktivitesinin azaltılmasını da sağlayarak aktif uyku süresini de arttırmaktadır. Uykuya dalış süresi öncesinde kullanıcının vücut sıcaklığındaki kaybın hızlandırılması NREM uyku olarak adlandırılan ilk uyku evresine geçişi kolaylaştırmaktadır. Öte yandan ideal oda sıcaklığında (19-21^{o}C) iken 31-35 ^{o}C olduğu öngörülen deri sıcaklığındaki dalgalanmalar uyku üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Bu nedenle uykunun ilk evresi (5-30dk) olarak nitelenen NREM uyku süresince deri mikroklimasında sıcaklık dalgalanmalarını önleyici / azaltıcı şekilde yatak kumaşına sıcaklık stabilitesi sunacak ısıl dengeleme / düzenleme etkinliğinin kazandırılması ve vücut sıcaklığındaki düşüşü hızlandırıcı (yüksek ısıl difüzivite ve maksimum ısı akış oranı değerlerine sahip) yatak kumaş kompozisyonlarının hazırlanması önemli hale gelmektedir.

Yaşam kalitesinin daha da ön plana çıktığı günümüzde insanların da bilinçlenmesiyle birlikte, yatak kumaşlarından beklenilen, rahatlık, sağlamlık, modaya uygunluk, tuşe,

estetik ve tasarımın yanı sıra kumaşların ısıl özellikleri ve vücut ile etkileşimleri de önemli hale gelmiştir. Bu amaçla, uygun liflerden üretilen kumaşlara uygulanan apre işlemleriyle birlikte yüksek konfor sağlayıcı yatakların üretimi son yıllardaki çalışmaların yeni odağı haline gelmiştir. Yapılan apre işlemleri ile vücudun ısı üretimi ve ısı kaybı arasında bir denge sağlanmaya çalışılmaktadır. Faz değiştiren malzemeler (FDM) ısıl düzenleme amacıyla birçok sektörde olduğu gibi yatak sektöründe de kullanılmaktadır. FDM'ler, yüksek ısı kapasiteleri ile faz değişimi sırasında termal enerjinin emilimini veya salınımını sağlayarak ısı transferini düzenlemektedirler. Vücudumuzun termo-ısısını düzenleyerek doğal bir mikro klima ortamı sağlamaktadır. FDM'lerin kullanımı ile daha yüksek nefes alınabilirliğe, daha yüksek hava geçirgenliğine ve daha yüksek termal ısı konforuna sahip tekstil ürünlerinin üretilmesine imkân sağlanmıştır. FDM'lerin ısı düzenleme etkinliği; FDM türü, FDM miktarı ve uygulama tasarımına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. FDM'ler, mikrokapsülleme yoluyla kullanılabilmektedirler. Mikrokapsüller, polimerik bir duvar yapısı içerisine çekirdek materyali olarak bir etken maddenin yerleştirilmesiyle üretilen nano, mikro veya makro boyutlu partiküllerdir. FDM'ler mikrokapsülün çekirdek materyalini oluşturmaktadır. Mikrokapsülasyon ile sıvı fazdaki FDM mikro boyutta paketlenebilmekte ve yapıdaki kalıcılık sağlanabilmektedir. Çekirdek-duvar malzemelerinin uyumluluğu mikrokapsülasyon işleminin verimliliği açısından önemlidir.

Tez kapsamında, bu temel bilgilerden hareketle örme yatak kumaşına kullanıcının vücuttan ortama doğru olan ısı transferini kontrol edecek ısıl düzenleme etkinliğinin kazandırılması amaçlanmıştır. Bu amaç için uygun faz değiştiren malzeme (FDM) çeşitleri ve uygun kumaş konstrüksiyon bileşenleri (iplik, örgü ve desen) belirlenmiştir. Çalışmada ilk olarak Küçükler Tekstil San. ve Tic. A.Ş. kumaş havuzundan seçilen örneklerden ısıl difüzivite ve maksimum ısı akış oranı ölçümleri alınarak ısıl düzenleme etkinlikleri (yüksek entalpi değeri ve ısıl difüzivite değerleri sergilemesi) değerlendirilmiştir. Bu ölçümlere göre en yüksek grafik alanlarını veren, termal difüzivite değeri az ve maksimum ısı akış oranı yüksek olan 80644 numaralı (%59 Polietilen- %41 Polyester kompozisyonlu) kumaş örneği MFDM uygulamaları için seçilmiştir. Ayrıca, MFDM uygulaması için havuzdaki kumaşların istatiksel termal ölçüm sonuçlarına göre %50 Viskon - %50 Polyester içerikli 3 iplik yöntemine dayanan kumaşlar tasarlanmıştır.

Çalışmanın ikinci kısmında iç faz olarak hekzadekan, heptadekan, oktadekan, polietilen glikol (PEG-400), polietilen glikol (PEG-1000) ve karışımlarının içeren mikrokapsülenmiş faz değiştiren malzemeler üretilmiştir. DSC analizi sonucuna bağlı olarak ideal sıcaklık ortamında aktivite sergileyen MFDM (Hekzadekan+Oktadekan) türü seçilmiştir. Üretilen MFDM havuzdan seçilen ve belirlenen konstrüksiyona göre üretilen örme kumaş numunelerine uygulanmıştır. Tez kapsamında üretilen MFDM'nin yanısıra ticari bir MFDM ve karışımları da kumaşlara aplike edilmiştir. Kumaşların ısıl düzenleme etkinlikleri Alembeta test cihazı, DSC ve termal kamera analizi ile değerlendirilmiştir. Ayrıca, kumaş örneklerine kalite kontrol değerlendirmesine göre sahip olması beklenen mekanik ve fiziksel özelliklerini tespit etmek için çeşitli testler uygulanmıştır.

Tez kapsamında yapılan termal ölçümlere göre ticari MFDM örnekleri ile tez kapsamında üretilen MFDM örneklerinin bir arada kullanımı sonucu en yüksek termal aktivite gözlenmiştir. Genel olarak, MFDM ilavesi ile yatak kumaşlarında termal difüzivite değerlerinde gerileme, maksimum ısı akış oranı ve termal iletkenlik değerlerinde ise artış görülmüştür. Termal kamera görüntülemeleri, MFDM varlığında yatak kumaşlarının gizli ısı depolayabildiğini gösterilmiştir. Üretilen MFDM uygulanan kumaşların aşınma dayanımı, patlama mukavemeti ve boncuklanma dayanımı ham kumaşlara göre artmış veya değişmemiştir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1.Uyku ve Uyku Evrelerinin Önemi

Uyku, düzenli olarak tekrarlanan bir fizyolojik süreçtir ve vücudun dinlenme ve iyileşme sürecidir. Merkezi sinir sistemi tarafından kontrol edilen, kişinin bilişsel, metabolik ve bağışıklık fonksiyonlarını güçlendiren kompleks biyolojik bir aktivitedir [1]. Fizyolojik etkilerinin yanı sıra çalışma ve öğrenme faaliyetlerinin başarısı, genel sağlık ve yaşam kalitesi üzerinde de doğrudan etkilidir. Bu nedenle uyku kalitesinin tanımı ve ölçülmesi ile insan fizyolojisi ve arasındaki ilişkinin belirlenmesi üzerine nörofizyolojik alanda yoğun çalışmalar yapılmaktadır [2]. Uyku öncesi ve evresindeki relaksasyon; kişinin uykuya dalış süresi, uyku süresi, kısa süreli uyanma sayısı ve nihai olarak uyku kalitesi üzerinde doğrudan ektilidir [3].

Uyku çok boyutlu bir işlem olup, aktif bir durumdur. Uyku evreleri, uyku sırasında vücut ve beyin üzerinde farklı etkileri olduğu için oldukça önemlidir. Her uyku evresi belirli işlevlere sahiptir ve uyku döngüsünün tamamı vücudun dinlenmesi, iyileşmesi ve yenilenmesi için gereklidir. Normal uykunun iki karakteristik evresi vardır. Hızlı göz hareketlerinin olmadığı uyku (NREM) ve hızlı göz hareketlerinin olduğu uyku (REM) olmak üzere iki temel evreden oluşur [4, 5].

1. NREM Uyku: Sessiz uyku, yavaş uyku olarak da ifade edilir. Uyku döngüsünün başlangıcında yer alır ve yaklaşık olarak %75-80 oranında uyku süresini kapsar. NREM uyku, dört farklı evreden oluşur:

Evre I: Uykunun hafif başlangıcıdır. Göz hareketleri yavaşlar ve kas aktivitesi azalır. Bu evrede uyanıklıkla uyku arasında bir geçiş dönemi yaşanır ve genellikle uyuyan kişi hala çevresinde olup bitenlere duyarlıdır. Vücut sıcaklığı ve solunum hızı azalır. Mental

işlemler evre-I de değişir, düşünceler uzun değildir ve kısa rüyalar görülebilir. Birçok kimse bu safhada subjektif olarak kendilerini uyanık hisseder.

Evre II: Bu evre NREM uyku sürecinin en uzun evresidir. Göz hareketleri durur ve beyin aktivitesi yavaşlar kaslar gevşer vücut sıcaklığı ve solunum hızı daha da düşer. Bu evrede uyuyan kişi, uykusunda daha derin bir aşamaya doğru ilerler ve çevresel uyarılara daha az duyarlı hale gelir. Gece uykusunun ortalama %40-50'si evre-II uykuda geçirilir.

Evre III: Derin uyku olarak da adlandırılan bu evrede, büyük ve yavaş delta dalgaları gözlenir. Uyuyan kişi, daha derin bir uykuya dalma eğilimindedir ve uyanmak daha zordur. Vücut iyileşme ve yenilenme sürecine girer.

Evre IV: Bu evre de derin uyku olarak adlandırılır ve önceki evrede gözlenen delta dalgalarının daha yoğun olduğu bir evredir. Kas aktivitesi düşük seviyededir ve uyanmak oldukça zordur. Bu evrede vücut, bağışıklık sistemi onarımı, büyüme hormonu salınımı ve hafıza konsolidasyonu gibi önemli işlevleri gerçekleştirir. Bu evre sırasında kişi uyandırılmaya çalışılırsa genel olarak bu durum uyuşukluk ya da hareketsizlikte (sleep inertia) artma ile sonuçlanır (uyanmadan hemen sonra görülen performans azalır) ve kişi bir konfüzyon tablosuna girer.

NREM uyku evreleri, bir uyku döngüsü boyunca tekrarlanır. Bir uyku döngüsü yaklaşık 90 ila 110 dakika sürer ve genellikle bir gece boyunca birkaç kez tekrarlanır. Uyku döngülerinin ilk yarısında daha çok derin uyku evreleri (3. ve 4. evreler) yer alırken, ikinci yarıda daha çok hafif uyku evreleri (1. ve 2. evreler) gözlenir. Bu uyku evreleri uyku kalitesini etkiler ve uyku sırasında vücudun dinlenme, iyileşme ve yeniden enerji kazanma süreçlerini yönetir.

2. REM Uyku: Hızlı göz hareketlerinin olduğu uyku ya da paradoksikal uyku olarak isimlendirilir. REM uykuda hızlı göz hareketleri ile birlikte diyafragma gibi önemli bazı iskelet kasları haricinde kas atonisi vardır. REM uyku bebeklerde 60 dakika erişkinlerde ise yaklaşık olarak 90 dakika aralarla NREM uyku ile değişim gösterir. Hızlı göz hareketleri uykunun bu safhasının tek karakteristiğidir. Bu evrede yüksek beyin aktivitesi söz konusudur, solunum düzensizdir, kalp vurum oranı artar, parlak canlı rüyalar görülebilir. REM uyku, beynin aktif olduğu ve rüyaların en yoğun görüldüğü evredir. Önemli bir uyku evresi olan REM uyku, zihinsel restorasyon, öğrenme, hafıza

konsolidasyonu ve duygusal denge için önemli bir rol oynar. Rüyaların yoğun olarak yaşandığı bu evrede, beyin belleği yeniden düzenler, duygusal deneyimleri işler ve öğrenilen bilgileri yerleştirir. REM uyku aynı zamanda beyin gelişimi ve büyüme içinde önemlidir. Bu evrede büyüme hormonları salgılanır ve sinirsel bağlantıların güçlendirilmesi gerçekleşir.

Uyku evreleri döngüsü, bir gece boyunca tekrarlanır ve bu döngülerin tamamının yaşanması sağlıklı bir uyku için önemlidir. Her evrenin kendisine özgü işlevleri vardır ve vücudun sağlığını korumasına ve işlevselliğini sürdürmesine yardımcı olur. Uyku süresince, bu evrelerin sıralı olarak tekrar etmesi vücudun fiziksel ve zihinsel restorasyonunu sağlar [3].

Vücut sıcaklığının uyku öncesi yükselmesi, uyku ortamına bağlı olarak soğuk veya sıcak uyarıcılara maruz kalması, kullanıcı ile yatak yüzeyi arasındaki ısıl etkileşim sonucunda vücut sıcaklığındaki değişimler uyku evrelerinin dağılımını etkilemektedir. Vücut sıcaklığındaki değişimin kontrol edilebilmesi (ısıl düzenleme), uyku kalitesini etkilediği gibi uyku süresince enerji düzenlenmesine yönelik beyin aktivitesinin azaltılmasını da sağlayarak aktif uyku süresini de arttırmaktadır. Öte yandan Dünya Sağlık Örgütü, konfor açısından oturma odalarının ortam sıcaklığının 21^{o}C, diğer odaların ise 18 ^{o}C derece olarak ayarlanmasını önermektedir [6].

1.2. Örme Yatak Kumaşlarının Uyku Kalitesine ve Uyku Konforuna Etkisi

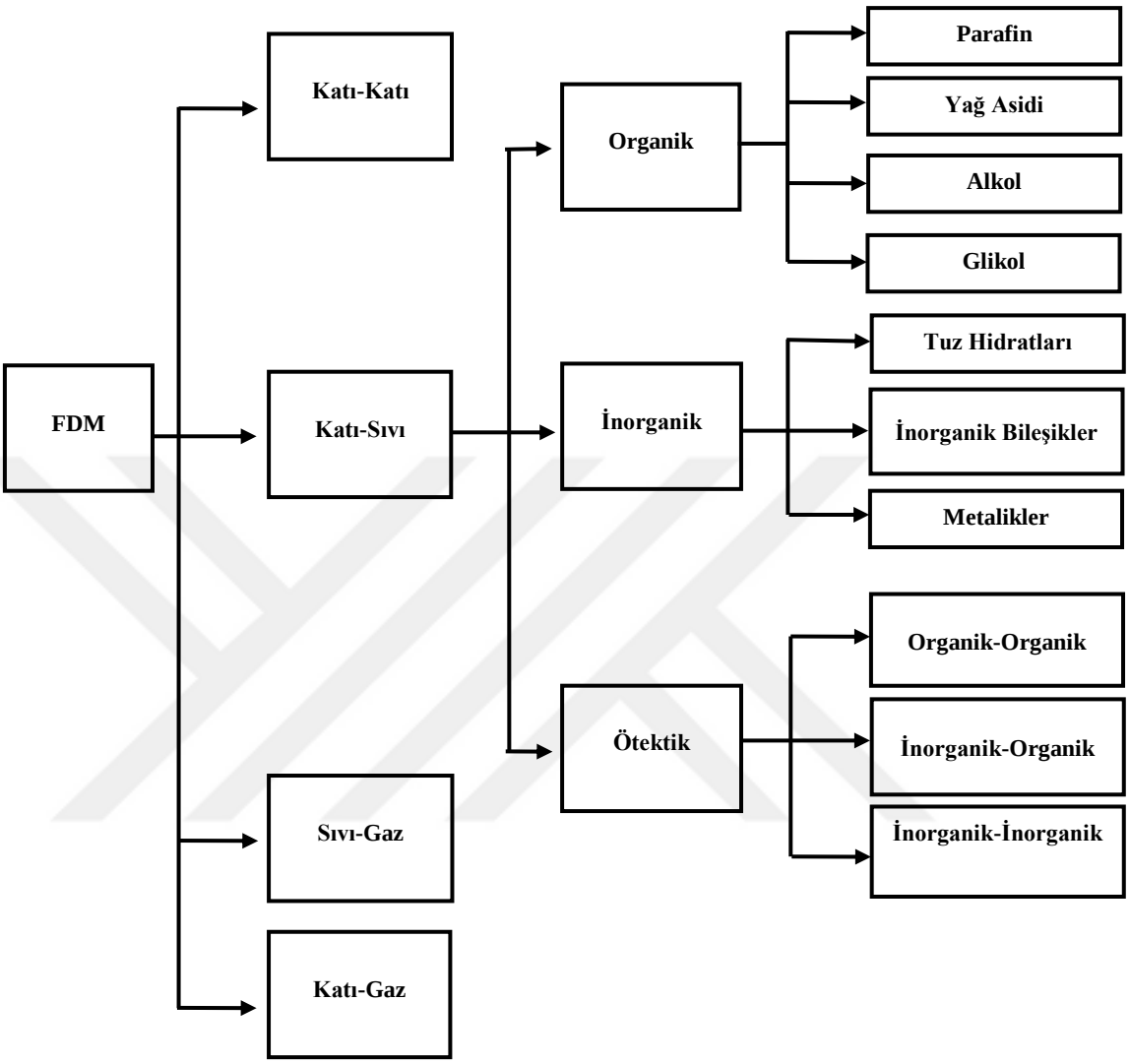
Uyku kalitesini yaş, cinsiyet, stres, korku, beslenme durumu, endişe, ilaç kullanımı, kötü alışkanlıklar, teknoloji kullanımı gibi birçok faktör etkilemektedir [1]. Uyku kalitesine etkileyen önemli bir diğer faktör uyku ortamıdır. Uyku ortamı içerisinde insan vücudu ile doğrudan temas halinde olan yatak ve yatak kumaşı uyku kalitesi ve dolayısıyla sağlıklı yaşam için oldukça önem teşkil etmektedir. Tekstil teknolojisindeki gelişmelerle ve yaşam kalitesinin daha da ön plana çıktığı günümüzde insanların da bilinçlenmesiyle birlikte, yatak kumaşlarından beklenilen sağlamlık, modaya uygunluk, tuşe, estetik ve tasarımın yanı sıra, kişinin kendini rahat ve konforlu hissetmesi, kumaşların ısıl özellikleri ve vücut ile etkileşimleri de önemli bir hale gelmiştir. Bu amaçla, kumaşın materyali olan liflerin birbirine göre üstün özelliklerinin incelenmesi, yaşam koşullarına en uygun liften ve kumaşa uygulanan apre işlemleriyle birlikte entegre edilen kumaş seçimleri büyük bir önem kazanmıştır [7].

Uyku kalitesi için uygun bir ortam sıcaklığı önemlidir. Serin bir uyku ortamı sağlamak, uyku başlatma sürecini kolaylaştırabilir, derin uyku evresini iyileştirebilir ve uyandırmaları azaltabilir. Vücudumuzun uyku düzenini ve kalitesini düzenlemek için gerekli belirli bir sıcaklık aralığına ihtiyacı vardır. İdeal bir uyku ortamı sağlandığında vücut rahatlar ve uyku derinleşir. Uyku sırasında vücut ısısı düşer ve uyku derinliği artar. Ancak, aşırı sıcak veya soğuk bir ortamda uyumak, derinliğini etkileyebilir ve hafif uyku dönemlerine yol açabilir. Bu da uyku kalitesini olumsuz yönde etkileyebilir ve uyanıklık hissiyle sonuçlanabilir. Bu nedenle, yatak kumaşlarında konfor rahatlığın yanında vücudun ısı üretimi ve ısı kaybı arasında bir denge olmalıdır. Bu denge bozulduğu taktirde, vücudun ısısı değişiklikler meydana gelir. Dolayısıyla yatak tekstilleri alanında uyku kalitesini arttırmaya yönelik çalışmalardan biri de uyku esnasındaki ısıl dengeyi artırıcı kumaşların tasarımıdır. Ancak konfor tamamen subjektif bir duygu olmayıp vücuttaki fizyolojik süreçlere de bağlıdır [5]. Bunun temel nedeni alışkanlıkların, fizyolojinin, kişisel tercihlerin ve ihtiyaçların farklılık göstermesidir.

Hali hazırda yatak sektöründe dokuma ve örme olmak üzere farklı iplik ve örgü tiplerine sahip çok çeşitli kumaşlar kullanılmaktadır. Örme kumaşlar ilmek yapısı gereği hava akımına izin vererek ısıl dengenin sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Konfor açısından iyi tasarlanmış örme yatak kumaşlar ile daha iyi bir uyku deneyimi sağlanarak, uyku kalitesi artırabilmektedir. Örme yatak kumaşlarında kumaş kompozisyonu, kumaşın gramajı, ilmek ve may sıklığı, kumaş kalınlığı, desen yapısı gibi parametreler termal direnç, hava geçirgenliği, termal absorbtivite, ısıl iletkenliği, su buharı geçirgenliği gibi konfor ile ilgili faktörleri etkilemektedir [8].

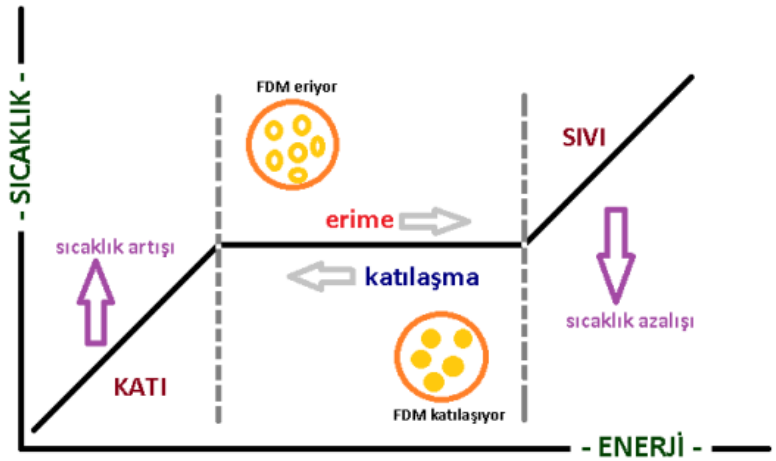
1.3. Faz Değiştiren Malzemeler

Faz değiştiren maddeler (FDM), faz değişimi esnasında yüksek miktarda ısı depolama veya depoladığı ısıyı salınım yapabilme özelliğine sahip maddelerdir. Organik katı-sıvı faz değiştiren malzemeler arasında parafin, alkil esterler ve asitler, polietilen glikol ve türevleri bulunur [6]. En yaygın kullanılan faz değiştiren malzemeler: heptadekan, oktadekan, hekzadekan, polietilen glikol (PEG) gibi çeşitli parafinlerdir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Termal enerji depolama için kullanılan FDM'lerin sınıflandırılması [9]

Faz değiştiren malzemeler, kumaş içerisindeki sıcaklığı, dış ortam sıcaklıklarına göre ayarlama yeteneğine sahiptirler. Vücut sıcaklığı yükseldiğinde vücut ısısını alıp serinletir, vücut sıcaklığı düştüğünde de vücut ısısını geri verir. Böylece sıcaklık değişimini düzenleyerek uyku konforu sağlar. Örneğin FDM'ler katı halde sıcaklık artışıyla erir ve bu erime sırasında enerji depolar, sıcaklık azaldığında katılaşırken depoladığı enerjiyi ortama geri verirler. FDM'lerin çalışma prensibi (Şekil 1.2) verilmiştir.



Şekil 1.2. FDM çalışma prensibi [10]

1.3.1. Faz Değiştiren Malzemelerin Genel Özellikleri

Faz değiştiren malzemeler; enerji tasarrufu sağlamak, sıcaklık dalgalanmalarını düzenlemek ve termal konforu arttırmak gibi birtakım avantajlar sunmaktadır [11].

Termal enerji depolama: Faz değiştiren malzemeler, termal enerjiyi depolama kapasitesine sahiptir. Bu malzemeler, ısının emilmesi veya salınması sırasında faz değişikliği yaparak enerjiyi depolar veya serbest bırakır. Bu özellik, enerji tasarrufu sağlamak veya sıcaklık dalgalanmalarını düzenlemek için kullanılabilir.

Belirli sıcaklık aralığı: Faz değiştiren malzemeler, belirli bir sıcaklık aralığında faz değişikliği yaparlar. Bu sıcaklık aralığı, malzemenin özelliklerine ve bileşimine bağlı olarak değişebilir. Örneğin, su 0°C (32°F) ve 100°C (212°F) arasında faz değişikliği yapar.

Yüksek ısı depolama kapasitesi: Faz değiştiren malzemeler, yüksek ısı depolama kapasitesine sahiptir. Bu malzemeler, kütle başına büyük miktarda ısıyı depolayabilirler. Bu özellik, enerji verimliliği sağlamak için kullanıldığında önemli bir avantaj sağlar.

Isı transferi kontrolü: Faz değiştiren malzemeler, ısı transferini kontrol etmekte kullanılabilir. Malzeme, faz değişikliği sırasında ısıyı emerek veya serbest bırakarak sıcaklık değişikliklerini yavaşlatabilir veya düzenleyebilir. Bu, sıcaklık dalgalanmalarını düzenlemek veya enerji verimliliğini artırmak için kullanılan bir özelliktir.

Geniş uygulama alanı: Faz değiştiren malzemeler, birçok farklı alanda kullanılabilir. Binalarda enerji verimliliğini artırmak, güneş enerjisini toplamak, soğutma sistemlerinde kullanmak, tekstil ürünlerinde termal konfor sağlamak gibi birçok uygulama için idealdir.

Isıyı depolayabilen ve serbest bırakabilen malzemeler olan faz değiştiren malzemeler enerji tasarrufu sağlamada, sıcaklık değişimlerini düzenlemede ve konfor düzeyini arttırmada birtakım avantajlar sağlamaktadırlar [12].

1.3.2. Faz Değiştiren Malzemelerin Isıl Düzenleme Etkinliği

Faz değiştiren maddeler, ısıl enerjinin gizli ısı olarak depolanabilmesine olanak sağlayan, sıvıdan katıya ya da katıdan sıvıya faz değişimi esnasında büyük miktarda ısının depolanmasına veya salınmasına izin veren yeni nesil enerji depolama malzemeleridir [3]. Sıvı haldeyken faz değiştiren bir faz değiştiren bir FDM, ısıtıldığında çevreden ısı alır ve bu sırada erime enerjisi emer. Tamamen katı hale geçerken ise depoladığı bu enerjiyi geri verir [13]. FDM'ler ısıl düzenleme için kullanıldığı zaman birçok sektörde faydalı olabilir.

FDM'lerin ısı düzenleme etkinliği, aşağıdaki faktörlere bağlı olarak değişebilir:

FDM türü: Farklı FDM türleri, farklı sıcaklık aralıklarında faz değişikliği yapar ve bu nedenle farklı uygulamalarda kullanılırlar. Örneğin, erime noktası 0°C olan bir FDM, donma noktasından daha düşük sıcaklıklarda soğutma uygulamalarında etkili olabilir.

FDM miktarı: FDM'nin hacmi veya kütlesi, ısı depolama ve salma kapasitesini belirler. Daha fazla FDM miktarı, daha fazla enerji depolama ve daha uzun süre ısı düzenlemesi sağlayabilir.

Uygulama tasarımı: FDM'nin kullanıldığı uygulamanın tasarımı, ısı transferini etkileyebilir. Verimli bir ısı transferi sağlamak için iyi bir termal temas, uygun izolasyon ve ısı dağılımı önemlidir [14].

FDM'lerin ısı düzenleme etkinliği, ısı yönetimi, enerji tasarrufu ve termal konfor sağlama gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bunlar arasında binaların enerji verimliliği, güneş enerjisi sistemleri, otomotiv uygulamaları, tıbbi cihazlar ve elektronik cihazlar

bulunabilir. Ancak, spesifik bir uygulama için FDM'nin etkinliği, tasarım ve kullanım koşullarına bağlı olarak değerlendirilmelidir.

Son yıllarda FDM'ler, sıcaklık düzenleyici akıllı tekstil ürünlerinde teknikler geliştirilmiştir. Termal ve mekanik kararlılık ve yıkama dayanımları bu malzemelerin kullanım alanlarını ve performansını belirleyen kritik faktörlerdir. Teknolojik ilerlemeler, bu özellikleri geliştirmek içim çeşitli yöntemler sunmaktadır ve akıllı tekstil ürünleri gibi uygulamalarda daha dayanıklı ve kararlı faz değiştiren malzemeleri kullanmak kullanıcının konfor seviyesini arttırmaktadır [15].

REM uykusu, vücut sıcaklığının düşmesiyle sağlanmaktadır. Vücut sıcaklığındaki dalgalanmalar uyku kalitesini olumsuz etkilemektedir. Uyku süresince vücut sıcaklığının korunması (termolagülasyon) uyku kalitesine etki olumlu etki etmektedir [16]. FDM'ler uyku ortamını yani yatak kumaşının termal kapasitesini olumlu yönde etkilemektedir. Termal kapasite sahip yataklarda yatan kişilerde uyku kalitesinin arttığı raporlanmıştır. [17]. Örme yatak kumaşına kullanıcının vücuttan ortama doğru olan ısı transferini kontrol edecek ısıl düzenleme etkinliğinin kazandırılması, faz değiştiren malzemelerle mümkündür.

1.3.3. Faz Değiştiren Malzemelerin Tekstil Sektöründe Uygulama Alanları

Belirli bir sıcaklık aralığında faz değiştiren malzemeler gizli ısı emme ve salma özelliklerine sahiptirler. Bu özellikleri sebebiyle tekstilin birçok farklı alanın da kullanılmaktadırlar. Faz değiştiren malzemelerin, tekstil ürünleri ile kombine edilerek, yüksek miktarda faz değiştiren maddenin kullanımına imkân sağlanmış, etkisini uzun süre devam ettirebilen akıllı tekstil ürünlerinin üretimi gerçekleşmiştir [12].

FDM'ler, vücudumuz için uygun olmayan fiziksel şartlara karşı bir kalkan görevi görür. Vücudumuzun termo ısısını düzenleyerek doğal bir mikro klima ortamı sağlar ve bizim için olması gereken konfor ihtiyacımız karşılar. Faz değiştiren malzemelerin kullanımı ile daha fazla nefes alınabilirlik, daha fazla hava geçirgenliği ve daha fazla termal ısı konforu gibi tekstil ürünlerinin üretilmesine imkân sağlamıştır.

Faz değiştiren malzemeler sünger malzemelerine, lif çekimi esnasında liflere, kumaş da kaplama yöntemiyle ya da fularda kumaşlara aplike edilerek tekstilin birçok alanında

kullanılmaktadır [7]. Faz değiştiren malzemeler (FDM'ler), tekstil alanında çeşitli uygulama özellikleri sunar. Bunlar;

Isı yönetimi: FDM'ler, vücut ısısını yönetmek için kullanılabilir. Giysilerde veya yataklarda kullanıldığında, FDM'ler vücut sıcaklığını kontrol etmek ve rahat bir ortam sağlamak için ısıyı emer veya serbest bırakır. Bu, kişinin terleme veya üşüme gibi sıcaklık dalgalanmalarına tepki vermeden daha istikrarlı bir sıcaklıkta kalmasına yardımcı olur [18].

Konfor sağlama: FDM'ler, giyimde veya tekstil ürünlerinde kullanıldığında konfor sağlar. Örneğin, FDM'ler, spor giysilerinde veya dış giyimde kullanılarak, kullanıcıyı aşırı sıcaklık değişikliklerine karşı korur ve terlemeyi azaltır [19]. Ayrıca, FDM'ler, yataklarda kullanılarak, yataktaki sıcaklık dalgalanmalarını azaltarak daha rahat bir uyku sağlar [20].

Enerji tasarrufu: FDM'ler, enerji tasarrufu sağlamak için tekstil ürünlerinde kullanılabilir. Örneğin, binalarda kullanılan dış kaplamalarda veya perdelere entegre edilen FDM'ler, iç ortam sıcaklığını düzenlemek ve enerji tüketimini azaltmak için kullanılabilir. Bu sayede, ısıtma ve soğutma maliyetlerinde önemli bir azalma sağlanabilir [21].

Spor performansı: FDM'ler, spor giyiminde kullanıldığında performans artışı sağlayabilir. Özellikle, yoğun egzersiz sırasında terleme sonucu oluşan aşırı ısınmayı engellemek için kullanılabilir. FDM'ler, vücut sıcaklığını düzenler ve sporcuların daha uzun süre daha rahat ve serin kalmasına yardımcı olur [19].

Tıbbi uygulamalar: FDM'ler, tıbbi alanlarda da kullanılabilir. Örneğin, soğutma yastıklarında veya yara bakım ürünlerinde kullanılarak, yaraların iyileşmesini hızlandırmak veya rahatsızlık hissini azaltmak için kullanılabilir. Ayrıca, vücut sıcaklığını düzenlemek için tıbbi giysilerde de kullanılabilir.

Bu özellikler, FDM'lerin tekstil alanında çeşitli uygulamalara sahip olduğunu göstermektedir. FDM'ler, konfor, enerji tasarrufu, performans ve sağlık gibi alanlarda tekstil ürünlerinin işlevselliğini artırabilir [12].

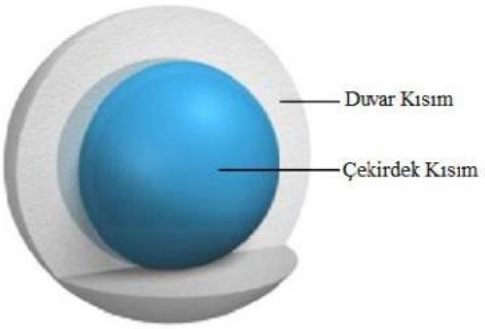
1.3.4. Faz Değiştiren Malzemelerin Mikrokapsüllenmesi

FDM'ler ısı depolama malzemelerine kıyasla önemli ölçüde daha yüksek termal enerji depolama yoğunluklarına sahip olan ve bir faz değişikliğine uğrayarak sabit bir sıcaklıkta büyük miktarda enerji emebilen veya serbest bırakabilen enerji depolama malzemeleridir [11]. FDM mikrokapsülasyonunda, faz değiştirme malzemesi küçük mikrokapsüller içerisine hapsedilir. Bu mikrokapsüller daha sonra tekstil ürünlerine veya diğer malzemelerle entegre edilebilir. FDM'lerin mikrokapsüller içinde hapsedilmesi, malzemenin istenilen sıcaklık aralığında termal enerji emmesini veya salmasını sağlar. Örneğin, örme yatak kumaşlarında kullanılan FDM mikrokapsüller, vücut sıcaklığı arttığında faz değiştirme gerçekleştirerek faz değişimi sırasında ısıyı emebilir ve kullanıcının terlemesini azaltabilir. Tam tersi durumda, vücut sıcaklığı düştüğünde FDM'ler tekrar katı hale dönerek bu sefer bir miktar ısıyı kullanıcıya geri verebilir.

FDM mikrokapsülasyonu, tekstil endüstrisinde özellikle akıllı tekstil ürünlerinde sıcaklık düzenlemesi için yaygın olarak kullanılan bir teknolojidir. Mikrokapsüllerin küçük boyutu, tekstil ürünlerine kolayca entegre edilebilmesini sağlar ve malzemenin termal özelliklerini geliştirir. Ayrıca, FDM mikrokapsülleri dayanıklı ve yıkamaya dayanıklı olacak şekilde tasarlanabilir, böylece tekstil ürünleri düzenli yıkama işlemlerine dayanabilir [22]. FDM mikrokapsülasyonu, tekstil ürünlerinin konforunu artırırken enerji tüketimini azaltabilen ve kullanıcılara daha iyi bir deneyim sunabilen yenilikçi bir teknolojidir [23].

1.3.4.1. Faz Değiştiren Malzemelerin Mikrokapsülasyon Yöntemleri

Tekstil ürünlerine fonksiyonel özellikler kazandırmada birçok teknik kullanılmaktadır. Bitim işlemleri ile fonksiyonel özelliklerin kazandırılması birçok araştırmacı için en alternatif yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Bu amaçla kullanılan yeni yöntemlerden biri olan mikrokapsülasyon yöntemi çeşitli uygulama alanları ile dikkat çekmektedir. Mikrokapsüller, katı, sıvı veya gaz formundaki bir çekirdeğin kabukla kaplanması sonucu oluşan yapılardır. Mikrokapsüllerin şematik gösterimi Şekil 1.3 de verilmiştir.



Şekil 1.3. Mikrokapsül yapısına ait şematik gösterimi [24]

Tablo 1.1. Mikrokapsül üretim yöntemleri [24]

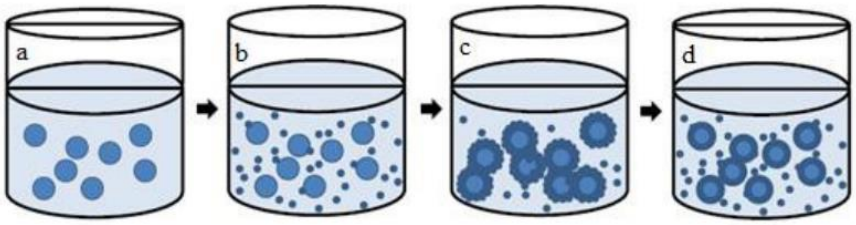
Kimyasal Yöntemler	**Fiziksel Yöntemler**	
	Fiziko Kimyasal	**Fiziko Mekanik**
• Süspansiyon polimerizasyonu • Emülsiyon polimerizasyonu • Dispersiyon polimerizasyonu • Ara yüzey polikondenzasyonu • In-situ polimerizasyonu	• Kompleks koaservasyon yöntemi • Süperkritik akışkan yöntemi • Fotoelektrolit çok tabaka yöntemi	• Sprey kurutma • Santrifuj yöntemi • Akışkan yatak yöntemi • Elektrostatik yöntem • Sıcak eriyik yöntemi • Soğutarak kurutma

Mikrokapsül üretim yöntemleri fiziksel ve kimyasal olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Tablo 1.1'de, mikrokapsül üretiminde kullanılan yöntemler verilmiştir. Kompleks koaservasyon metodu bir faz ayırım metodu olup kabuk / dış fazı oluşturan anyonik ve katyonik karakterli iki polimerin çözeltilerinin karıştırılıp uygun bir pH değerinde (iki polimerin de iyonik karakterli olduğu pH değeri) polimerlerin faz ayırımı sergilemesi esasına dayanır. Kompleks koaservasyon uzun süreli ancak mikrokapsül oluşturma verimi yüksek bir metottur [25]. Bu çalışmada kompleks koaservasyon yöntemine göre FDM mikrokapsülasyon işlemi yapılmış ve detaylı olarak anlatılmıştır.

1.3.4.1.1. Faz ayrımı (Koaservasyon) yöntemi

Koaservasyon yöntemi, iki veya daha fazla maddenin belirli koşullar altında bir araya gelerek kapsüller oluşturduğu bir mikrokapsülleme yöntemidir. Bu yöntemde, iki faz arasında belirli bir uyumsuzluk yaratılarak, bir fazın diğer faz içinde yoğunlaşması sağlanır [26].

Faz ayrımı koaservasyon yöntemi, genellikle emülsiyon yöntemi ile birleştirilerek kullanılır. İlk aşamada, içerisinde istenen maddeyi içeren bir çözelti ve dağıtıcı fazın bir araya getirilmesiyle bir emülsiyon oluşturulur. Genellikle protein, polimer veya jelatin gibi bir koaservan madde çözeltisi kullanılır. Ardından, uygun pH, iyonik kuvvet veya sıcaklık koşulları sağlanarak faz ayrımı gerçekleşir ve koaservasyon oluşur. Bu süreç sonucunda, koaservan maddenin çözeltisi kolloidal bir yapıya dönüşür, kapsül oluşumu gerçekleşir ve içerisindeki madde kapsülün içine hapsolur [25, 27].



Şekil 1.4. Kompleks koaservasyon yöntemi ile mikrokapsül üretimi (a: Emülsiyon oluşum aşaması, b: Zıt yüklü polimerlerin kompleks oluşturması, c: Polimerlerin çekirdek madde yüzeyinde toplanması, d: Mikrokapsüllerin stabilizasyonu) [27].

Faz ayrımı koaservasyon yöntemi, ilaç dağıtım sistemleri, koku kapsülleri, mikrokapsül edilmiş aroma ve tat vericileri gibi çeşitli uygulamalarda da kullanılır. Bu yöntem, kapsül içindeki maddeyi koruma, kontrolle serbest bırakma veya istenen özellikleri sağlama amacıyla kullanılan etkili bir mikrokapsülleme yöntemidir. Koaservasyon yöntemi, basit ve kompleks olmak üzere iki farklı şekilde uygulanabilir. Her iki yöntemin özellikleri aşağıda verilmiştir.

Basit Koaservasyon Yöntemi: Bu yöntemde, iki ana bileşen olan çözünen (suyun içinde çözünen) ve koaservan (çözünmeyen) maddeler kullanılır. Basit koaservasyon, koaservan maddenin çözünen maddeyle bir araya gelerek kapsüllerin oluşmasını sağlamak için

kullanılır. Bu yöntemde, koaservan maddenin çözünen maddeye eklendiği ortamda belirli koşullar oluşturulur (örneğin, pH, tuz konsantrasyonu, sıcaklık vb.), böylece koaservan madde çözünen maddeyle birleşerek kapsüller oluşturur. Basit koaservasyon yöntemi genellikle proteinler, jelatinler veya polimerler gibi koaservan maddelerin kullanıldığı mikrokapsülasyon işlemlerinde kullanılır [26].

Kompleks Koaservasyon Yöntemi: Bu yöntemde, üç veya daha fazla bileşenin kullanıldığı daha karmaşık bir süreç vardır. Bu bileşenler arasında çözünen madde, primer koaservan madde ve yardımcı koaservan madde bulunabilir. Kompleks koaservasyon yönteminde, primer koaservan madde çözünen maddeyle etkileşime girerek koaservan oluşturur. Ardından, yardımcı koaservan madde eklenir ve ikinci bir ayrılma veya birleşme reaksiyonu gerçekleşir. Bu reaksiyon sonucunda kapsüller oluşur. Kompleks koaservasyon yöntemi, çeşitli bileşenlerin etkileşimini kontrol etmek ve daha karmaşık kapsül yapısına sahip olmak için kullanılır (Şekil 1.4).

Her iki yöntem de mikrokapsülasyon süreçlerinde kullanılan koaservasyon yöntemleridir. Seçilen yöntem, kullanılan bileşenlerin özelliklerine, hedeflenen kapsül yapısına ve uygulama gereksinimlerine bağlı olarak değişebilir [26]. Koaservasyon yöntemiyle mikrokapsül eldesinde bazı işlem adımları vardır [15]. Bunlar aşağıda anlatılmıştır. Bu safhalar, genel bir mikrokapsülasyon sürecini temsil etmektedir. Ancak, uygulanan yönteme ve kullanılan bileşenlere bağlı olarak bazı farklılıklar olabilir.

1. **Malzeme seçimi:** İlk adım, hedeflenen madde veya bileşiği içeren çözünen maddenin seçimidir.
2. **Koaservan maddelerin seçimi:** Koaservasyon için kullanılacak koaservan maddelerin seçimi yapılır. Koaservan maddeler, çözünen maddelerle etkileşime girerek kapsül oluşturacak çözünmeyen bir faz oluşturmalıdır. Genellikle proteinler (jelatin gibi), polimerler (pektin gibi) veya diğer koaservan maddeler kullanılır. Koaservan maddelerin özellikleri, çözünen maddeyle uyumlu olmalıdır.
3. **Karıştırma ve kararlılık koşullarının sağlanması:** Çözünen madde ve koaservan maddeler bir çözelti halinde hazırlanır. Karıştırma işlemi, homojen bir karışım elde etmek için yapılır. Ayrıca, kapsül oluşumunu sağlamak için uygun

kararlılık koşulları sağlanmalıdır. Bu koşullar, pH, tuz konsantrasyonu, sıcaklık ve diğer parametrelerin kontrolünü içerebilir.

4. **Kapsül oluşumu:** Koaservan maddelerin çözünen maddeyle etkileşime girmesi sonucunda kapsül oluşumu gerçekleşir. Bu adımda, koaservan maddelerin çözünen maddeyle birleşmesi ve kapsül formasyonunu sağlaması için uygun koşullar sağlanır. Faz ayrımı meydana gelir ve kapsüller oluşur.
5. **Kapsül sabitleme ve ayrıştırma:** Oluşan kapsüllerin sabitleme işlemi gerçekleştirilir. Bu adımda, kapsüllerin yapılarını korumak için uygun bir sabitleyici (çapraz bağlayıcı) kullanılabilir. Ayrıca, kapsüllerin çözeltiden ayrıştırılması için uygun bir yöntem (örneğin, süzme, yıkama) uygulanır.
6. **Kurutma veya stabilizasyon:** Elde edilen kapsüllerin stabilizasyonu veya kurutulması işlemi yapılır. Bu, kapsüllerin kullanıma uygun hale getirilmesini sağlar. Kurutma işlemi, kapsüllerin toz veya granül formunda saklanmasını ve daha uzun bir raf ömrüne sahip olmasını sağlar.

Koaservasyon yöntemiyle mikrokapsül eldesi, çeşitli avantajlara sahiptir. Bu avantajlar:

1. **Basit ve uygulanması kolay:** Koaservasyon yöntemi, diğer mikrokapsülasyon yöntemlerine göre daha basit ve uygulanması kolay bir süreçtir. Genellikle birkaç basit adımdan oluşur ve endüstriyel ölçekte uygulanabilir.
2. **Geniş madde yelpazesi:** Koaservasyon yöntemi, çeşitli maddelerin mikrokapsülasyonunu sağlayabilir. İlaçlar, aroma ve tat vericileri, kozmetik aktifleri, tarım ilaçları gibi farklı uygulamalarda kullanılan birçok bileşiği içeren kapsüller üretilebilir.
3. **Kapsül yapısının kontrolü:** Koaservasyon yöntemi, kapsül yapısı üzerinde kontrol sağlamak için kullanılabilir. Malzeme seçimi, koaservan maddelerin özellikleri ve kararlılık koşulları gibi faktörler optimize edilerek, istenen kapsül özellikleri elde edilebilir. Kapsül duvarının kalınlığı, maddelerin salınım hızı, stabilite gibi faktörler kontrol edilebilir.
4. **Korumalı taşıma:** Mikrokapsüller, içerdikleri maddenin korunmasını sağlar. Dış etkenlerden (ışık, oksijen, nem) kaynaklanan bozulmaya karşı koruma sağlarlar. Bu, ilaçlar veya duyarlı maddeler gibi hassas bileşenlerin stabilitesini artırabilir ve daha uzun bir raf ömrü sağlayabilir.

5. **Kontrollü salınım:** Koaservasyon yöntemiyle elde edilen mikrokapsüller, kontrollü salınım sağlayabilir. Kapsül yapısı ve duvar kalınlığı optimize edilerek, içerideki madde kontrol altında serbest bırakılabilir. Bu, ilaçların zamanla yayılmasını, koku ve tat vericilerinin uzun süreli etkisini veya tarım ilaçlarının yavaş salınımını sağlayabilir.
6. **Çoklu bileşen kapsülasyonu:** Koaservasyon yöntemi, çoklu bileşen kapsülasyonu için kullanılabilir. Çeşitli maddelerin aynı kapsül içinde birleştirilmesine olanak tanır. Bu, sinerjik etkiler veya farklı bileşenlerin bir araya getirilmesiyle daha etkili ürünlerin elde edilmesini sağlar [15].

Bu avantajlar, koaservasyon yöntemini mikrokapsül eldesi için tercih edilen bir yöntem haline getirmektedir. Ancak, her uygulama için en uygun yöntem, kullanılan maddelerin özelliklerine ve gereksinimlere bağlı olarak belirlenmelidir.

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma ısıl düzenleme özelliği iyileştirilmiş örme yatak kumaşlarının geliştirilmesi için çeşitli FDM içeren mikrokapsül üretimi ve mikrokapsüllerin koaservasyon yöntemi ile kumaşa aktarılması aşamalarından oluşmaktadır.

Örme yatak kumaşların üretimi, apre bitim işlemleri ve kumaş mekanik testleri Küçükler Tekstil San. ve Tic. A.Ş.' de gerçekleştirilmiştir. Diğer kumaş testleri ise Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi (USKİM), Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (TAUM), Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü ve Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir.

2.1. Kullanılan Materyal ve Malzemeler

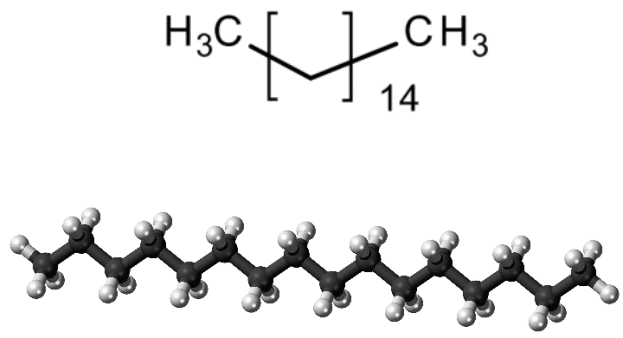
2.1.1. Faz Değiştiren Malzemeler

Bu çalışmada faz değiştiren madde olarak hekzadekan, heptadekan, oktadekan, polietilen glikol (PEG-400) ve polietilen glikol (PEG-1000) kullanılmıştır. Bu faz değiştiren malzemeler, oda sıcaklığında termal aktivite gösterdiği için seçilmiştir. Üretilen FDM örnekleri Küçükler Tekstil San. ve Tic. A.Ş. bünyesinde bulunan ticari FDM örneği Micrathermic P (Devan-Belçika) ile kıyaslanmıştır.

2.1.1.1. Hekzadekan

Hekzadekan, faz değiştiren malzeme özelliği gösteren ve kimyasal formülü $C_{16}H_{34}$ (Şekil 2.1), erime sıcaklığı ve entalpisi 18,2 °C ve 237,05 J/g olan kimyasal bir maddedir. Düşük sıcaklıkta çalışan enerji depolama sistemleri için uygun bir parafindir. Birçok çalışmada

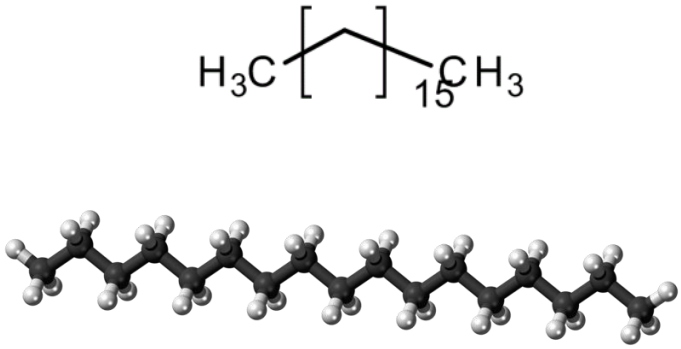
tekstil alanında kullanılacak mikrokapsüllerin çekirdek materyali olarak tercih edilmektedir.



Şekil 2.1. n-hekzadekan kimyasal yapısı [28, 29]

2.1.1.2. Heptadekan

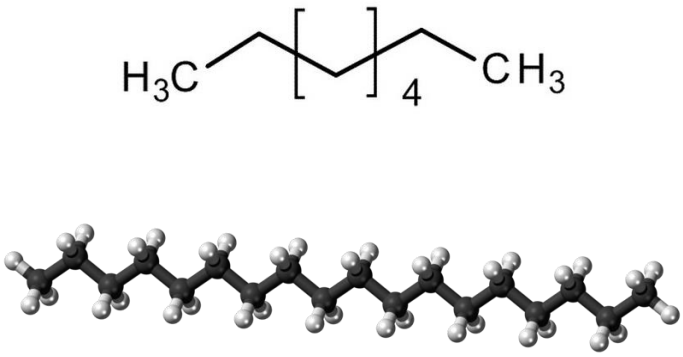
Heptadekan 17 karbonlu düz zincirli bir alkandır. Organik bir bileşik olup bitkilerden elde edilen uçucu bir yağdır. Kimyasal formülü $C_{17}H_{26}$ (Şekil 2.2), erime sıcaklığı ve entalpisi 22,5 °C ve 213,81 J/g'dir. Su da çözünmez.



Şekil 2.2. n-heptadekan kimyasal yapısı [28, 30]

2.1.1.3. Oktadekan

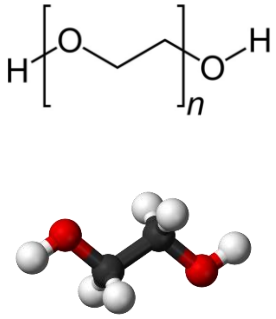
Yenilenebilir bitki kaynaklarının saflaştırılmasından elde edilen tek bir n-alkandır. Düşük sıcaklıktaki gizli ısı depolama uygulamaları için elverişli, 18 karbonlu bir parafindir. Aynı zamanda benzer faz değişim sıcaklık aralığına sahip FDM'lere kıyasla depoladığı gizli ısı miktarı da daha yüksektir [31]. Kimyasal formülü $C_{18}H_{38}$ [32] (Şekil 2.3) erime sıcaklığı ve entalpisi 27,8 °C ve 226,2 J/g'dir.



Şekil 2.3. n-oktadekan kimyasal yapısı [32, 33]

2.1.1.4. Polietilen Glikol (PEG-400, PEG-1000)

Polietilen Glikol (PEG) birçok farkı sektörde çok yaygın kullanılan organik bir bileşiktir. Aslında etilen oksitin açılarak yan yana bir polimer veya oligomer oluşturmasına verilen isimdir (Şekil 2.4). Bu yüzden polietilen oksit olarak da isimlendirilir. PEG; su, metanol, etanol, asetonitril, benzen ve diklorometan içinde çözünür. Hidrofilik bir moleküldür. Isıtılmadıkça yanıcı değildir. Polietilen glikol (PEG) düşük toksisitesi ve biyouyumlu olması nedeniyle doku mühendisliği alanında da kullanılmaktadır [34]. PEG genelde polimerin molekül ağırlığına göre isimlendirilir. Örneğin; PEG 400, 380 ile 420 arasında molekül ağırlığına sahip bir polimeri ifade eder.



Şekil 2.4. PEG kimyasal yapısı [34, 35]

2.1.2. Mikrokapsülasyonda Kullanılan Duvar Maddeleri ve Yardımcı Kimyasallar

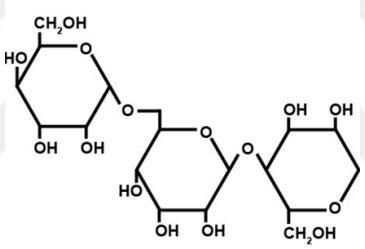
Bu çalışmada duvar maddeleri ve yardımcı kimyasallar olarak Arap zamkı, Tip B jelatin, glutaraldehit, sodyum dodecil sülfat, sodyum karbonat, asetik asit, kalsiyum klorür ve sodyum aljinat kullanılmıştır.

2.1.2.1. Arap zamkı

Doğal bir polisakkarit olan Arap zamkı, Afrika'da yetişen 'Acacia senegal ve acacia seyal isimleri verilen Akasya ağaçlarının kabuklarının kesilmesi ile elde edilmektedir (Şekil 2.5 ve Şekil 2.6). Tez çalışmasında Arap zamkı alkali pH'larda anyonik karakter kazanır ve FDM'lerin kapsüllenmesinde kullanılmıştır. Çözünürlüğü kolay ve düşük viskoziteye sahip olduğu için kapsülleme yönteminde uçucu bileşikleri kaplamada çok iyidir [36].



Şekil 2.5. Arap zamkı [37]



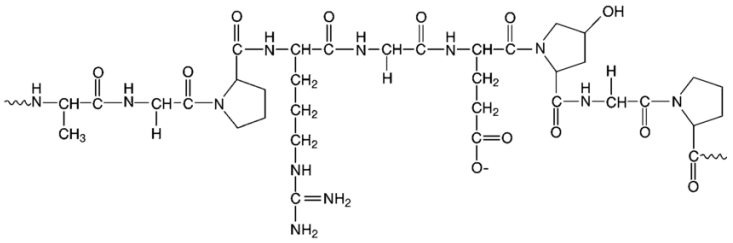
Şekil 2.6. Arap zamkı kimyasal yapısı [38]

2.1.2.2. Tip B jelatin

Tip B jelatin, bir tür hayvan jelatin türünü ifade eder. Jelatin, genellikle hayvan dokularının (deri ve kemiklerin) hidrolize edilmesiyle elde edilen bir protein bileşiğidir [39]. Tip B jelatin, asidik pH'larda katyonik karakter kazanır. Arap zamkı ile birbirlerini iterek dış duvar oluştururlar. Tip B jelatin görseli (Şekil 2.7) ve kimyasal yapısı (Şekil 2.8) gösterilmiştir.



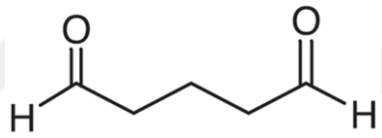
Şekil 2.7. Tip B jelatin [40]



Şekil 2.8. Tip B jelatin kimyasal yapısı [41]

2.1.2.3. Glutaraldehit

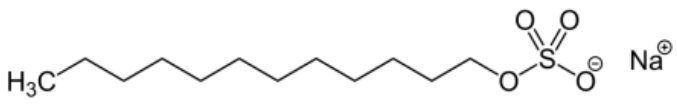
Antiseptik ve dezenfektan olarak kullanılan, suda çözünebilen güçlü bir çapraz bağlayıcı ajandır. Faz değiştiren malzemelerin duvar kalınlaştırılması amacıyla kullanılmıştır. Çözünmeyi sağlayacak gruplar arasında çapraz bağlanmayı sağlamaktadır. Dolayısıyla kapsül duvarının çözünmesini azaltacaktır. Keskin kokusu olan renksiz, yağlı, sıvı kimyasal bir maddedir. Kimyasal formülü $C_5H_8O_2$ (Şekil 2.9) erime sıcaklığı -14°C'dir [42].



Şekil 2.9. Glutaraldehit kimyasal yapısı [43]

2.1.2.4. Sodyum dodesil sülfat

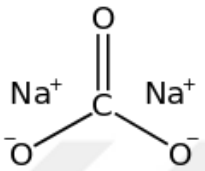
Sodyum lauril sülfat veya sodyum lauril eter sülfat olarak da bilinen organik bir bileşiktir. Yüzey aktif madde olarak kullanılmıştır. Kimyasal formülü $NaC_{12}H_{25}SO_4$ (Şekil 2.10) ve erime sıcaklığı 206°C'dir [44, 45]. Peg400 ve Peg1000 FDM'lerinin kullanıldığı reçetelerde emülgatör olarak sodyum dodesil sülfat (SDS) ilavesi yapılmıştır. Parafinlerin Arap zamkı içerinde homojen dağılması amacıyla kullanılmıştır.



Şekil 2.10. Sodyum dodesil sülfat kimyasal yapısı [45]

2.1.2.5. Sodyum karbonat

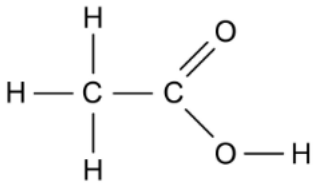
Ağır soda külü, disodyum karbonat, çamaşır sodası olarak da adlandırılan Sodyum Karbonat, beyaz renkte, sulu çözeltisi berrak ve renksiz olan bir karbonik asit sodyum tuzudur. Kimyasal formülü Na_2CO_3 [46] ve erime sıcaklığı 851°C'dir. Hazırlanan FDM çözeltisinin pH'ını yükseltmek için kullanılmıştır. Sodyum karbonat kimyasal yapısı (Şekil 2.11) gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Sodyum karbonat kimyasal yapısı [47]

2.1.2.6. Asetik asit

Asetik asit veya etanoik asit, kimyasal formülü CH_3COOH (Şekil 2.12) olan oda sıcaklığında renksiz bir sıvı halinde bulunan sirkeye ekşi tadını ve keskin kokusunu vermesiyle bilinen organik bileşiktir. Bu yüzden halk arasında sirke ruhu veya sirke asidi şeklinde de adlandırılır. Erime sıcaklığı 16,75°C'dir [48]. Aplikasyon şartlarında tampon amaçlı pH dengelemek amaçlı kullanılmıştır.



Şekil 2.12. Asetik asit kimyasal yapısı [49]

2.1.2.7. Kalsiyum klorür

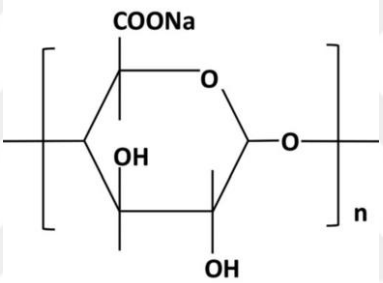
Kalsiyum klorür, kalsiyum ve klorun tuz formudur. Renksiz veya beyaz kristal şeklinde inorganik bir tuzdur. Kimyasal formülü $CaCl_2$ (Şekil 2.13), erime sıcaklığı 772°C'dir [50]. Tez çalışmasında yüksek viskoziteli emülsiyon (yarı-jel) formunda özgün aplikasyon şartlarının ve kumaşta ısı dağılımının artmasını sağlaması amacıyla (viskozite artışı) jelleşme ajanı olarak kullanılmıştır.



Şekil 2.13. Kalsiyum Klorür kimyasal yapısı [51]

2.1.2.8. Sodyum aljinat

Sodyum aljinat; yapısında karboksil ve hidroksil grupları içeren doğal bir polisakkarittir. Toksit içermeyen, biyouyumlu, biyobozunabilir ve biyoyapışma özelliklerine sahip bir polimerdir. Suda çözünebilir bir ve deniz yosunu (kahverengi algler) tarafından üretilir. Kimyasal formülü $(C_6H_7NaO_6)n$ (Şekil 2.14), erime sıcaklığı 99°C'dir [52]. Çalışmamızda sodyum aljinat viskozite artışı amacıyla jelleşme ajanı olarak kullanılmıştır.



Şekil 2.14. Sodyum aljinat kimyasal yapısı [53]

2.1.3. Çalışmada Kullanılan Ticari MFDM

Çalışmada kıyaslama amacıyla ticari adı Micrathermic P olan MFDM (Mikrokapsüllenmiş Faz Değiştiren Malzeme) örneği kullanılmıştır. Devan firmasının ürünü olan ticari MFDM, Sardes Tekstil ve Kimya firmasından tedarik edilmiştir ve Küçükler Tekstil ürün gamında da yer alan ticari MFDM'dir. Mikrothermic P, anyonik yapıya sahip, su bazlı faz değiştiren malzeme içeren bir mikrokapsüldür. Mikrothermic P'nin içeriği: Melamin-formaldehit reçine (%5), vaks (%20), emülgatör (%12), su (%64)'dan oluşmaktadır.

Apre banyosunda ticari FDM, tez kapsamında geliştirilen FDM banyosu ve her iki banyonun 1:1 karışımı ile hazırlanan banyo kumaş örneklerinde eşit konsantrasyonda emdirme yöntemine göre aktarılmış ve DSC analizleri yapılarak FDM'lerin etkinlikleri kıyaslanmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. FDM'lerin Mikrokapsüllenmesi

Çalışmada FDM olarak heptadekan, hekzadekan, oktadekan, PEG-400 ve PEG-1000 kullanılmıştır. DSC analizleri ile ideal uyku sıcaklığı olarak tanımlanan 19-21 ºC değerlerini de içeren hedef sıcaklık aralığında (19-24 ºC) ısıl aktivite sergileyen FDM karışımları seçilmiştir. FDM ve karışımları kompleks koaservasyon yöntemine göre mikrokapsüllenmiştir. Kompleks koaservasyon metodu bir faz ayırım metodu olup kabuk / dış fazı oluşturan anyonik ve katyonik karakterli iki polimerin çözeltilerinin karıştırılıp uygun bir pH değerinde (iki polimerin de iyonik karakterli olduğu pH değeri) polimerlerin faz ayırımı sergilemesi esasına dayanmaktadır. Kompleks koaservasyon uzun süreli ancak mikrokapsül oluşturma verimi yüksek bir metottur [25].

Mikrokapsül hazırlama ve sentez reaksiyonlarında DLAB MS-H280-Pro ısıtıcılı magnetik karıştırıcı, SOIF ST8050 Stereo Mikroskop, OHAUS PR224 hassas terazi, Natek marka etüv cihazı ve genel laboratuvar gereçleri kullanılmıştır.

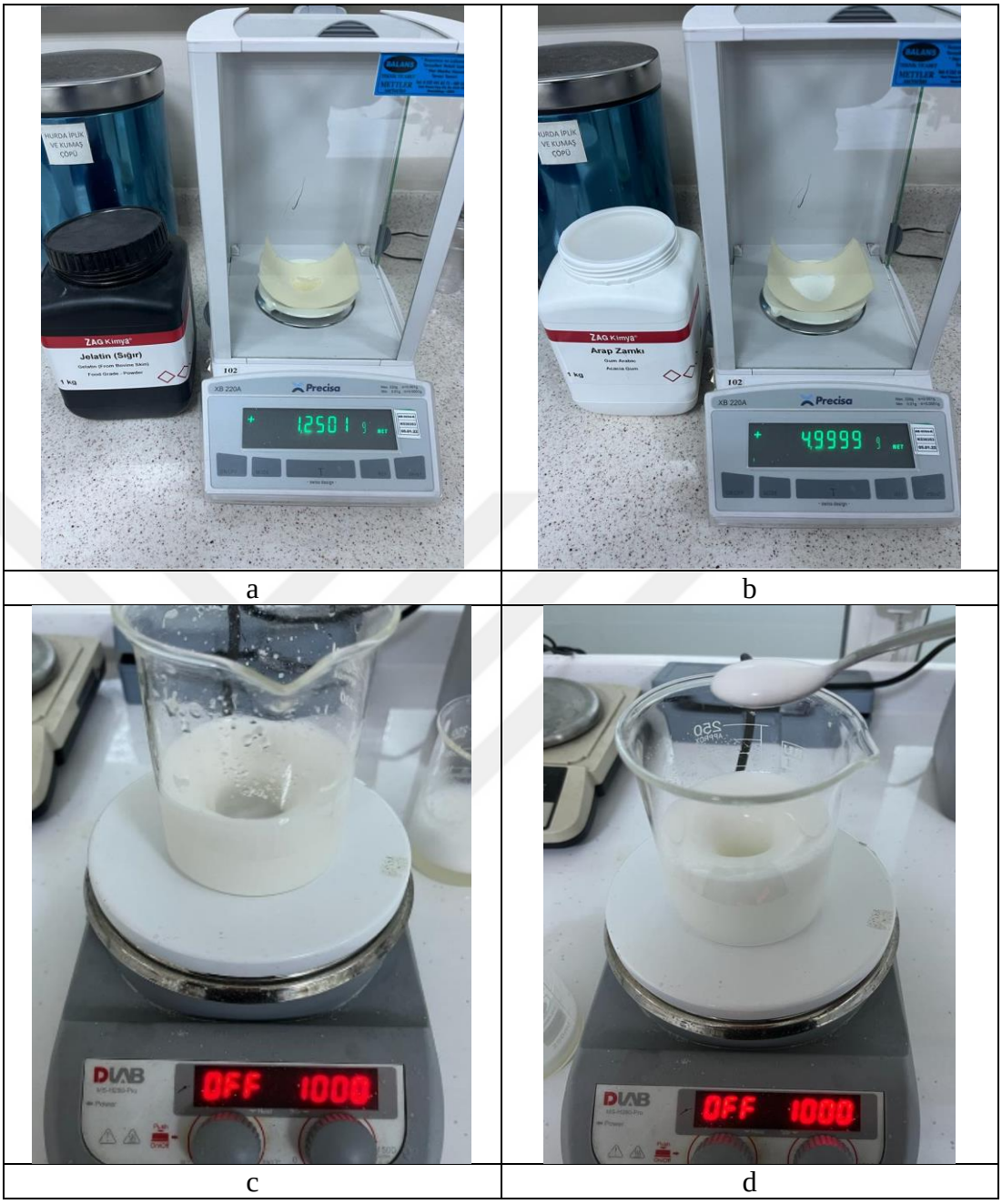
2.2.2. FDM'lerin Mikrokapsüllenmesinde Uygulanan Reçete

FDM mikrokapsül üretiminde denemeler sonunda belirlenen ve uygulanan reçete aşağıda aşamalar halinde verilmiştir.

1. İlk aşamada beher içerisine; 50 ml saf su, 1,25 gr jelatin çözeltisi eklenip manyetik karıştırıcıda 50 ºC'de 30dk boyunca karıştırılmıştır. Karışım çözeltisinin pH değeri 6,45 civarına gelmiştir.
2. İkinci aşamada beher içerisine; 50 ml saf su, 5 gr Arap zamkı çözeltisi eklenip manyetik karıştırıcıda 50 ºC'de 30dk boyunca karıştırılmıştır. Karışım çözeltisinin pH'ı 4,47 olmuştur.
3. Üçüncü aşamada birinci ve ikinci aşamalarda hazırlanan karışım çözeltileri manyetik karıştırıcıda 50 ºC'de 2 saat boyunca karıştırılmıştır. İkinci aşamada ki Arap zamkı çözeltisinin sadece köpükleri alınmış ve karışıma eklenmiştir.
4. Dördüncü aşamada beher içerisine; iç faz olarak 35 ml hekzadekan, dış faz olarak 50 ml saf su eklenip 30 ºC'de 30dk boyunca karıştırılmıştır.

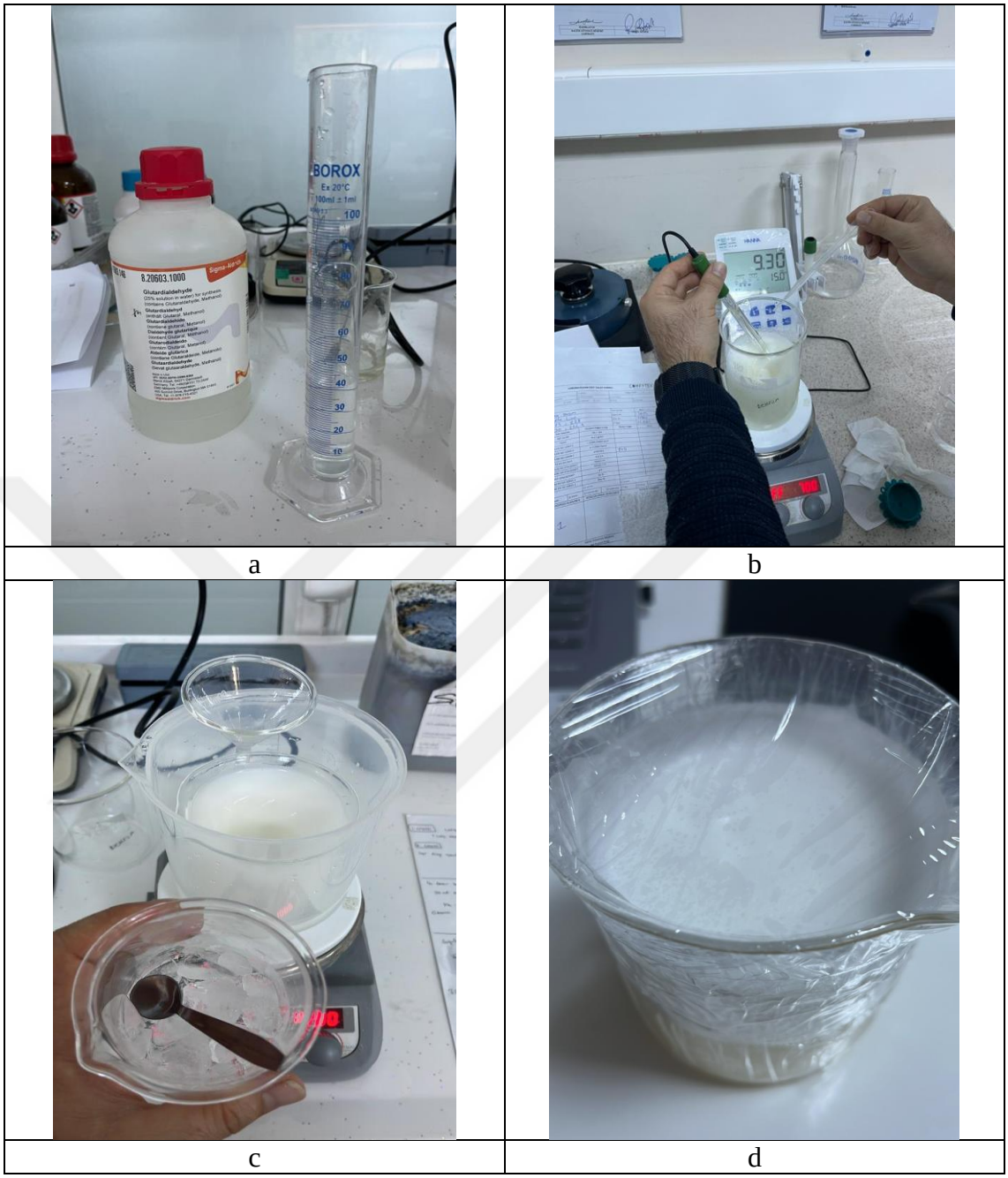
5. Üçüncü ve dördüncü aşamada elde edilen çözeltiler beher içerisine eklenerek 60 dk boyunca magnetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Hazırlanan çözelti karışımının pH'ı 4,0 – 4,1 aralığına asetik asit yardımıyla getirilmiştir.
6. Beşinci aşamada karışım çözeltisi 50 ml saf su ile seyreltilmiş ve karışım 40 ^{o}C'de 2 saat boyunca karıştırılmıştır.
7. Altıncı aşamada beher içerisinde; %20'lik sodyum karbonat çözeltisi (10gr sodyum karbonat + 50 ml saf su) hazırlanıp 15 dk magnetik karıştırıcıda karıştırılmıştır.
8. Yedinci aşamada; beşinci aşamada elde edilen karışım çözeltisinin pH'ı 9,0 – 9,5 aralığına gelecek kadar altıncı aşamada elde edilen sodyum karbonat çözeltisi eklenmiştir.
9. Sekizinci aşamada beher içerisinde; 40 ml saf su ve 40 ml glutaraldehit kimyasalı eklenip manyetik karıştırıcıda 15dk boyunca karıştırılmıştır.
10. Yedinci aşamada elde edilen karışım çözeltisi -10 ^{o}C'de sıcaklığa düşürülmüş ve sekizinci aşamada elde edilen karışım çözeltisi yavaş yavaş eklenmiştir. Yeni oluşan karışım çözeltimiz 2 saat boyunca karıştırılmıştır.
11. Son aşama olarak elde edilen karışım çözeltisi hava almayacak şekilde 24 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir (Şekil 2.15 ve Şekil 2.16).

Yukarıda belirtilen reçete tüm FDM türleri için aynı oranda uygulamıştır. Hekzadekan, heptadekan, oktadekan, PEG-400, PEG-1000 ve karışımlarını içeren mikrokapsülasyon çözeltilerinden DSC analizi için numuneler alınmıştır. PEG-1000 ve oktadekan kimyasalları oda sıcaklığında katı formda olduğu için diğer FDM'lerden farklı olarak etüvde 40 °C'de ısıtılarak kullanılmıştır. Çözeltiler magnetik karıştırıcı 1000 devir/dakikada karıştırılmıştır. PEG-400 ve PEG-1000 FDM'lerinin kullanıldığı reçetelerde emülgatör olarak sodyum dodesil sülfat (SDS) ilavesi yapılmıştır.



a b c d

Şekil 2.15. Mikrokapsül üretiminde reçetenin uygulama görselleri-1 (a: Tip B jelatinin hassas terazide tartılması, b: Arap zamkının hassas terazide tartılması, c: Saf su ile Tip B jelatinin çözeltisinin karıştırılması, d: Saf su ile Arap zamkı çözeltisinin karıştırılması)



Şekil 2.16. Mikrokapsül üretiminde reçetenin uygulama görselleri-2 (a: Kullanılan glutaraldehit görseli, b: Elde edilen çözeltiye sodyum karbonat eklenerek pH aralığı 9,0-9,5 aralığına getirildiği görsel, c: Çözelti karışımı -10 ^{o}C sıcaklığa düşürüldükten sonra glutaraldehit çözeltisinin yavaş yavaş eklendiği görsel, d: Elde edilen karışım çözeltisi hava almayacak şekilde 24 saat oda sıcaklığında bekletildikten sonraki görsel)

Koaservasyon yapılarak bekletilen çökeltiler mikroskopta incelenmiştir. İncelenen çökeltiler yapılan çalışmada kurutma kağıdına aktarılarak pipet yardımıyla saf su damlatılarak yıkanmış, ardından askıda kurutma işlemi yapılmıştır. Kurutma kağıdındaki

mikrokapsüllenmiş faz değiştiren malzeme (MFDM) çökeltileri DSC analizine USKİM'e gönderilmiştir.

2.2.3. Mikrokapsüllenmiş FDM'lerin Uygulanması için Uygun Kumaş Tasarımı ve Konstrüksiyon Detaylarının Belirlenmesi

Küçükler Tekstil San. ve Tic. A.Ş. bünyesinde aktif olarak üretilen örme yatak kumaşlarından tamamen ve kısmen hidrofil lif içerikli ve ısıl iletkenlik değeri yüksek özel ticari iplik kullanıldığı, yüksek ilmek çubuk sıklığına ve küçük desen raporuna sahip 85402 adet kumaş arasından ısı yayılımını azaltacak, vücut sıcaklığındaki düşüşü hızlandırıcı etki sağlayan desen ve örgü yapılarından 86 adet jakarlı örme kumaş örnekleri belirlenmiştir.

Üretim projeksiyonunu temsil eden geniş bir kumaş havuzundan elde edilen 86 adet kumaş örneklerinin, termal karakteristik özellikleri ölçülerek tasarım kumaş kalitesinin geliştirilmesini sağlayacak verilerin analizleri yapılmıştır. Üretim gamındaki lif, kumaş gramajı dağılımını temsil etmek üzere farklı kompozisyonlardan 86 adet jakarlı örme kumaş örneğinden (apre işlemleri standart kalitelerinde tanımlanan iş emirlerine göre tamamlanmış, aynı ilmek, may, gramaj, kumaş kalınlığı ve kumaş enine sahip ve farklı kumaş komposizyonu ve farklı desen tiplerini içeren) termal konforun ölçülmesinde etkili olan alambeta testi ile termal iletkenlik (λ), termal difüzivite (a), termal absorbtivite (b), termal direnç (r) ve maksimum ısı akış oranı (Qm) ölçümleri yapılmıştır. Alembeta testi 5 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

FDM aktarılmamış kumaş örnekleri uyku kalitesini arttırmak hedefli daha yüksek performans sunması amacıyla kumaş konstrüksiyonu hakkında yönlendirme yapmak ve tasarım detaylarını belirlemek için dönem içinde yapılan ölçüm sonuçlarının istatiksel ve genel değerlendirmesi yapılmıştır. Bu kapsamda ölçüm sonuçları çok eksenli grafiklere aktarılmış ve grafik alanları hesaplanmıştır. Yüksek grafik alanına sahip yatak kumaş konstrüksiyonun uyku kalitesi üzerine daha olumlu etkisi olduğu değerlendirmesi yapılmış ve grafik alanları hesaplanırken düşük termal difüsivite değerlerinin daha yüksek alan değeri vermesi yönünde normalizasyon yapılmıştır. Örneklerin ısı akış oranı ve termal difüsivite değerlerini çıktı olarak kabul eden regresyon modellerinde kumaş kompozisyonlarına ait denklem katsayıları sunulmuştur. Isı akış oranı en fazla arttırma,

termal difüsivite değerini en fazla azaltma eğilimleri veren kumaş kompozisyonları belirlenmiştir.

FDM'lerin mikrokapsüllenmesinde uygun kumaş tasarımı yapılırken; uyku kalitesini arttırmak hedefli daha yüksek performans sunması amacıyla kumaş konstrüksiyonu ve tasarım detayları belirlenmiştir. 86 kumaşın genel değerlendirmesi yapılmış, istatiksel ölçüm sonuçlarına göre yeni bir kumaş konstrüksiyonu belirlenmiştir. Belirlenen kumaş konstrüksiyonu, tek plakalı yuvarlak örme makinelerinde farklı çelik dizilimi farklı platin yapısı ve 3 farklı kanaldan iplik beslenmesiyle üç iplik örme kumaş üretilmesine karar verilmiştir [54]. FDM mikrokapsülleri aplikasyonu ile etkinliği arttıracak kendine özgü kumaş kalitesinin belirlendiği üç iplik örme yatak kumaş örnekleri Küçükler Tekstil işletme bünyesindeki Mayer OVJA 1.6 60 sistem, 38 pus / 20 Fein örme makinesinde üretilmiştir (Şekil 2.17).



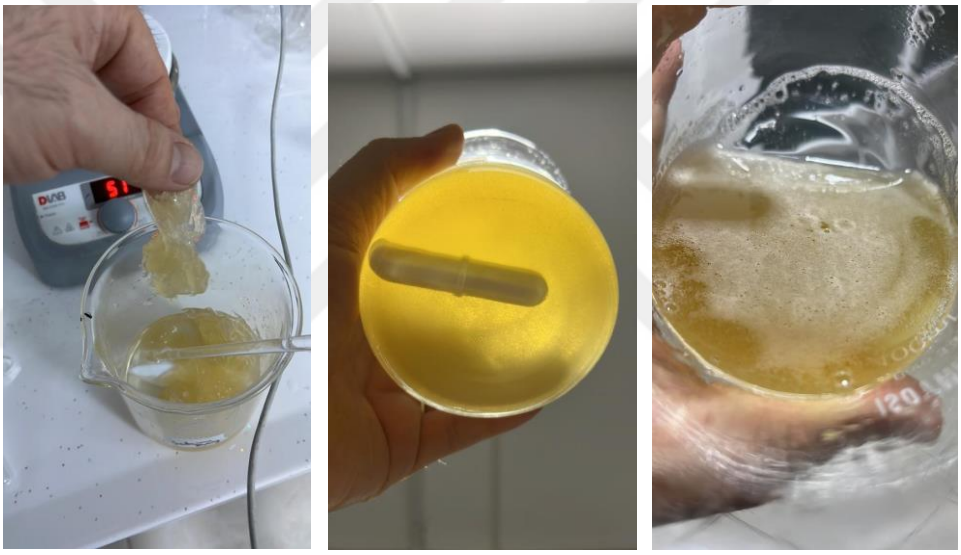
Şekil 2.17. Mayer OVJA 1.6 60 sistem, 38 pus / 20 Fein Örme Makinesi

2.2.4. MFDM İçeren Banyonun Viskozitesinin Arttırılması

FDM emisyonlarının yüksek viskoziteli formda kumaşa aktarılması ile performaslarının arttığı literatür çalışmaları ile kanıtlanmıştır [55]. Çalışmada kumaşlara aktarılmak için seçilen FDM mikrokapsülleri sodyum aljinat çözeltisi içinde karıştırıldıktan sonra

jelleşme ajanı olarak hidralize kalsiyum klorür çözeltisi ilave edilerek viskozite artışı sağlamıştır.

FDM banyolarının viskozite artışlarının değerlendirilmesi görsel olarak akışkanlığın yorumlanmasıyla yapılmıştır. Bunun için ilk olarak (literatürdeki benzer çalışmalarda kullanılan konsanstrasyonlar göz önüne alınarak) %1-%5 aralığında değişen konsantrasyonlarda sodyum aljinat, %3-%10 aralığında değişen konsantrasyonlarda kalsiyum klorür banyoları hazırlanarak ayrı ayrı karıştırılmış, ayrıca tampon asit ilavesiyle asidik pH değerlerinde (pH< 2) banyo örnekleri hazırlanmıştır. Yapılan denemeler esnasında alınan bazı görseller Şekil 2.18 de sunulmuştur.



Şekil 2.18. Viskozite artırılması amacıyla uygulanan jelleşme ajanlarının görünümleri

Sodyum aljinat-kalsiyum klorur karışımının jelleşme düzeyi görsel olarak değerlendirilmiştir. Fulard banyosunda yeterli düzeyde akıcılık sağlayacağı değerlendirilen banyo örneği %2.5 Sodyum aljinat + %10 Kalsiyum Klorür karışımı (asidik pH değerinde) ile elde edilmiştir. Hazırlanan jelleşme banyosu FDM banyosu ile hacimce 1:1 ve 1:5 oranlarında karıştırılmış ve aplikasyon işleminin 1:1 oranındaki karışımla yapılmasına karar verilmiştir.

2.2.5. MFDM'lerin Kumaşa Aplikasyon İşlemleri

Aplikasyon işleminde Küçükler Tekstil ürün gamında yer alan parafin içerikli ticari MFDM (Devan Thermic P), tez kapsamında geliştirilen MFDM ve her iki çözeltinim 1:1

oranında karışımı ile hazırlanan banyo kumaş örneklerinde eşit konsantrasyonda emdirme yöntemine göre aktarılmıştır. Çözelti karışımlarının kumaşlara aplike edilmesinde Natek marka mini ram, Natek marka mini kumaş sıkma silindiri, askıda kurutucu cihazları kullanılmıştır.

Üretilen MFDM, Ticari MFDM ve Üretilen FDM + Ticari FDM (1:1) banyoları Küçükler Tekstil kumaş havuzundan seçilen (80644) ve tasarım çalışmaları sonucunda elde edilen (94086) kumaş örneklerine ayrı ayrı aktarılmıştır. Yapılan emdirme yöntemine göre alınan bazı görseller Şekil 2.19 da sunulmuştur.



Şekil 2.19. MFDM'lerin kumaşa aplikasyonu

2.2.6. MFDM ve MFDM İçeren Kumaş Örneklerine Uygulanan Testler

2.2.6.1. Taramalı Elektron Mikroskobu (FE-SEM)

Üretilen MFDM, Ticari MFDM ve Üretilen FDM + Ticari FDM banyolarından su uzaklaştırıldıktan sonra kalan çökeltiden FE-SEM görüntüleri alınarak morfolojik değerlendirmeler yapılmıştır. MFDM'lerin yüzey görüntülenmesi, Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezinde bulunan ZEISS (GeminiSEM 500-71-08) markalı Alan Emisyonlu Taramalı Elektron Mikroskobu (FE-SEM) ile gerçekleştirilmiştir. MFDM'lerin yüzeyleri, test sırasında elektron ışını yüklemesinin

istenmeyen etkilerini önlemek için 15 saniye boyunca ince bir Au/Pd (%80/20) alaşım tabakası ile kaplanmıştır.

2.2.6.2. Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC)

Diferansiyel taramalı kalorimetri cihazı malzemelerin erime-donma noktalarını ve ısı depolama kapasitelerini ölçmeye yarayan bir cihazdır. Ölçüm sonunda DSC grafiği elde edilir. DSC analizi ile hem MFDM örneklerinin hem de MFDM aktarılmış kumaş örneklerinin entalpi değerleri ve termal aktivite gösterdikleri sıcaklık aralıkları belirlenmiştir [56]. Çalışmada kullanılan cihaz Şekil 2.20'de görülmektedir.



Şekil 2.20. Diferansiyel Taramalı Kalorimetre cihazı

2.2.6.3. Termogravimetrik ve Diferansiyel Termal Analiz (TG/DTA)

TGA analizi, nitrojen akışı altında 4-6 mg numuneler üzerinden 0 ila 500°C sıcaklık aralığında 10°C/dk ısıtma hızı ile PERKIN ELMER markalı DIAMOND model termogravimetre kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.21). Hazırlanan FDM banyolarından su uzaklaştırıldıktan sonra kalan çökeltiden TG/DTA analizi yapılarak termal stabiliteleri değerlendirmeler yapılmıştır.

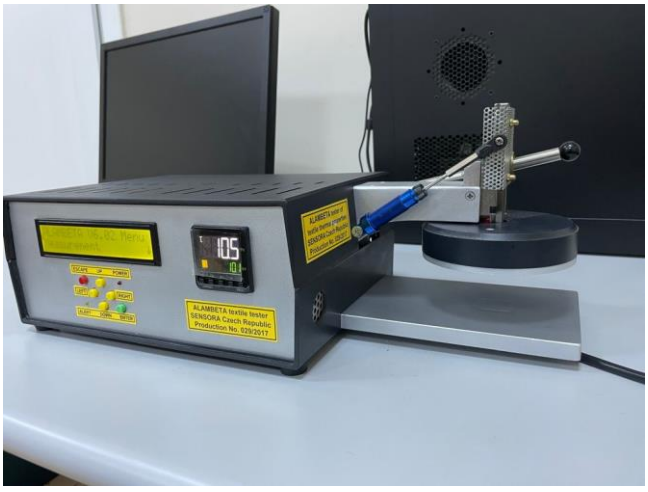


Şekil 2.21. Termogravimetrik ve Diferansiyel Termal Analiz cihazı [57]

2.2.6.4. Alambeta SENSORA Test Cihazı

Alambeta, kumaş termal özelliklerinin ölçülmesinde kullanılan bir cihazdır. Bu cihaz ile ısıl iletkenlik, ısıl absorbtivite, ısıl direnç ve ısı akış yoğunluğu gibi ısıl özellikleri ve örnek kalınlığı belirlenmektedir [58].

Alambeta cihazı temelde kuru insan derisini taklit etmektedir ve prensibi, alt ölçüm plakası (22°C) ile üst başlığı (32°C) arasındaki sıcaklık farklılığından dolayı test edilen kumaş içerisinden geçen ısı akımının zamana bağlı matematiksel işlemlerle belirlenmesine dayanmaktadır [59]. Çalışmada kullanılan Alambeta cihazı Şekil 2.22'de görülmektedir.



Şekil 2.22. Alambeta cihazı

Küçükler Tekstil üretim gamındaki lif, kumaş gramajı dağılımını temsil etmek üzere farklı kompozisyonlardan kumaş havuzundan seçilen 86 adet jakarlı örme kumaş

örneğinden termal konforun ölçülmesinde etkili olan alambeta testi ile termal iletkenlik (λ), termal difüzivite (a), termal absorbtivite (b), termal direnç (r) ve maksimum ısı akış oranı (Qm) ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümlere göre en yüksek grafik alanlarını veren, a değeri azalan ve Qm değerini arttıran 80644 numaralı kumaş örneği MFDM uygulamaları için seçilmiştir. İstatiksel ölçüm sonuçlarına göre belirlenen ve 3 iplik yöntemiyle örülen 94086 numaralı kumaşa da MFDM uygulanmış ve Alembeta test cihazı ile termal konfor sonuçları ölçülmüştür. Ölçümler 5 tekrarlı olarak yapılmıştır.

2.2.6.5. Testo 865 Termal Kamera Test Cihazı

Kumaş termografik sıcaklık ölçümlerinde Testo 865 Thermal Imager cihazı kullanılmıştır. Sabit bir ısı kaynağı altında kumaşlar bekletilmeleri süresince termal kamera görüntülemeleri ile yüzey sıcaklık değişimleri izlenmiştir. Isı depolama özelliği kazandırılmış kumaşların ısı düzenleme özellikleri termal kamerayla belirlenmiştir. Kumaş numuneleri farklı sabit sıcaklıklarda ölçümler yapılmıştır [60]. Çalışmada kullanılan termal kamera test cihazı Şekil 2.23'te görülmektedir.



Şekil 2.23. Termal kamera test cihazı [61]

2.2.6.6. Kumaşlara Uygulanan Mekanik, Fiziksel ve Kimyasal Testler

2.2.6.6.1. Patlama Mukavemeti Test Cihazı

Kumaşların patlama mukavemetinin ve patlama yüzey gerilmesinin tayini için kullanılır. Kumaşlar testleri TS EN ISO 13938-2 standardına uygun yapılmıştır. Çalışmada kullanılan patlama mukavemeti test cihazı Şekil 2.24'de görülmektedir.



Şekil 2.24. Patlama mukavemeti test cihazı

2.2.6.6.2. Aşındırma ve Pilling (Boncuklanma) Test Cihazı

Martindale aşınma ve boncuklanma (pilling) testi, kumaşların yüzey değişimine karşı gösterdiği direnci (aşınması) ve kumaşların tüylenmesini tayin etmek üzere tasarlanmış bir test cihazıdır. Kumaşlar testleri TS EN ISO 12947-2, TS EN ISO 12945-2 standardına uygun yapılmıştır. Çalışmada kullanılan aşındırma ve boncuklanma (pilling) test cihazı Şekil 2.25'te görülmektedir.



Şekil 2.25. Aşındırma ve boncuklanma (pilling) test cihazı

2.2.6.6.3. Extansiometre Test Cihazı

Tekstil kumaşlarında esneme ve geri kazanımı tayin eden test cihazıdır. Kumaş testleri BS EN ISO 20932-1 standardına uygun yapılmıştır. Çalışmada kullanılan extansiometre test cihazı Şekil 2.26'da görülmektedir.



Şekil 2.26. Extansiometre test cihazı

2.2.6.6.4. Kalınlık, Boyutsal Değişim, Mikroskop Görüntüleri, pH Kontrolleri ve Fenolik Sararma Testleri

Kullanılan kumaşların kalınlığını belirleme yöntemi olarak BS 2544 standardına uyularak belirlenmiştir. Kumaşlar farklı bölgelerinden kalınlık değerleri ölçülerek ortalaması alınmıştır. Kalınlık ölçümleri, dijital kalınlık ölçer (elastocon EV 07, Elastocon, İsviçre) cihazı ile yapılmıştır.

Boyutsal değişim, yıkama ve kurutma sonrası prosedürlerinin uygun bir kombinasyonuna tabi tutularak tekstil ürünlerinin boyutsal değişiminin belirlenmesi için bir yöntemdir. Elde edilen mikrokapsül görüntülerinin görselleri için optik mikroskop kullanılmıştır. Kumaş testleri ISO 6330, ISO3759, ISO 5077 standartlarına uygun yapılmıştır.

pH, tekstil ürünlerinin sulu ekstraktının pH değerini tespit etmek için kullanılan bir yöntemdir. Kumaş testleri TS EN ISO 3071 standardına uygun yapılmıştır. Kumaşlarda fenolik sararma haslık testleri ISO 105X18/2007 standardına uygun yapılmıştı

3. BÖLÜM

BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1 MFDM Uygulanacak Kumaşlara Ait Alambeta Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Küçükler Tekstil'in üretim projeksiyonun temsil eden geniş bir kumaş havuzundan termal karakteristik özellikleri ölçülerek kumaş kalitesi / kalitelerinin geliştirilmesine veri sağlayacak analizler yapılmıştır. Mikrokapsül aplikasyonu yapılmak üzere seçilecek kumaş konstrüksiyonunu belirlemek için oluşturulan numune havuzundaki yatak kumaşı örneklerine ait Alambeta test sonuçları Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Numune havuzundaki yatak kumaşı örneklerine ait alambeta test sonuçları

Kumaş Numarası	**Termal iletkenlik ($W/mKx10^3$)**	**Termal difüzivite (m^2/s)**	**Termal absorbtivite ($Ws^{1/2}/m^2 K$)**	**Termal direnç ($Km^2/Wx10^{-3}$)**	**Maksimum ısı akış oranı (W/m^2)**
52891	45,63	0,22	97,33	53,37	397,57
59802	43,20	0,16	109,00	47,93	523,00
60926	62,57	0,23	130,67	32,60	474,00
61301	46,53	0,22	98,27	52,93	286,17
61367	45,10	0,26	88,50	67,13	396,90
61631	44,27	0,24	90,03	79,60	493,47
64108	43,00	0,19	100,03	65,03	508,23
64183	47,83	0,17	117,40	46,80	631,30
64249	44,40	0,14	117,93	44,10	571,93
64865	60,43	0,17	146,50	50,03	458,30
65752	48,13	0,16	119,40	58,43	552,40
66633	45,73	0,18	106,53	64,80	544,57
66912	42,83	0,30	78,80	58,53	361,77
66962	48,50	0,16	122,10	177,30	609,63
67435	43,60	0,19	99,30	61,23	518,13
68124	46,97	0,22	99,20	60,27	503,43
68186	52,23	0,11	155,07	40,47	710,53

68228	45,97	0,36	76,83	103,83	285,93
68583	44,50	0,18	106,23	69,60	570,60
68866	41,37	0,32	73,07	74,83	368,97
69450	44,00	0,19	100,77	58,60	415,77
69585	41,73	0,14	110,00	50,10	463,47
69751	46,90	0,24	95,00	70,13	463,93
69880	43,10	0,30	79,37	61,70	275,77
70263	41,63	0,27	79,70	73,10	409,47
71076	49,17	0,37	80,60	77,63	217,23
71467	43,77	0,22	91,77	47,37	406,80
71614	43,27	0,17	105,33	60,27	588,10
71641	44,43	0,23	92,73	57,13	402,97
71753	43,93	0,27	84,73	75,30	339,30
71796	45,10	0,25	89,67	74,43	395,07
71905	41,57	0,32	74,03	78,07	371,07
72561	48,23	0,21	103,87	62,03	506,27
73175	55,70	0,22	119,80	57,47	360,47
73178	45,63	0,23	95,17	51,20	376,87
73452	43,60	0,19	100,13	57,53	423,90
73494	40,80	0,18	95,80	32,90	425,93
73897	42,97	0,26	84,43	61,93	271,97
73993	45,90	0,24	93,83	84,27	377,53
74071	43,20	0,24	89,10	88,97	342,33
74091	40,97	0,26	79,83	54,57	383,23
74202	51,20	0,23	107,17	50,70	432,20
74553	44,10	0,21	97,20	51,70	405,37
74615	46,80	0,15	120,63	50,97	518,83
74684	44,20	0,23	93,50	62,23	402,20
74687	46,30	0,15	119,03	65,70	575,20
74801	53,43	0,15	140,97	69,60	643,17
74843	44,63	0,26	88,03	62,13	374,03
75474	53,07	0,22	113,80	67,83	554,27
75502	50,10	0,39	82,03	124,23	303,00
75793	42,50	0,28	80,57	60,67	401,07
75868	46,10	0,25	92,27	55,67	338,67
76407	47,97	0,27	96,37	73,33	348,83
76814	46,37	0,13	127,43	40,07	582,80
76818	43,83	0,28	83,60	70,80	297,43
76922	43,60	0,22	93,87	45,63	390,70
76980	42,10	0,18	99,37	58,33	544,70
77442	44,60	0,18	104,20	62,33	472,40
77755	41,43	0,41	64,90	80,37	241,17
77766	47,37	0,12	139,13	39,40	585,27
77904	45,13	0,21	98,40	68,27	513,83
77956	41,50	0,27	80,20	63,00	354,53

78336	44,20	0,20	100,07	54,93	453,83
78603	42,00	0,17	101,70	76,73	519,53
78722	61,10	0,19	141,70	43,97	502,80
79020	55,43	0,33	96,23	93,63	516,40
79061	43,63	0,19	100,53	59,83	532,53
79262	49,63	0,17	120,13	61,73	567,13
79366	51,50	0,22	108,97	57,40	420,83
79704	46,97	0,12	134,20	33,87	596,27
79895	45,53	0,17	110,53	48,80	493,13
80088	45,10	0,13	123,43	44,87	566,20
80226	44,60	0,18	105,57	48,57	377,00
80227	47,70	0,20	107,83	56,33	505,23
80370	47,47	0,22	102,17	51,33	443,57
80447	46,37	0,18	110,57	67,83	551,43
80644	***54,90***	***0,09***	***182,67***	***23,53***	***731,07***
80879	47,27	0,22	100,97	56,77	355,60
80906	51,47	0,21	112,23	59,17	531,87
80991	45,03	0,26	89,27	67,17	421,33
81176	43,30	0,24	89,10	69,80	462,40
71315	46,75	0,15	120,73	17,38	468,75
76789	47,80	0,15	122,05	17,15	465,60
75879	46,40	0,18	108,98	26,08	447,05
72152	47,10	0,21	104,50	33,33	429,83
73422	44,70	0,15	116,60	16,35	439,28

Küçükler Tekstil üretim gamındaki lif, kumaş gramajı dağılımını temsil etmek üzere farklı kompozisyonlardan 86 adet jakarlı örme kumaş örneği seçilmiştir. Seçilen ürünlerin desen, ilmek, may, kalınlık ve gramaj farklılıklarına göre uyku kalitesine etkisi istatiksel olarak analiz edilmiştir. Termal iletkenlik (λ), termal difüzivite (a), termal absorbtivite (b), termal direnç (r) ve maksimum ısı akış oranı (Qm) ölçümleri yapılmıştır.

Literatür incelemeleri kullanıcı yaş ve cinsiyet farkına da bağlı olarak yatak mikroklimasının uyku kalitesi üzerinde etkili olduğunu ve termal yayılım özelliği yüksek kumaşların daha iyi uyku konforu sunduğunu göstermektedir. Kumaşların termal özellikleri, uykuya geçiş evresinde vücut sıcaklığının (CBT – core body temperature) düşme rejimini belirleyerek uyku kalitesini etkilemektedir. Kumaşların yüksek termal yayılım özelliği, yüksek termal iletkenlik, yüksek ısı akış oranı ve yüksek termal difüzivite özelliği ile değerlendirilebilir ancak termal difüzivite termal iletkenlik dışında malzemenin yoğunluk ve termal kapasitesine de bağlıdır. Malzeme yoğunluğu ve termal

kapasitesi arttıkça termal difüzivite değeri düşer. Yüksek yoğunluklu bir kumaş bünyesinde daha düşük hacim oranında hava tabakası içerdiği için daha yüksek termal iletkenlik ancak daha düşük termal difüzivite değeri verme eğilimindedir.

Literatürde yüksek termal kapasiteye sahip yatak kumaşlarının kullanıcının vücut öz sıcaklığı (CBT – core body temperature) değerindeki düşüşü hızlandırdığı ve derin uyku süresini arttırdığı üzerine olan bulgular daha iyi uyku kalitesi için yatak kumaşlarının yüksek termal iletkenlik, ısı akış oranı dışında düşük termal difüzivite değeri vermesi gerektiği yaklaşımını doğrulamaktadır [17]. Literatür bulgularına göre FDM ile sağlanacak termoregülasyon da uyku kalitesini arttırmaktadır. Bu nedenle, tez kapsamında kumaş örneklerinin (FDM aktarılmış kumaş örnekleri) uyku kalitesini arttırmak hedefli daha yüksek performans sunması amacıyla kumaş konstrüksiyonu hakkında yönlendirme yapmak ve tasarım detaylarını belirlemek için yapılan ölçüm sonuçlarının istatiksel ve genel değerlendirmesi yapılmıştır. Bu kapsamda öncelikle dönem raporu ölçüm sonuçları çok eksenli grafiklere aktarılmış ve grafik alanları hesaplanmıştır. Yüksek grafik alanına sahip yatak kumaş konstrüksiyonun uyku kalitesi üzerine daha olumlu etkisi olduğu değerlendirmesi yapılmış ve grafik alanları hesaplanırken düşük termal difüzivite değerlerinin daha yüksek alan değeri vermesi yönünde normalizasyon yapılmıştır.

Alambeta test sonuçlarıyla bulunan değerlerin her biri bir eksen olarak seçilmiş ve bu sayede çok eksenli grafikler oluşturulmuştur. Eksenler hazırlanırken ölçüm sonuçları aynı skala aralığında olacak şekilde normalize edilmiş ve test sonuçları grafik alanını arttıracak şekilde düzenlenmiştir. Örneğin termal difüzivitenin ve termal direnç azalmasının uyku konforunu arttırdığı kabulünden yola çıkılarak Alambeta ile elde edilen termal difüzivite ve termal direnç sonuçlarının çarpmaya göre tersi kullanılmıştır. Grafik alanları Excel de hesaplanmıştır. Grafik alanı arttıkça kumaş yapısının daha yüksek uyku konforunun değerlendirilmesi yapılmıştır. Kumaş örneklerinin termal karakteristiklerinin eksen olarak kullanıldığı çok eksenli grafiklerin alanları Tablo 3.2 de gösterilmiştir.

Tablo 3.2’deki sonuçlara göre en yüksek grafik alanlarını veren kumaş tipi (80644) belirlenmiştir. Tez kapsamında FDM mikrokapsülleri aplikasyonu aşamasında en yüksek grafik değer olan 80644 numaralı kumaşın kullanılmasına ve termal özelliklerindeki değişimlerinin yorumlanmasına karar verilmiştir.

Tablo 3.2. Kumaş örneklerinin termal karakteristiklerinin eksen olarak kullanıldığı çok eksenli grafiklerin alanları

Ürün Numarası	**Grafik Alanı**	**Ürün Numarası**	**Grafik Alanı**
52891	24,663	74615	38,751
59802	36,123	74684	23,944
60926	33,545	74687	41,238
61301	20,250	74801	49,566
61367	21,836	74843	21,015
61631	26,140	75474	34,286
64108	31,423	75502	15,531
64183	41,847	75793	20,186
64249	42,048	75868	20,648
64865	38,954	76407	20,632
65752	39,031	76814	45,857
66633	35,021	76818	17,231
66912	18,307	76922	23,873
66962	42,739	76980	33,204
67435	31,152	77442	30,854
68124	29,021	77755	11,250
68186	63,175	77766	50,863
68228	14,710	77904	29,694
68583	35,982	77956	18,867
68866	17,155	78336	28,545
69450	27,356	78603	33,193
69585	34,800	78722	39,140
69751	25,978	79020	26,305
69880	15,521	79061	32,220
70263	20,480	79262	39,171
71076	12,840	79366	27,475
71467	24,019	79704	50,167
71614	37,172	79895	33,882
71641	23,751	80088	44,009
71753	18,973	80226	27,042
71796	22,215	80227	32,172
71905	17,291	80370	27,412
72561	31,422	80447	36,046
73175	27,058	***80644***	***78,514***
73178	23,110	80879	23,580
73452	27,566	80906	33,398
73494	27,402	80991	22,922
73897	16,775	81176	24,995
73993	22,596	71315	39,785
74071	20,240	76789	33,955
74091	19,836	75879	33,667
74202	27,436	72152	34,204
74553	25,503	73422	48,415

Örneklerin ısı akış oranı ve termal difüzivite değerlerini çıktı olarak kabul eden regresyon modellerinde kumaş kompozisyonlarına ait denklem katsayıları ise Tablo 3.3'de sunulmuştur.

Tablo 3.3'e göre;

- Q değerini artıran kumaş kompozisyonları: **PE+PET ve PET+VİSKON** kumaşlar olduğu,
- a değerini azaltan kumaş kompozisyonlarının ise **PE+PET, PET+VİSKON** olduğu saptanmıştır.

Ölçüm sonuçlarının Minitab istatistik programı ile regresyon bağıntıları ve eğilim grafiklerinin çıkartılması sonucu örme yatak kumaşlarının;

1. İlmek sıklığı arttırılıp may sıklığı azaltıldığında,

2. Düşük kalınlık ve gramajda üretim yapıldığında, kumaşların ısı akış oranı değerinin artma termal difüzivite değerinin azalma eğilimi sunacağı değerlendirilmesi yapılabilmiştir.

Tablo 3.3. Regresyon modellerine ait katsayılar

KOMPOZİSYON	**TERMAL DİFÜSİVİTE EĞİLİM KATSAYISI**	**ISI AKIŞ ORANI EĞİLİM KATSAYISI**
%100 PAMUK	-0,017	+32
%100 PET (PET- Polietilen tereftalat)	-0,051	-74
%49 PET %43 POLİETİLEN %8 TERMOKROMİK PET	-0,087	***+334***
%50 PET %34 VİSKON %16 POLİPROPİLEN	-0,018	-111
%52 PET %48 POLİETİLEN	0,006	-216
%52 VİSKON %48 PET	0,008	+16
%54 POLİETİLEN %46 PET	-0,077	+11
%55 PET %45 BAMBU	+0,028	+39
%55 PET %45 POLİETİLEN	-0,078	+79
%56 PET %44 VİSKON	***-0,122***	***+167***
%57 POLİETİLEN %43 PET	-0,002	+40
%57 PET %43 BAMBU	-0,002	+110
%57 PET %43 GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ PET	-0,036	-104
%58 POLİETİLEN %42 PET	-0,017	+180

%59 POLİETİLEN %41 PET	+0,124	+8
%59 PET %41 POLİETİLEN	***-0,072***	***+227***
%59 PET %41 VİSKON	-0,008	-30
%60 PET %40 PAMUK	+0,033	-92
%60 PET %40 VİSKON	**-0,103**	-25
%61 PET %34 VİSKON %5 POLİAMİD	0,016	-74
%61 PET %39 VİSKON	-0,003	-62
%62 PET %37 VİSKON %1 BAMBU	-0,019	-36
%62 PET %38 POLİETİLEN	***-0,118***	***+146***
%64 PAMUK %36 PET	-0,042	-91
%65 PET %35 BAMBU	-0,025	-87
%65 PET %35 POLİETİLEN	+0,055	-154
%65 PET %35 VİSKON	+0,045	-39
%66 PET %23 POLİETİLEN %11 TERMOKROMİK	+0,035	+23
%66 PET %28 VİSKON %6 TESLA (İletken iplik)	+0,031	+27
%66 PET %34 TENSEL LF	-0,032	-204
%67 PET %33 VİSKON	-0,083	+126
%68 PET %32 ORGANIC PAMUK-KETEN	***-0,111***	+1
%68 PET %32 POLİETİLEN	***-0,145***	***+187***
%68,5 PET %25.2 VİSKON %6,3 KETEN	-0,065	+5
%69 PET %31 TENSEL LF	-0,005	-176
%69,2 PET %21 POLYAMİD %9 TENSEL LF %0.8 ELASTAN	-0,001	-169
%69,5 PET %29 POLYAMİD %1,5 ELASTAN	+0,003	-126
%69,7 PET %30 VİSKON %0,3 ELASTAN	-0,026	+39
%69,7 PET %29 VİSKON %1 PAMUK %0,3 KARBON	-0,017	+53
%70 PET %30 TENCEL STANDART	-0,097	-20
%70,7 PET %28 TENSEL LF %1,3 ELASTAN	0,145	+23
%71 PET %23,2 VİSKON %5,8 KETEN	-0,096	***+197***
%71 PET %29 VİSKON	-0,061	+134
%72 PET %27 VİSKON %1 POLYAMİD	-0,051	-13
%72 PET %28 MİKROAKRİLİK	-0,095	+45
%73 PET %26 VİSKON %1 BAMBU	-0,108	+56
%73 PET %27 MODAL	-0,103	+13
%73 PET %27 POLİETİLEN	-0,112	+35

%74 PET %25 VİSKON %1 BAMBU	+0,159	-250
%75 PET %22,5 VİSKON %2,5 İPEK	-0,043	-40
%75 PET %25 TENSEL LF	+0,181	+13
%75 PET %25 PAMUK	+0,031	-197
%75 PET %25 COOLMAX	-0,04	-3
%76 PET %24 MODAL	-0,036	+2
%76 PET %24 PAMUK	-0,085	+9
%76,8 PET %13 GÜMÜŞ %10,2 VİSKON	-0,064	+25
%78 PET %22 POLİETİLEN	***-0,163***	***+268***
%79 PET %21 VİSKON	+0,046	-180
%80 PET %20 POLYAMİD	-0,1	+49
%80 GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ PET %20 PET	-0,036	-74
%81 PET %19 POLYAMİD	+0,05	-170
%82 PET %18 POLYAMİD	***-0,112***	-20
%83 PET %12 VİSKON %3 KETEN %1,7 PAMUK %0,3 KAPOK	+0,058	-180
%84 PET %16 TENSEL STANDART	-0,034	+85
%87 PAMUK %13 PET	-0,043	-18
%87 PET %13 TERMOKROMİK PET	-0,022	+23
%90 PET %10 GÜMÜŞ	-0,026	-135
%90 PET %10 COOLMAX	-0,04	-126
%91,4 PET %8,6 VİSKON	-0,051	+9
%92 PET %8 COOLMAX	-0,083	+46
%94 PET %6 TESLA (İletken iplik)	+0,002	-202
%97 PET %2,8 PAMUK %0,2 GÜMÜŞ	+0,074	-293
%98 PET %1,4 VİSKON %0,6 YÜN	-0,08	-158
%99 PET %1 SOYA	+0,026	-47
%99 PET %1 ELASTAN	-0,01	-140
%99,6 PET %0,4 ELASTAN	-0,038	-228

İstatistiksel analizler sonucu belirlenen ve yüksek ısı akış oranı vereceği tahminlenen kumaş kompozisyonları işletme bünyesindeki Mayer OVJA 1.6 60 sistem, 38 pus / 20 Fein örme makinesinde üretilmiştir. Ön yüzde süprem, arka yüzde iplik bağlantıları şeklinde oluşan örgü yapısı, iki iplikten farklı olarak atlama ve ilmek sırasında askı yapılmasıyla oluşan bağlantı iplikleri kullanılarak örülmesiyle (üç iplik yöntemi) daha ince kalınlık ve yüksek ilmek sıklığı viskon / polyester konstrüksiyonuna sahip 8 adet kumaş örülmüştür. Üretilen 8 kumaşın alambeta test sonuçlarına bakılmış ısı akış oranı

en fazla artış ve termal difüzivite değerinde en fazla azalma tespit edilen 94086 numaralı kumaş seçilmiştir. Bu kumaş havuzuna ait Alambeta ölçüm sonuçları da Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Çalışma kapsamında üretilen MFDM uygulanacak kumaşların Alambeta test sonuçları

Kumaşların Numarası	**Termal iletkenlik (W/mKx10^3)**	**Termal difüzivite (m^2/s)**	**Termal absorbtivite (Ws$^{1/2}$ /m^2 K)**	**Termal direnç (Km2/Wx10-3)**	**Maksimum ısı akış oranı (W/m^2)**
91153	47,6	0,043	229,85	26,8	350,05
91152	46	0,038	235,75	26,45	352,8
90876	45,3	0,044	217,7	26,25	325,05
91148	46,9	0,039	237,5	27,75	355
91154	47,95	0,037	249	27,25	369,3
91151	44,9	0,033	248,0	24,9	374,9
91149	46,65	0,031	267,5	25,9	381,6
94086	***42,7***	***0,024***	***279,6***	***25,45***	***468,6***

Alambeta ölçümlerinin değerlendirmesi sonucunda seçilen, nihai olarak ısı yayılımını azaltarak vücut sıcaklığındaki düşüşü hızlandırıcı etki sağlayan desen ve örgü yapısına sahip olarak nitelenen 80644 ve 94086 numaralı kumaşların iplik ve kumaş örme teknik bilgileri Tablo 3.5- 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.5. 80644 numaralı kumaşın iplik dağılımı

Grubu	**Sıra No**	**Ürün Adı**	**Besleme Sayısı**	**Gramaj gr/m^2**	**İplik Oran %**
Önyüz	1	400/132 Dn %100 Soğuk İplik Yarı Mat	30	181,90	59,0
Zemin	1	150/48 Dn %100 Pet Yarı Mat DTY	15	43,40	14,0
Zemin	2	150/48 Dn %100 Pet Yarı Mat DTY Mavi	15	34,10	11,0
Dolgu1	1	600/144 Dn %100 Pet Yarı Mat DTY	15	49,60	16,0
Toplam				310,0	100,0

Tablo 3.6. 80644 numaralı kumaşın örme teknik bilgileri

Ham En	**Mamul En**	**Ham İlmek**	**Mamul İlmek**
260 cm	230 cm	9,90	11,0
Ham gr/m^2	**Mamul gr/m^2**	**Ham İlmek Sütun Sayısı**	**Mamul İlmek Sütun Sayısı**
280,19	310,0	9,23	10,21
Makine Çapı	**İğne Sıklığı**	**Sistem Sayısı**	**Randıman**
38	20	60	%85
Makine Hızı	**Üretim Rotası**	**Örgü Faktörü**	**Bağlantı Oranı**
20	Tüpkes+Ram+ Kalite Kontrol	2	%10

Tablo 3.7. 94086 numaralı kumaşın iplik dağılımı

Grubu	Sıra No	Ürün Adı	Besleme Sayısı	Gramaj gr/m^2	İplik Oran %
Önyüz	1	Ne 28/1 %100 Viskon	30	130,0	50,0
Zemin	1	75/36 Dn %100 Pet Yarı Mat DTY Siyah	30	130,0	50,0
Toplam				260,0	100,0

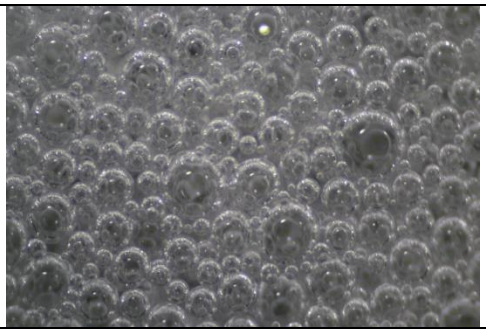
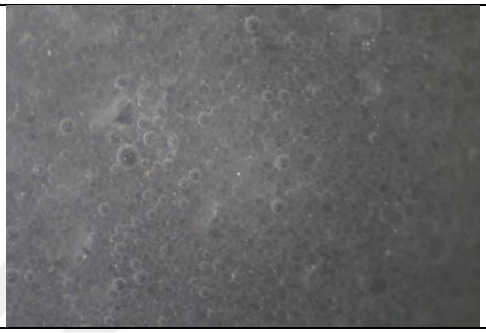
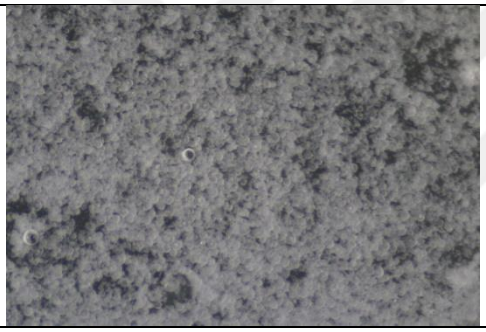
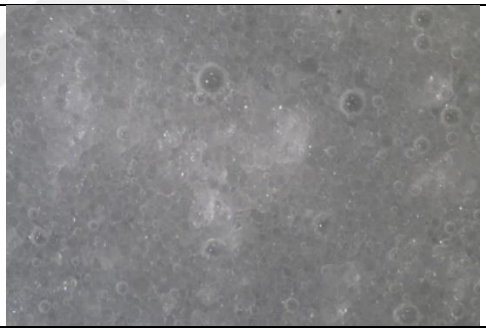
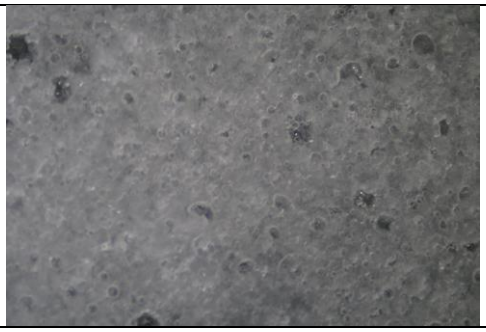
Tablo 3.8. 94086 numaralı kumaşın örme teknik bilgileri

Ham En	Mamul En	Ham İlmek	Mamul İlmek
260 cm	230 cm	11,70	13,0
Ham gr/m^2	**Mamul gr/m^2**	**Ham İlmek Sütun Sayısı**	**Mamul İlmek Sütun Sayısı**
240	260	9,38	10,17
Makine Çapı	**İğne Sıklığı**	**Sistem Sayısı**	**Randıman**
38	20	60	%85
Makine Hızı	**Üretim Rotası**	**Örgü Faktörü**	**Bağlantı Oranı**
20	Tüpkes+Ram+ Kalite Kontrol	2	%10

3.2 MFDM Örneklerine Ait Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi

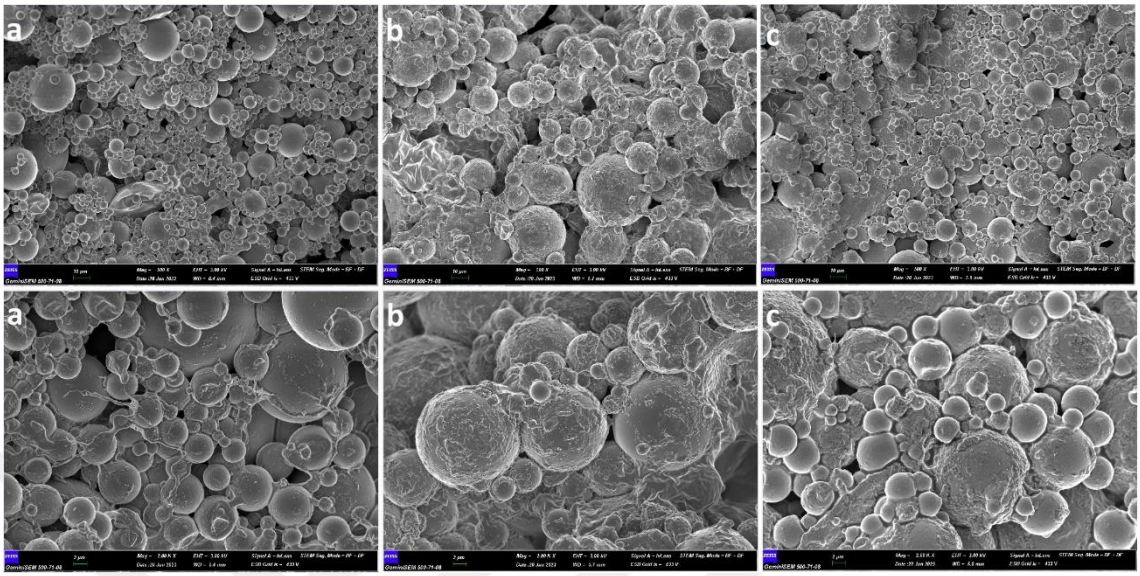
3.2.1 MFDM Örneklerine Ait Optik Mikroskop Görüntüleri ve Yorumlanması

Hazırlanan FDM mikrokapsül örnekleri ile ticari MFDM'nin optik mikroskop yardımıyla görüntülerine bakılmıştır. Mikrokapsül görüntülerinin küresel şekilli ve düzgün morfolojiye sahip olduklarını gözlemlenmiştir.

	
Mikrokapsüllenmemiş FDM	**PEG-400 + PEG-1000**
	
Hekzadekan	**Hekzadekan+ PEG-1000**
	
Oktadekan	**Hekzadekan + Oktadekan**
	
Heptadekan	**Ticari FDM**

Şekil 3.1. MFDM örnekleri ve ticari MFDM'ye ait optik mikroskop görüntüleri

3.2.2 MFDM Örneklerine Ait FE-SEM Analiz Görüntüleri ve Yorumlanması

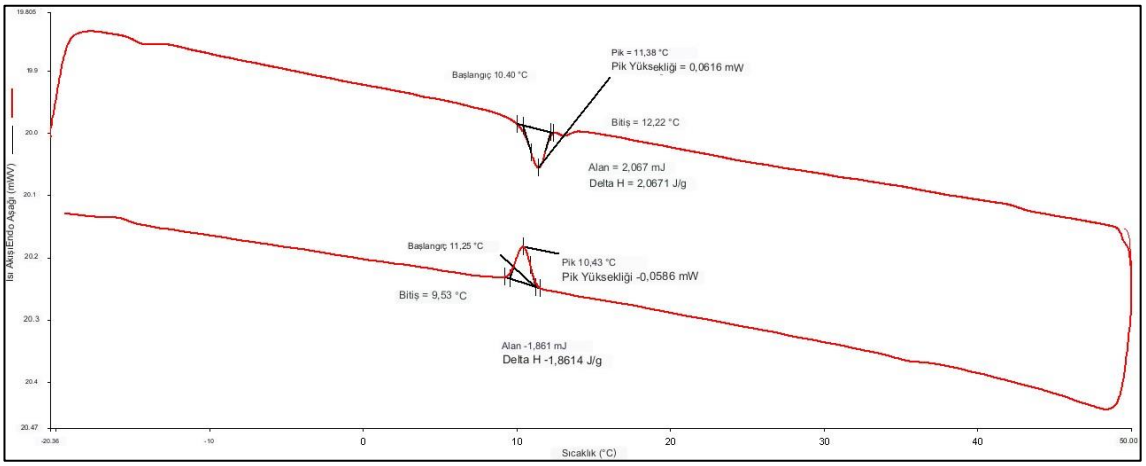


Şekil 3.2. Üretilen MFDM (a), ticari MFDM (b) ve her ikisinin karıştırıldığı MFDM (c)'lere ait 500X (üsttekiler) ve 2 KX(alttakiler) büyütmedeki FE-SEM görüntüleri.

Şekil 3.2'den anlaşılacağı üzere çalışma kapsamında dairesel şekilli, düzgün yüzeye sahip mikrokapsüller üretilmiştir. Ticari MFDM'ye kıyasla mikrokapsüllerin birçoğu 10 µm'den daha küçük çapa sahiptir. Yüzeyin pürüzsüzlüğünden anlaşılacağı üzere FDM'ler büyük bir çoğunluğu kapsüllenmiştir. Ticari MFDM'lerin, tez kapsamında üretilen MFDM'lere göre yüzeyi daha pürüzlü durumdadır. Her iki MFDM karıştırıldığında homojen yapının bozulduğu ve 10 µm altındaki mikrokapsüllerin büyük çapa sahip mikrokapsülleri çevrelediği görülmektedir. Ticari mikrokapsüllerin etrafındaki pürüzlü yapının büyük ve küçük mikrokapsüllerin yüzeyini kapladığı görülmektedir.

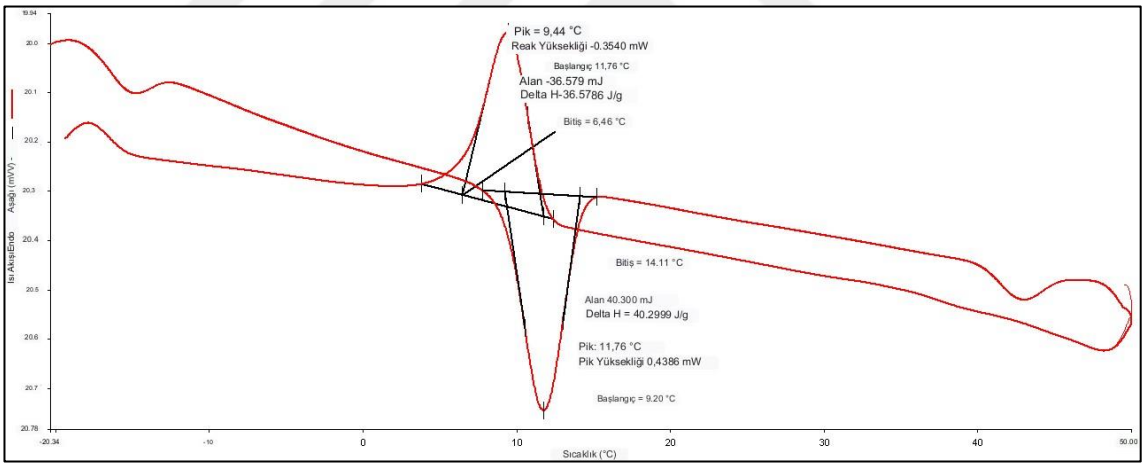
3.2.3 MFDM Örneklerine Ait DSC Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi

MFDM örneklerinin DSC analizleri Perkin-elmer Jade DSC cihazında 2 °C/dk ısıtma/soğutma oranında ve azot (N2) atmosferinde gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçları Şekil 3.3- 3.8'de görülmektedir.



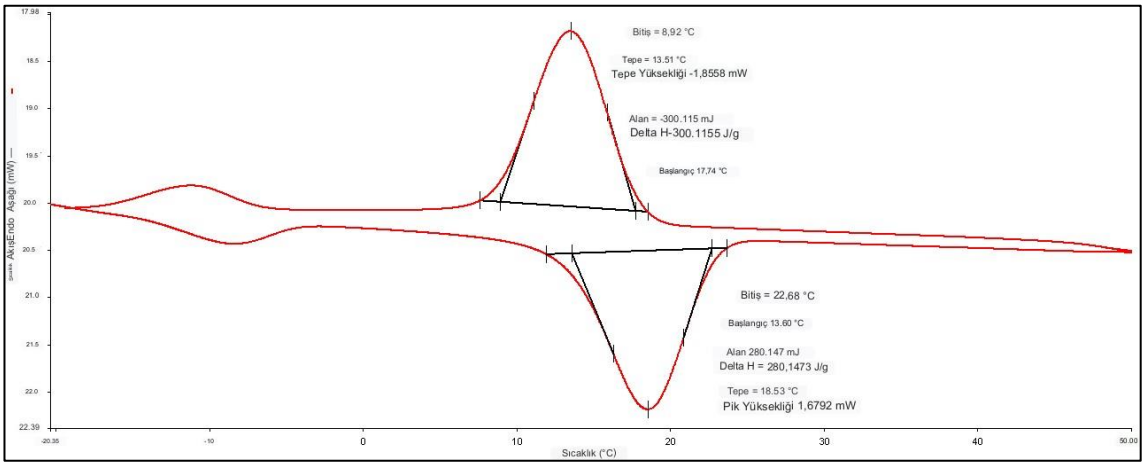
Şekil 3.3. Hekzadekan içerikli mikrokapsüllerin DSC grafiği

Yukarıda Şekil 3.3'te Hekzadekan içerikli MFDM'nin DSC grafiğinde iki pik verdiği, 9-11°C aralığında 10,43°C'de -1,8614 J/g entalpi (ΔH) değeri ve 10-12°C aralığında 11,38°C de 2,0671 J/g ΔH değerine sahip olduğu görülmektedir.



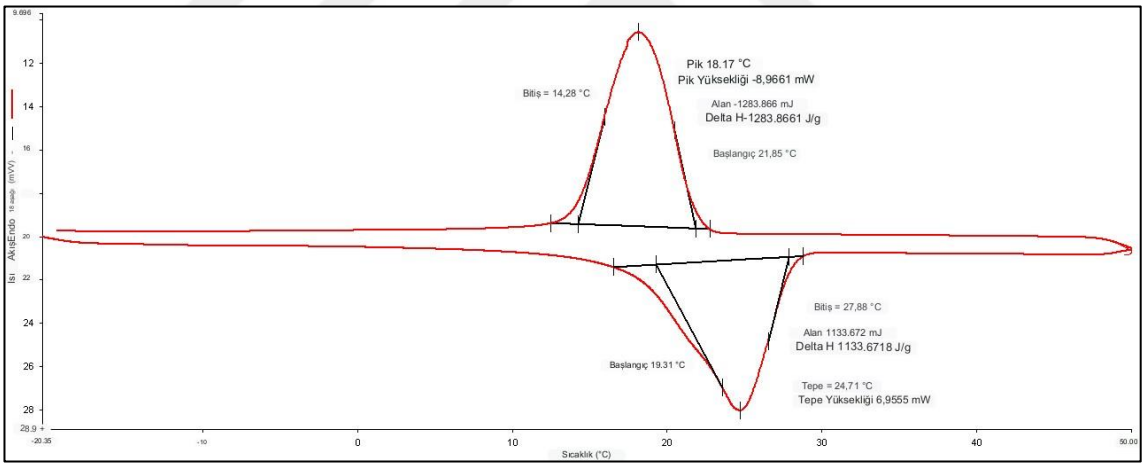
Şekil 3.4. Hekzadekan + Peg1000 içerikli mikrokapsüllerin DSC grafiği

Yukarıda Şekil 3.4'te Hekzadekan + Peg1000 içerikli MFDM'nin DSC grafiğinde iki pik verdiği, 9-14°C aralığında 11,76°C'de 40,2999 J/g ΔH değeri ve 6-11°C aralığında 9,44°C de -36,5786 J/g ΔH değerine sahip olduğu görülmektedir.



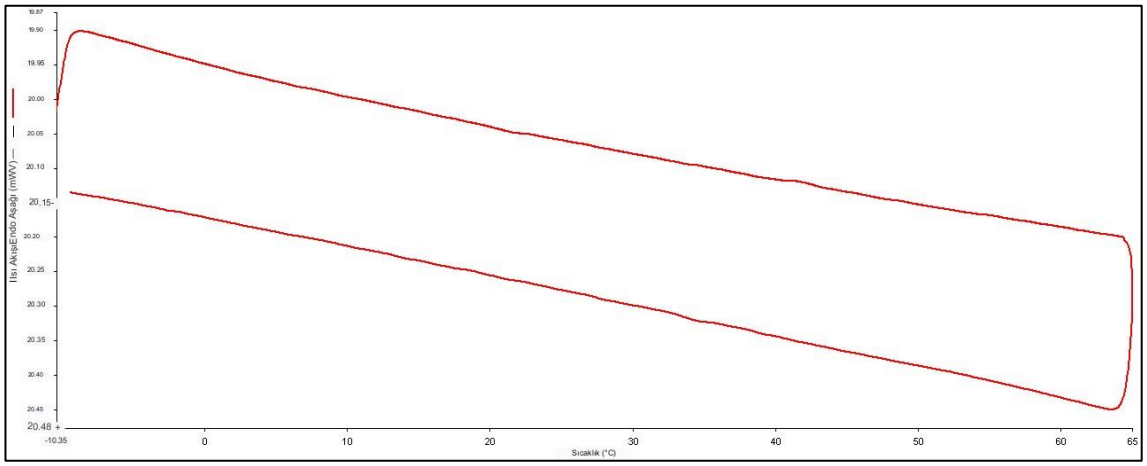
Şekil 3.5. Hekzadekan + Oktadekan içerikli mikrokapsüllerin DSC grafiği

Yukarıda Şekil 3.5'de Hekzadekan + Oktadekan içerikli MFDM'nin DSC grafiğinde iki pik verdiği, 13-23°C aralığında 18,53°C'de 280,1473 J/g ΔH değeri ve 8-18°C aralığında 13,51°C de -300,1155 J/g ΔH değerine sahip olduğu görülmektedir.



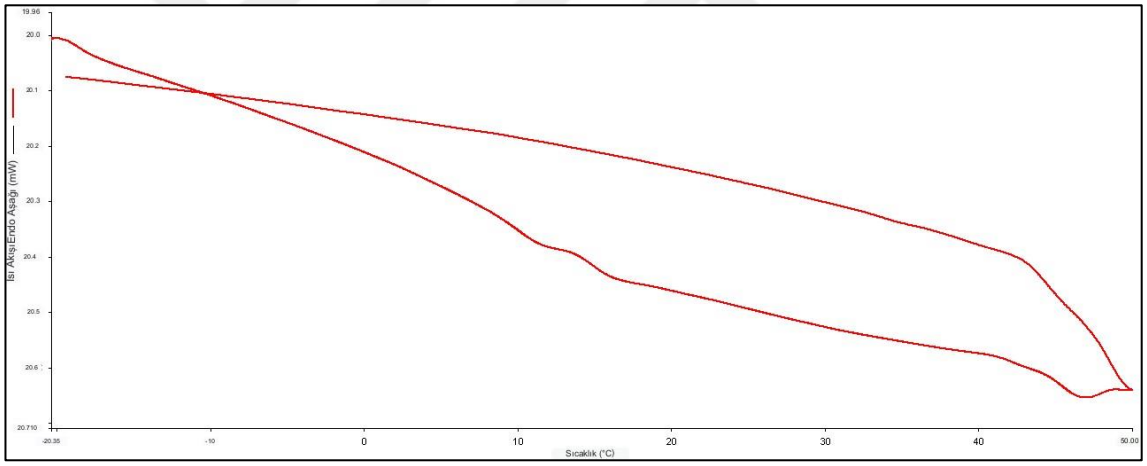
Şekil 3.6. Oktadekan içerikli mikrokapsüllerin DSC grafiği

Yukarıda Şekil 3.6'da Oktadekan içerikli MFDM'nin DSC analiz grafiğinde iki pik verdiği, 19-28°C aralığında 24,71°C'de 1133,6718 J/g ΔH değeri ve 14-22°C aralığında 18,17°C de -1283,8661 J/g ΔH değerine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 3.7. Heptadekan içerikli mikrokapsüllerin DSC grafiği

Heptadekan FDM içerikli mikrokapsül örneklerine DSC analizi yapılmış ve pik görülmemiştir. Bundan dolayı kumaş aplikasyonunda kullanılmamıştır.



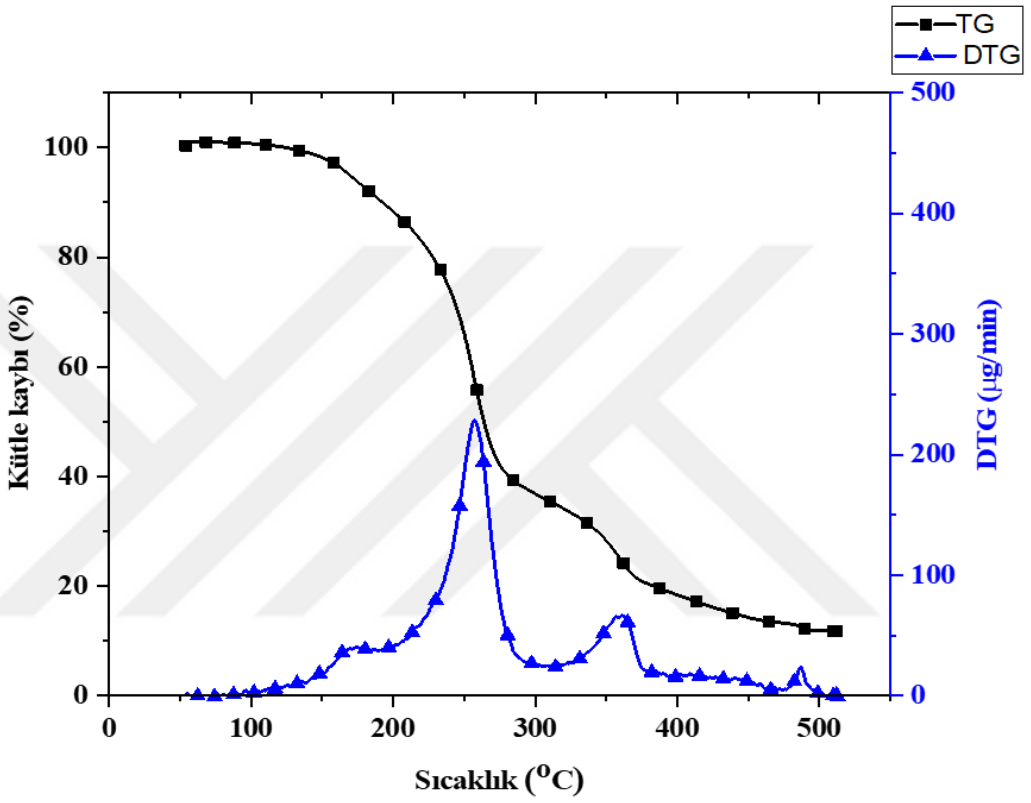
Şekil 3.8. Peg 400 +Peg 1000 içerikli mikrokapsüllerin DSC grafiği

PEG-400 +PEG-1000 FDM içerikli mikrokapsül örneklerine DSC analizi yapılmış ve pik görülmemiştir. Bundan dolayı kumaş aplikasyonunda kullanılmamıştır.

DSC analizleri sonucunda Hekzadekan + Oktadekan kullanıldığı durumda yüksek entalpiye sahip ve oda sıcaklığında termal aktivite sergileyen FDM mikrokapsülerin üretilebildiğini göstermiştir. 24 derecenin altında aktivite sergileyen (Şekil 3.4) Hekzadekan+Oktadekan FDM içerikli mikrokapsül banyosunun tez kapsamında kumaş aplikasyonunda kullanılmasına karar verilmiştir.

3.2.4 MFDM Örneklerine Ait TG/DTA Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi

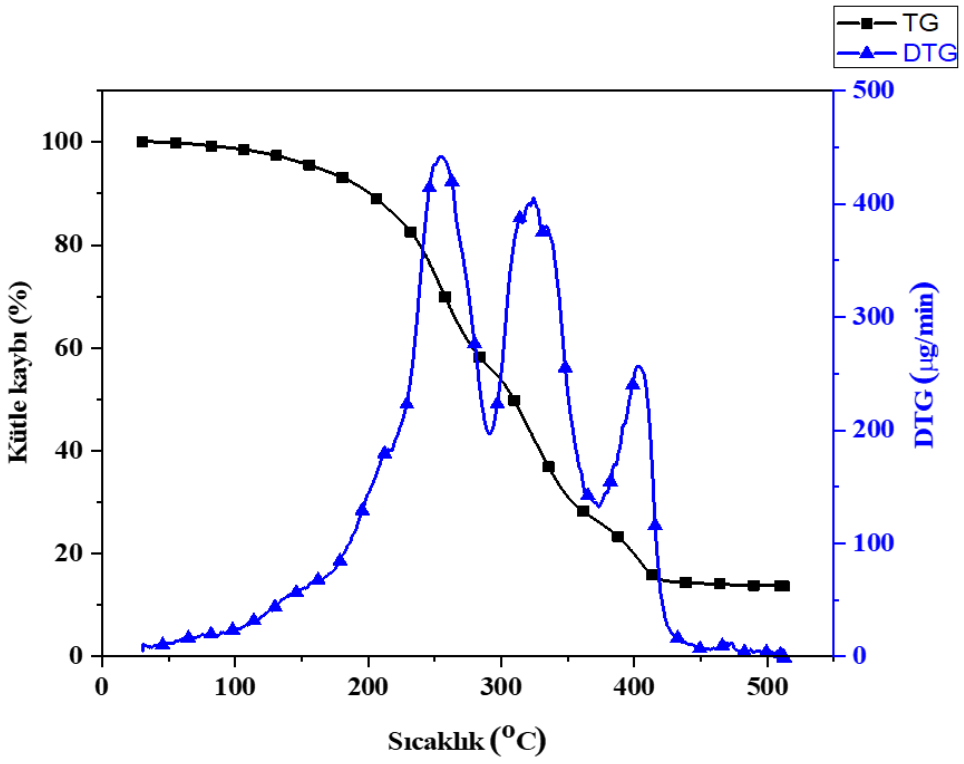
DSC analizi sonucunda en yüksek ısıl depolama özelliğine sahip olan MFDM, ticari MFDM ve her ikisinin karışımı ile üretilen MFDM'lere TG/DTA analizleri uygulanmıştır.



Şekil 3.9. Üretilen MFDM'ye ait TGA ve DTGA grafikleri

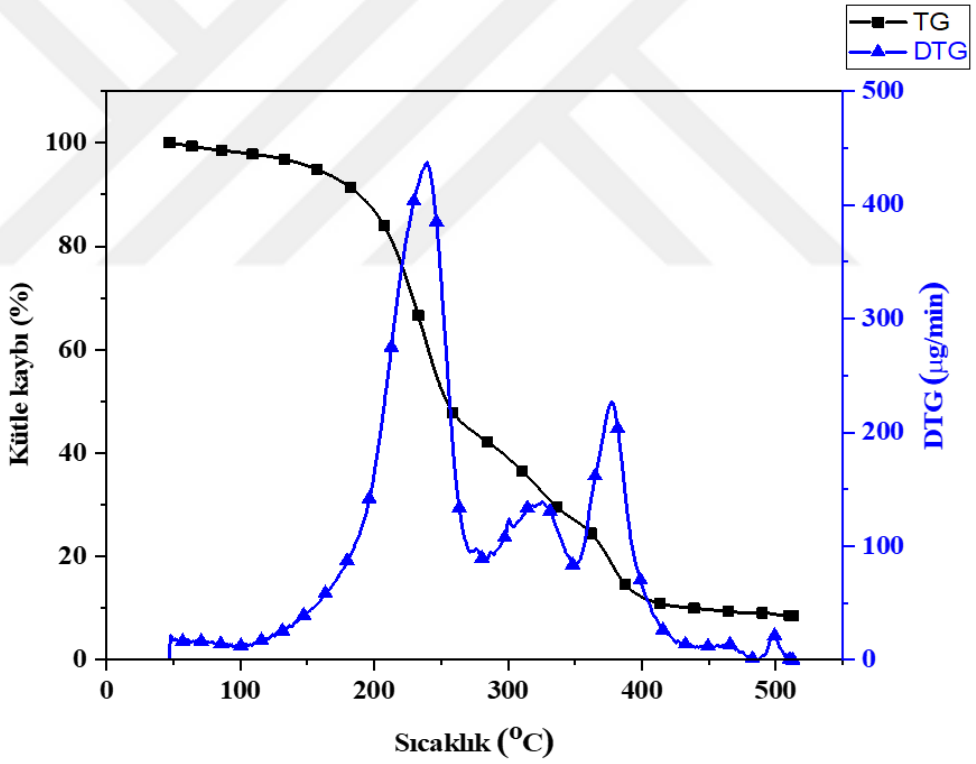
Şekil 3.9, hekzadekan ve oktadekan içeren MFDM'ye ait TGA ve diferansiyel termogravimetrik analiz (DTG) eğrilerini göstermektedir. Üretilen MFDM 3 adımda bozunmuştur ve başlangıç ağırlık kaybı yaklaşık %60 civarında olup 110 ila 286 °C aralığında gerçekleşmiştir. DTG eğrisinden anlaşılacağı üzere 257 °C'de maksimum pik gözlenmiştir. Literatür incelendiğinde hekzadekan 145-190 °C sıcaklık aralığında toplam ağırlığını kaybettiği görülmektedir. Benzer şekilde n-oktadekan toplam ağırlığını 100-200 °C aralığında kaybetmektedir. Birinci adımda gerçekleşen ağırlık kaybının büyük oranda yapıdaki çekirdek FDM'lerden ve yapıdaki su moleküllerinden kaynaklandığı düşünülmektedir [62, 63].

Üretilen MFDM'lerin kabuk kısmı arap zamkı ve jelatin malzemelerinden oluşmaktadır. Yapılan çalışmalarda arap zamkının, termal ayrışmasının 238,2◦C'de başladığı ve iki aşamada gerçekleştiği görülmüştür. Birinci aşamadaki kütle kaybı yaklaşık %9 ve ikinci aşamada ise yaklaşık %63 civarında olduğu tespit edilmiştir. İlk aşama 31-126,4 °C sıcaklık aralığında gerçekleşmektedir. Bu aşama, yapıdan su moleküllerinin uzaklaşması ile ilgili olduğu bilinmektedir. Arap zamkının ikinci aşaması, 211,3 ila 389,4◦C sıcaklık aralığında gerçekleşmektedir [64]. Benzer şekilde saf Jelatinin TGA eğrisi iki aşamalı olup ilk aşama (80-90 °C) su kaybı ile ilgilidir. Jelatin tüm ağırlığını ikinci aşamada 230-250 °C'de kaybetmektedir [65]. Şekil 3.9'daki ilk kütle kaybı içerisinde FDM malzemelerini yanı sıra arap zamkının su tahliyesi kısmının; jelatinin ise büyük oranda kütle kaybının gerçekleştiği düşünülmektedir. Şekil 3.9'dan anlaşılacağı üzere ikinci aşamada 360 °C'de görülen maximum pik ile 312-385 °C sıcaklık aralığında %16'lık kütle kaybı gerçekleşmiştir. Bu aşamada büyük oranda arap zamkına ait kalıntılar ayrışmaktadır. 476-499 °C sıklık aralığında %1'lik kütle kaybı ise yapıdaki kalıntılardan veya mikrokapsülleme esnasında kullanılan yardımcı malzemelerden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 3.10. Ticari MFDM'ye ait TGA ve DTGA grafikleri

Şekil 3.10, ticari MFDM'ye ait TGA ve DTG eğrileri verilmiştir. Ticari MFDM üç adımda bozunmuştur. İlk bozunma 50-290 °C sıcaklık aralığında gerçekleşmiştir ve külte kaybı yaklaşık %45 oranındadır. Ticari MFDM, melamin –formaldehit reçine (%5) , vaks (%20) , emülgatör (%12) ve su (%64)'dan oluşmaktadır. Birinci aşamada büyük oranda yapıdan su molekülleri ayrılmıştır. İkinci aşama ise %29'luk kütle kaybı ile 292-273 °C sıcaklık aralığında gerçekleşmiştir. Üçüncü aşama ise tez kapsamında üretilen MFDM'ye göre çok daha belirgin olması ile birlikte 372-420 °C sıcaklık aralığında %11'lik kütle kaybı ile gerçekleşmiştir. Literatür incelendiğinde, melamin –formaldehit dört aşamada bozunduğu görülmüştür [66] . Yapıdaki oranı veya ısıtma hızından kaynaklı dördüncü pik gözükmemektedir. Vaks ve emülgatörlerin varlığı ikinci ve üçüncü bozunmaların üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.11. Ticari ve üretilen MFDM karışımlı TGA ve DTGA grafikleri

Şekil 3.11'de üretilen ve ticari MFDM'lerin 1:1 oranında karıştırılması ile elde edilen MFDM'ye ait TG ve DTG analiz grafikleri verilmiştir. Karışım MFDM'lerin dört aşamada bozunduğu ve ticari MFDM'nin keskin piklerinin üretilen MFDM'nin eklenmesi ile düştüğü görülmektedir. Tez kapsamında üretilen MFDM'ye göre, ticari MFDM yapısındaki su miktarının fazla olmasından kaynaklı kütle kaybının başladığı

sıcaklık 48 °C'lere kadar düşmüştür. İlk aşama 282 °C'de %58'lik kütle kaybı ile tamamlanmıştır. Yapıdan su moleküllerinin ve çekirdek kısımdaki FDM'lerin ayrıştığı düşünülmektedir. İkinci adımda ise 280-340 °C sıcaklık aralığında %7'lik kütle kaybı tespit edilmiştir. Üretilen MFDM'nin varlığı ile ikinci aşamadaki kütle kaybı oranı ticari MFDM'ye göre düşmüştür. Üçüncü aşamada ise %17'lik kütle kaybı 348-415 °C sıcaklık aralığında gerçekleşmiştir. Üretilen MFDM'de görülen dördüncü pik karışım MFDM'ye taşınmıştır. Dördüncü aşama %0,5'lik kütle kaybı ile 482-512 °C sıcaklık aralığında gerçekleşmiştir.

3.3 MFDM Uygulanan Kumaşlara Ait Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi

3.3.1 MFDM Uygulanan Kumaşların Alambeta Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Tez çalışmasında kullanılmasına karar verilen 80644 ve 94086 kodlu kumaş örneklerinin MFDM aplikasyonu sonrası Alambeta ölçüm sonuçları Tablo 3.9 ve Tablo 3.10'da görülmektedir.

Tablo 3.9. 80644 numaralı kumaşın ısıl difüzivite ve maksimum ısı akış oranı ölçümleri

NUMUNE	Termal iletkenlik ($W/mKx10^3$)	Termal difüzivite (m^2/s)	Termal absorbtivite ($Ws^{1/2}/m^2$ K)	Termal direnç ($Km2/Wx10^{-3}$)	Maksimum ısı akış oranı (W/m^2)
Ham Kumaş	47,90	0,028	286,50	40,10	555,50
Ticari MFDM	50,93	0,014	433,70	48,90	497,90
Üretilen MFDM	48,70	0,024	321,80	45,10	514,90
Üretilen MFDM +Ticari MFDM	50,50	0,015	428,40	41,30	687,20

Tablo 3.9'da görüldüğü gibi, ham kumaşa göre MFDM ilavesi ile numunelerin termal difüzivite değerlerinde gerileme, termal absorbtivite, termal direnç ve termal iletkenlik değerlerinde artış görülmüştür. Ticari ve üretilen MFDM uygulanan kumaş örneklerinin, ham kumaşa göre maksimum ısı akış oranında artış olmadığı görülmüştür. Ancak; ticari MFDM örneği ile üretilen MFDM örneğinin 1:1 kullanılmasıyla elde edilen kumaş örneğinin maksimum ısı akış oranında artış olduğu tespit edilmiştir.

80644 numaralı kumaşın termal özellikleri incelendiğinde, ticari MFDM ve tez kapsamında üretilen MFDM örneklerinin bir arada kullanılması ile uyku kalitesine olumlu yönde etkileyecek değerlere ulaşıldığı tespit edilmiştir.

Tablo 3.10. 94086 numaralı kumaşın ısıl difüzivite ve maksimum ısı akış oranı ölçümleri

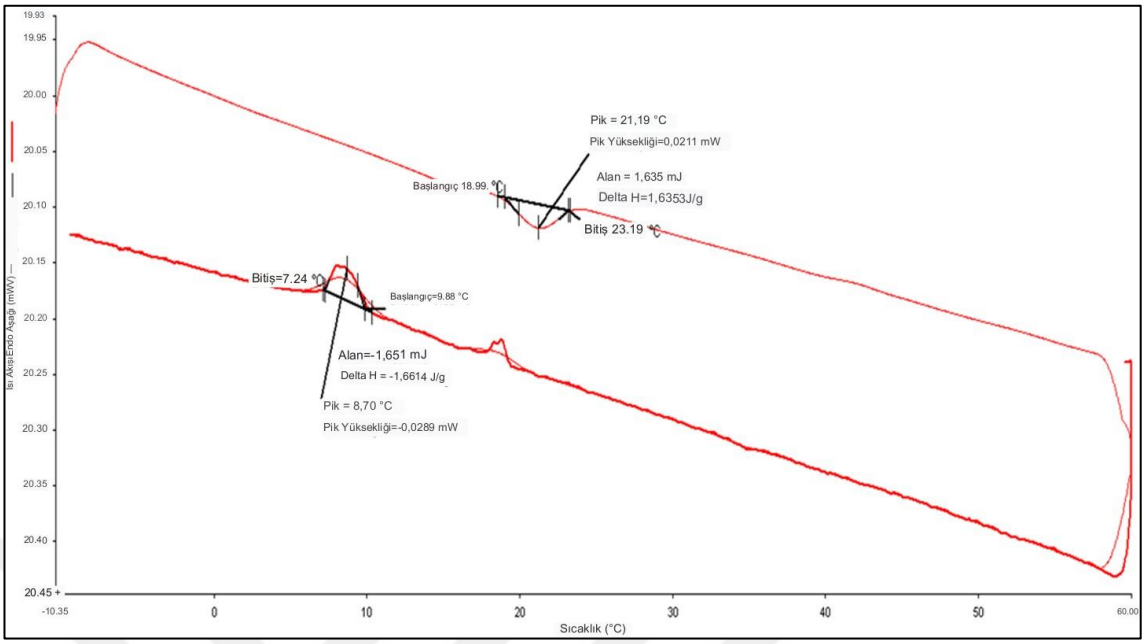
NUMUNE	Termal iletkenlik ($W/mKx10^3$)	Termal difüzivite (m^2/s)	Termal absorbtivite ($Ws^{1/2}/m^2$ K)	Termal direnç ($Km2/Wx10^{-3}$)	Maksimum ısı akış oranı (W/m^2)
Ham Kumaş	43,90	0,040	222,35	30,70	353,10
Ticari MFDM	51,18	0,020	393,70	32,78	491,30
Üretilen MFDM	49,00	0,024	334,50	30,80	442,30
Üretilen MFDM + Ticari MFDM	52,20	0,018	419,40	30,90	524,30

94086 numaralı kumaşın termal özellikleri incelendiğinde (Tablo 3.10), MFDM içeren numunelerin ham kumaşa göre termal difüzivite değerlerinde gerileme, termal absorbtivite, ısı akış oranı ve termal iletkenlik değerlerinde artış görülmüştür. Ticari MFDM ile tez kapsamında üretilen MFDM örneklerinin birlikte uygulandığı kumaş numuneleri, uyku kalitesi açısından en iyi termal etkinlik göstermiştir.

80644 ve 94086 kodlu kumaş örneklerinin MFDM aplikasyonu sonrası Alambeta ölçüm sonuçlarına tek faktörlü ANOVA uygulanmıştır. Analiz sonucunda, tez kapsamında üretilen MFDM örnekleri ile ticari MFDM örneklerinin yatak kumaşlarının termal karakteristiği üzerindeki etkileri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. Karışım MFDM örnekleri de diğerlerine göre istatistiksel olarak farklı bulunmuştur.

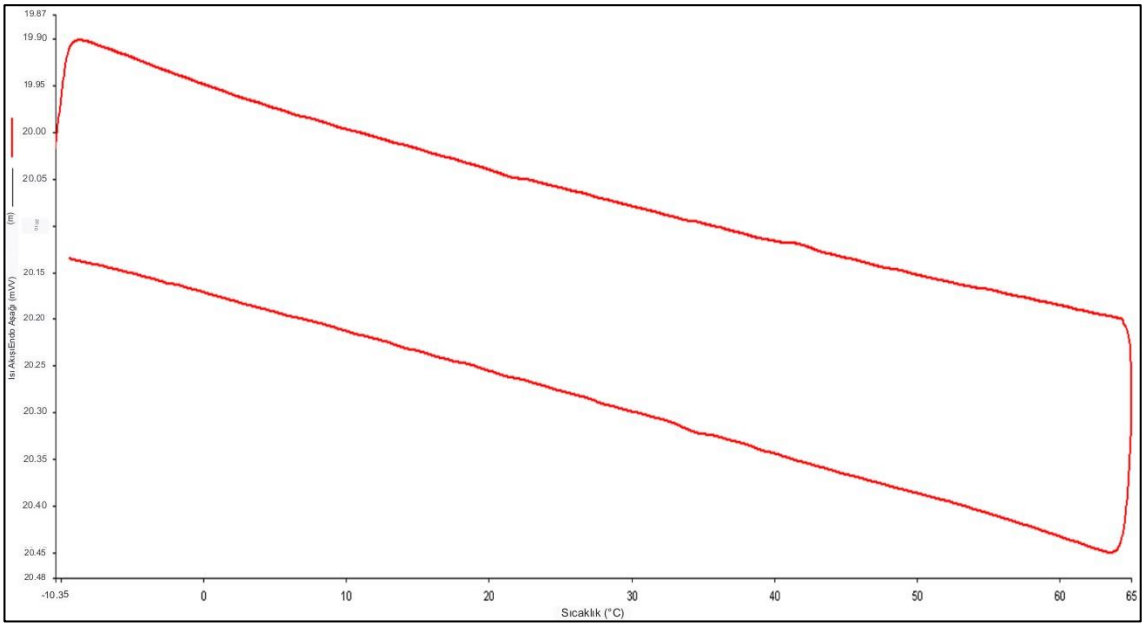
3.3.2 MFDM Uygulanan Kumaşların DSC Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Tez kapsamında yapılan termal ölçümlere göre uyku kalitesi üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu değerlendirmesi yapılan yatak kumaşı örneklerine (numune havuzundan seçilen örnek ile tez kapsamında geliştirilen konstrüksiyon) aktarılan MFDM banyoları sonrası DSC analizi yapılmıştır.



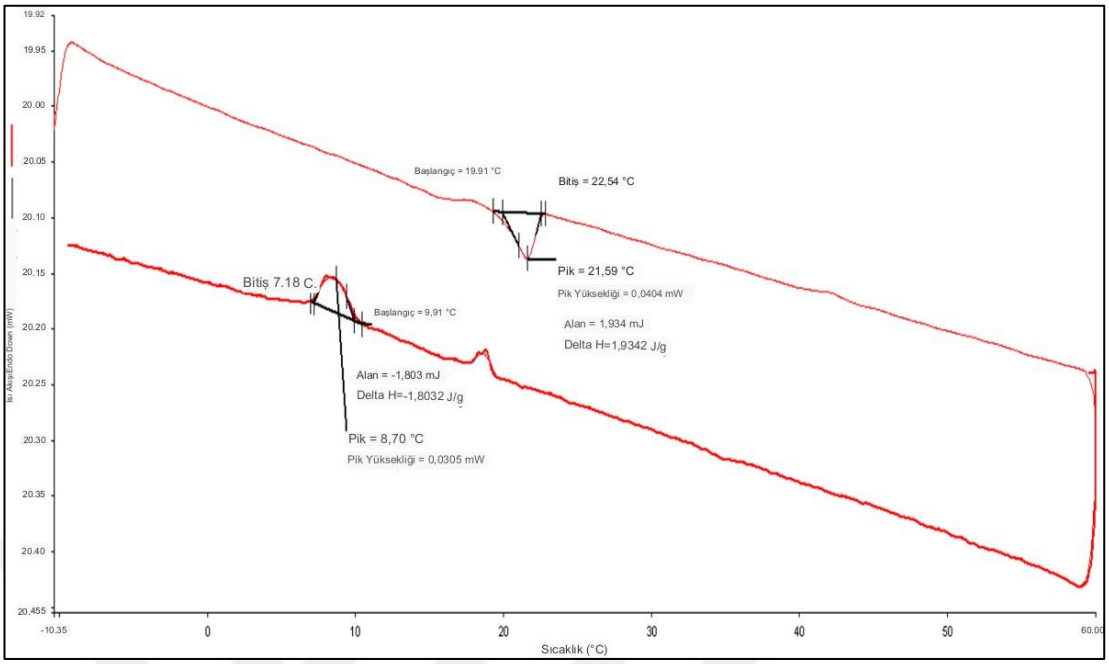
Şekil 3.12. 80644 numaralı kumaşın ticari MFDM DSC analiz grafiği

Şekil 3.12'de 80644 numaralı kumaşın ticari MFDM DSC analiz grafiğinde iki pik verdiği, 7-10°C aralığında 8,70°C'de -1,6614 J/g ΔH değeri ve 19-23°C aralığında 21,19°C de 1,6353 J/g ΔH değerine sahip olduğu görülmektedir.



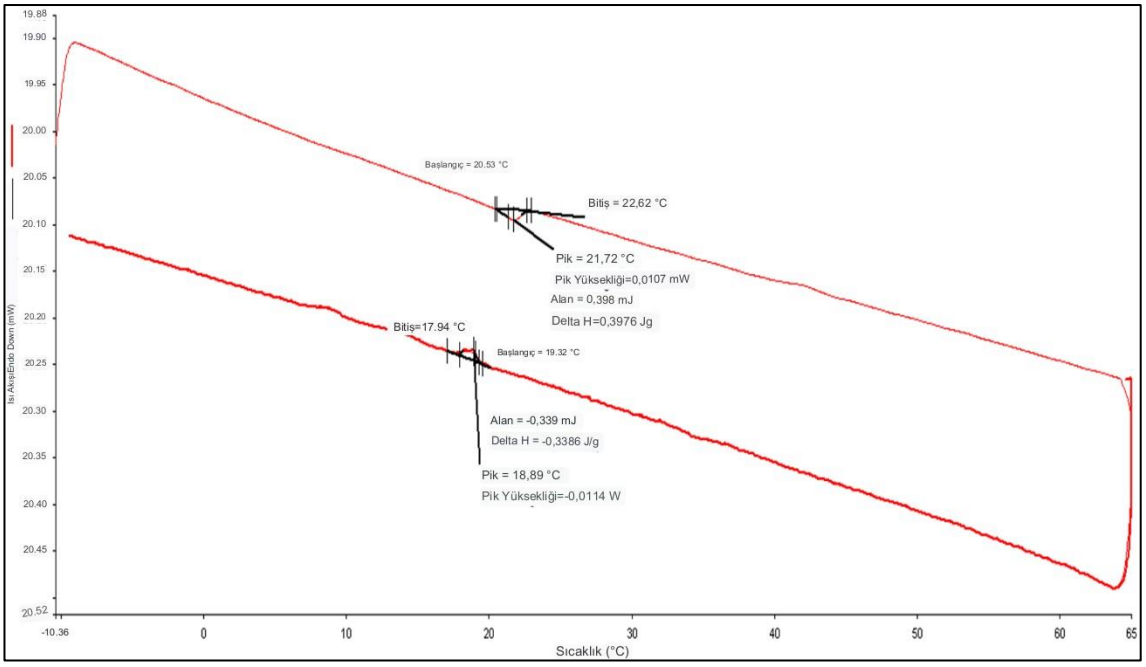
Şekil 3.13. 80644 numaralı kumaşın üretilen MFDM DSC analiz grafiği

Yukarıda Şekil 3.13'de 80644 numaralı kumaşın üretilen MFDM DSC analiz grafiğinde pik görülmediği görülmüştür.



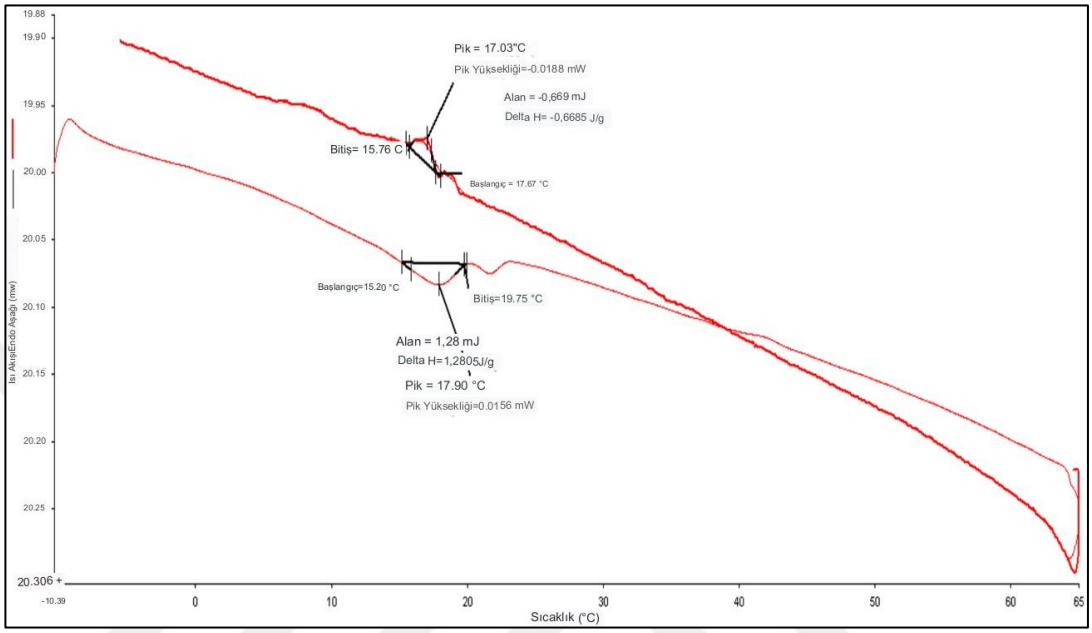
Şekil 3.14. 80644 numaralı kumaşın üretilen + ticari MFDM DSC analiz grafiği

Yukarıda Şekil 3.14'te 80644 numaralı kumaşın üretilen + ticari MFDM DSC analiz grafiğinde iki pik verdiği, 7-10°C aralığında 8,70°C'de -1,8032 J/g ΔH değeri ve 20-23°C aralığında 21,59°C de 1,9342 J/g ΔH değerine sahip olduğu görülmektedir. Üretilen MDFM ile ticari MFDM numunelerinin birlikte uygulandığı kumaş örneğinde DSC analizlerinde daha yüksek entalpi değerinin ölçüldüğü tespit edilmiştir.



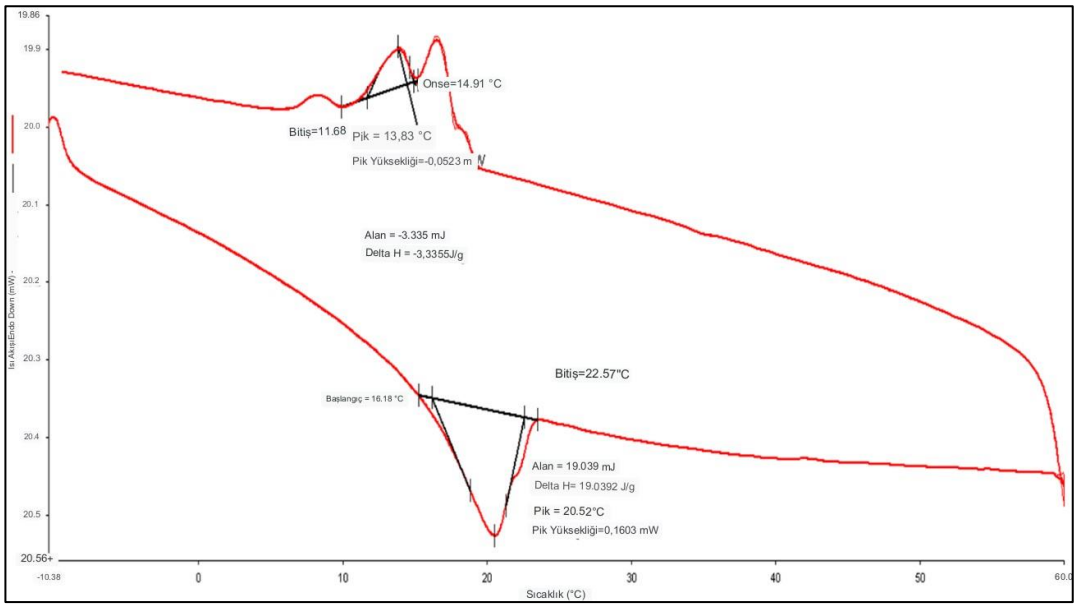
Şekil 3.15. 94066 numaralı kumaşın ticari MFDM DSC analiz grafiği

Yukarıda Şekil 3.15'te 94086 numaralı kumaşın ticari MFDM DSC analiz grafiğinde iki pik verdiği, 18-19°C aralığında 18,89°C'de -0,3386 J/g ΔH değeri ve 20-23°C aralığında 21,72°C de 0,3976 J/g ΔH değerine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 3.16. 94086 numaralı kumaşın üretilen MFDM DSC analiz grafiği

Yukarıda Şekil 3.16'da 94086 numaralı kumaşın üretilen MFDM DSC analiz grafiğinde iki pik verdiği, 15-20°C aralığında 17,90°C'de 1,2805 J/g ΔH değeri ve 16-18°C aralığında 17,03°C'de -0,6685 J/g ΔH değerine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 3.17. 94066 numaralı kumaşın üretilen + ticari MFDM DSC analiz grafiği

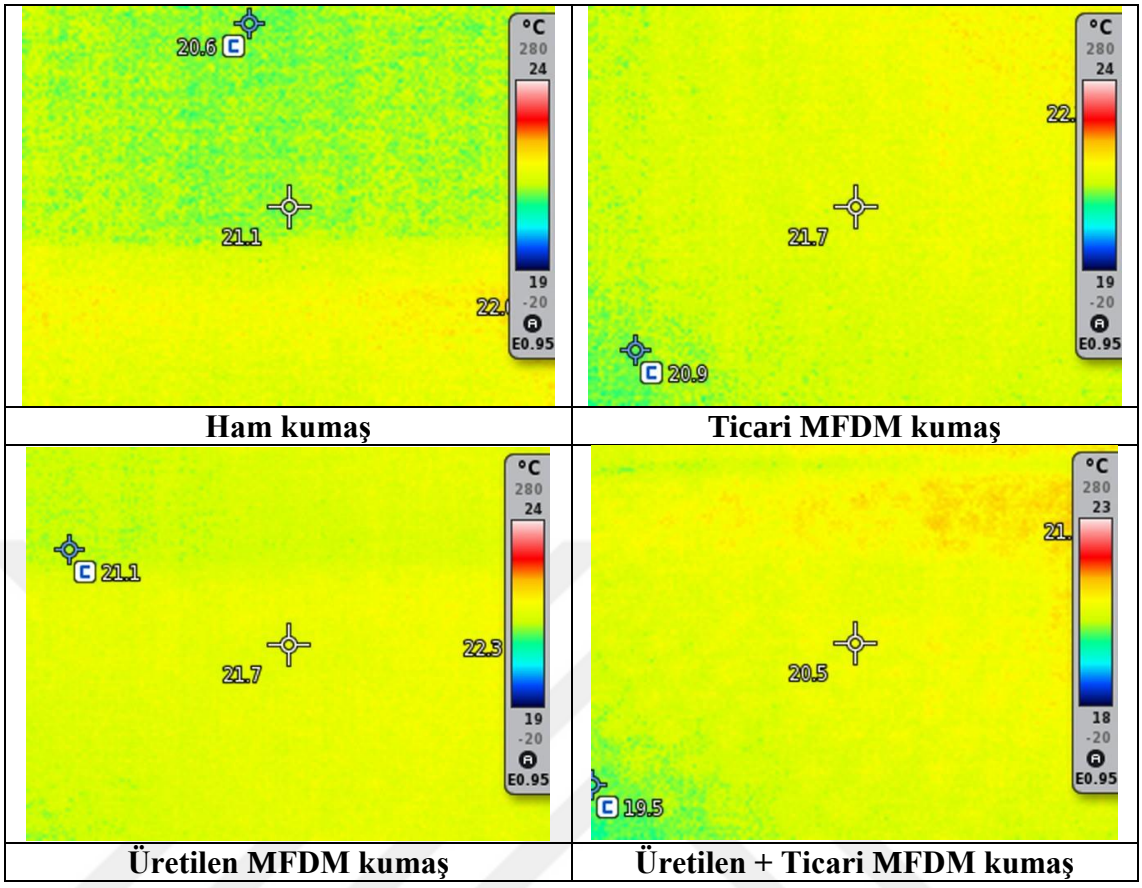
Yukarıda Şekil 3.17'de 94086 numaralı kumaşın üretilen + ticari MFDM DSC analiz grafiğinde iki pik verdiği,16-23°C aralığında 20,52°C'de 19,0392 J/g ΔH değeri ve 12-15°C aralığında 13,83°C'de -3,3355 J/g ΔH değerine sahip olduğu görülmektedir.

Her iki kumaş numunesi içinde üretilen ve ticari MFDM ayrı ayrı uygulandığında zayıf termal aktivite görülürken, bir arada kullanıldığında yüksek termal aktivite gözlenmiştir. Tez kapsamında üretilen MFDM örneklerinin kullanımı hedeflenen sıcaklık aralığında termal aktivite görülmesine engel oluşturmamıştır.

3.3.3 MFDM Uygulanan Kumaşların Termal Kamera Görüntüleri ve Yorumlanması

Ham (apresiz) ve MFDM (apreli) uygulanmış, 80644 ve 94086 numaralı kumaşların ısıl etkinlikleri termal kamera ile incelenmiştir. Kumaşlar sıcak ve soğuk ortam şartlarına maruz bırakılmış ve daha sonra laboratuvar şartlarına karşı göstermiş oldukları ısıl değişimler gözlemlenmiştir.

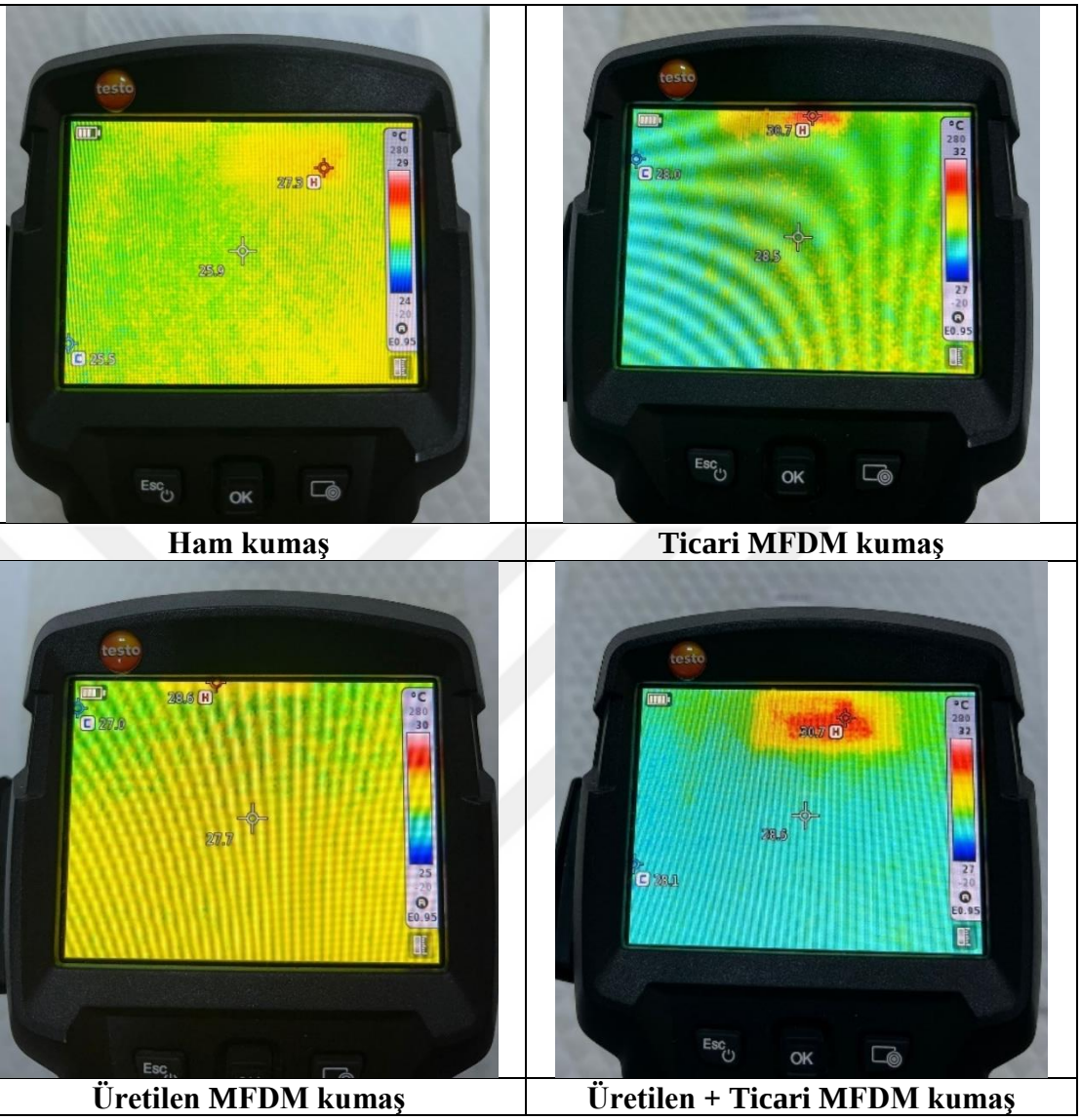
Çalışmanın ilk aşamasında 80644 numaralı kumaş laboratuvar ortam şartlar altında (ortam sıcaklığı (23 ± 2) °C, % bağıl nem (45 ± 10)) maruz bırakılıp 24 saat kondisyonlanmıştır ve ardından alınan görüntüler ve sıcaklık değerleri üzerinden yorumlar yapılmıştır. Şekil 3.18'de 80644 numaralı kumaşın normal şartlar altındaki termal kameradan alınan görselleri verilmiştir.



Ham kumaş	Ticari MFDM kumaş
Üretilen MFDM kumaş	**Üretilen + Ticari MFDM kumaş**

Şekil 3.18. 80644 Numaralı kumaşın laboratuvar şartlarında 24 saat kondisyonlanmış termal kamera değerleri

Çalışmanın ikinci aşamasında 80644 numaralı kumaşlar etüvde 30 dk boyunca 40 °C sıcaklığa maruz bırakılmış, ardından kumaşlar normal ortam şartlarında (NŞA) 1dk bekletilmiş ve daha sonra termal kamera değerlerine bakılmıştır. Şekil 3.19'da 1 dk sonraki termal kameradan alınan görseller verilmiştir.



Ham kumaş	Ticari MFDM kumaş
Üretilen MFDM kumaş	**Üretilen + Ticari MFDM kumaş**

Şekil 3.19. 80644 numaralı kumaşın laboratuvar ortam şartlarında 1 dk bekletildikten sonraki termal kamera değerleri

30 dk 40 °C sıcaklıkta etüvde bekletilip çıkarılan 80644 numaralı kumaşın, 60 dk laboratuvar ortam şartlarında bekletildikten sonraki termal kamera değerlerine bakılmıştır. Şekil 3.20'de ilgili şartlarda termal kameradan alınan değerlerin görselleri verilmiştir.



Ham kumaş



Ticari MFDM kumaş



Üretilen MFDM kumaş



Üretilen + Ticari MFDM kumaş

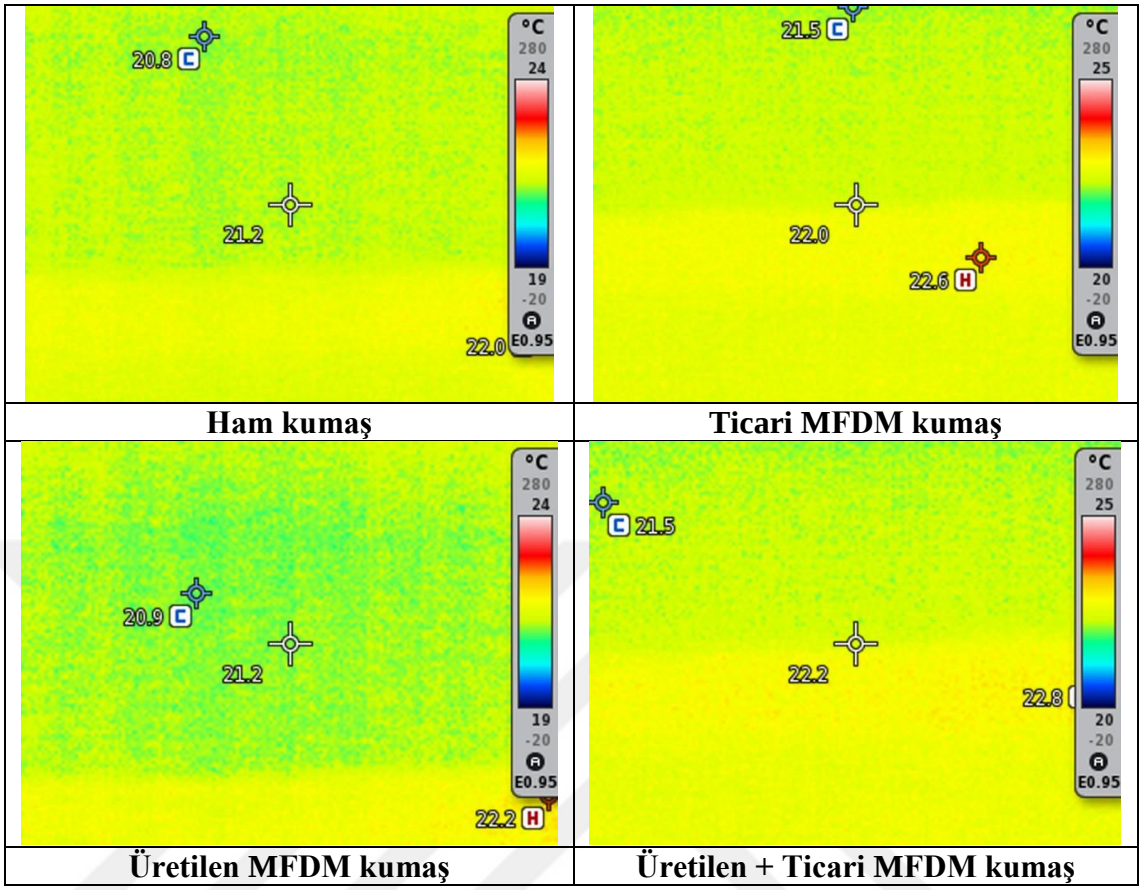
Şekil 3.20. 80644 numaralı kumaşın laboratuvar ortam şartlarında 60 dk bekletildikten sonraki termal kamera değerleri

Tablo 3.11. 80644 numaralı kumaşların sıcak ortam şartlarından laboratuvar ortam şartlarına göstermiş olduğu termal kamera değişim ölçüm sonuçları

80644	Süre	Tek Nokta Ölçüm	Sıcak Nokta	Soğuk Nokta
HAM KUMAŞ	24 saat NŞA	21,1 ºC	22,0 ºC	20,6 ºC
TİCARİ MFDM		21,7 ºC	22,0 ºC	20,9 ºC
ÜRETİLEN MFDM		21,7 ºC	22,3 ºC	21,1 ºC
TİCARİ MFDM + ÜRETİLEN MFDM		20,5 ºC	21,0 ºC	19,5 ºC
HAM KUMAŞ	30 dk 40 ºC + 1 dk NŞA	25,9 ºC	27,3 ºC	25,5 ºC
TİCARİ MFDM		28,5 ºC	30,7 ºC	28,0 ºC
ÜRETİLEN MFDM		27,7 ºC	28,6 ºC	27,0 ºC
TİCARİ MFDM + ÜRETİLEN MFDM		28,6 ºC	30,7 ºC	28,1 ºC
HAM KUMAŞ	30 dk 40 ºC+ 60 dk NŞA	21,5 ºC	21,9 ºC	20,9 ºC
TİCARİ MFDM		24,5 ºC	24,7 ºC	24,1 ºC
ÜRETİLEN MFDM		25,2 ºC	25,3 ºC	24,3 ºC
TİCARİ MFDM + ÜRETİLEN MFDM		24,8 ºC	25,4 ºC	24,2 ºC

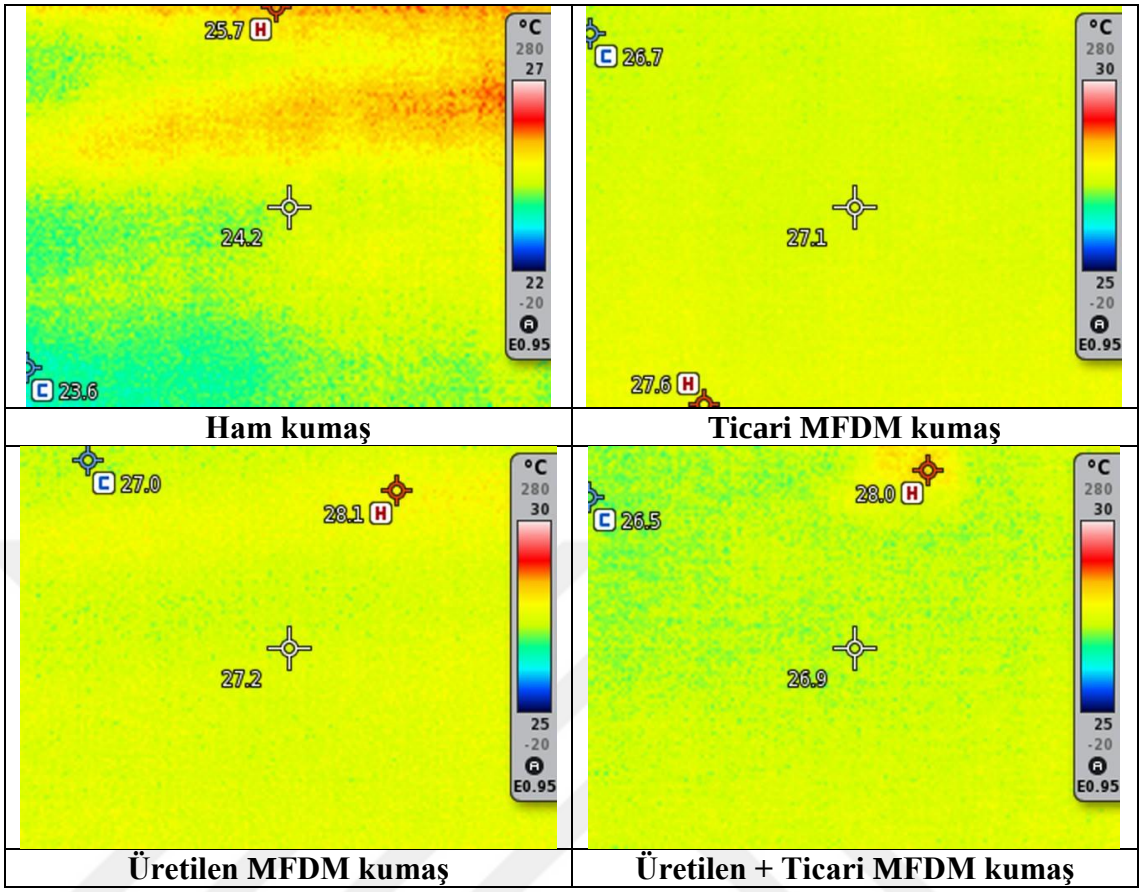
Tablo 3.11'de ham ve MFDM uygulanmış kumaşların, 24 saat NŞA'da ve 40 ºC sıcaklık uygulandıktan sonraki 1 dk ve 60 dk boyunca NŞA bekletilmiş hallerinin ilk sıcaklık ölçüm değeri ve yüzeydeki en sıcak ve en düşük sıcaklık değerleri verilmiştir. 80644 numaralı kumaşlar 24 saat sonunda normal şartların ortam sıcaklığına (23 ± 2) °C adapte olduğu görülmüştür. Kumaşlar daha sonra etüv cihazında 30 dk boyunca eşit sıcaklığa (40) °C maruz bırakılmış, ardından 1 dk ve 60 dk normal şartlar altındaki sıcaklık değişleri izlenmiştir. Her iki süre diliminde de MFDM (apreli) uygulanmış kumaşların, ham (apresiz) olan kumaşa göre daha az ısı kaybettiği tespit edilmiştir. 60 dk sonunda ham kumaşın laboratuvar ortam şartlarıyla aynı sıcaklıkta olduğu, MFDM uygulanmış kumaşların belirli bir sıcaklık aralığında gizli ısı depoladığı görülmüştür.

94086 numaralı ham (apresiz) ve MFDM (apreli) uygulanmış kumaşların 24 saat laboratuvar ortam şartlar altında bekletildikten sonraki (ortam sıcaklığı (23 ± 2) °C, % bağıl nem (45 ± 10)) termal kamera görüntüleri Şekil 3.21'de verilmiştir.



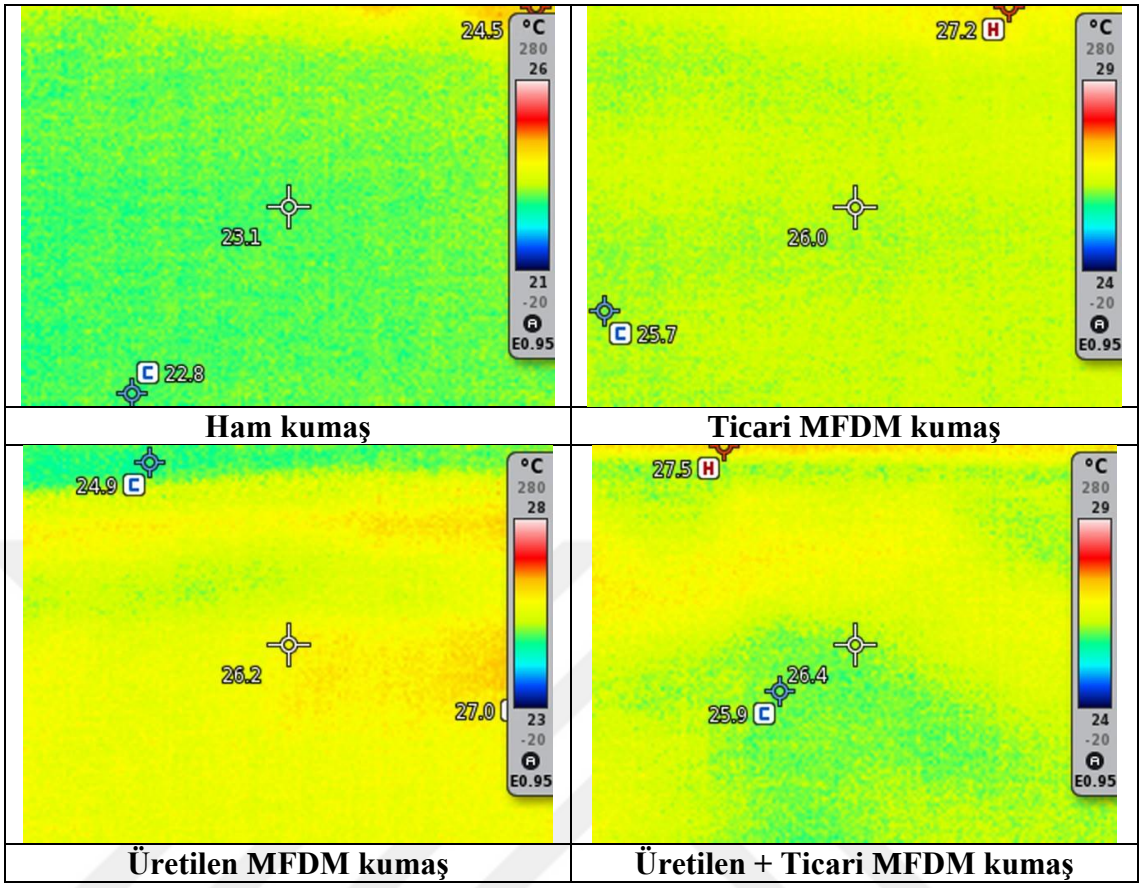
Şekil 3.21. 94086 numaralı kumaşın laboratuvar şartlarında 24 saat kondisyonlanmış termal kamera değerleri

40 °C etüvde 30 dk bekletilen 94086 numaralı kumaşın, 1 dk boyunca laboratuvar şartları altında bekletildikten sonraki termal kamera görüntüleri Şekil 3.22'de verilmiştir.



Şekil 3.22. 94086 numaralı kumaşın laboratuvar ortam şartlarında 1 dk bekletildikten sonraki termal kamera değerleri

40 °C etüvde 30 dk bekletilen 94086 numaralı kumaşın, 60 dk boyunca laboratuvar şartları altında bekletildikten sonraki termal kamera görüntüleri Şekil 3.23'te verilmiştir.



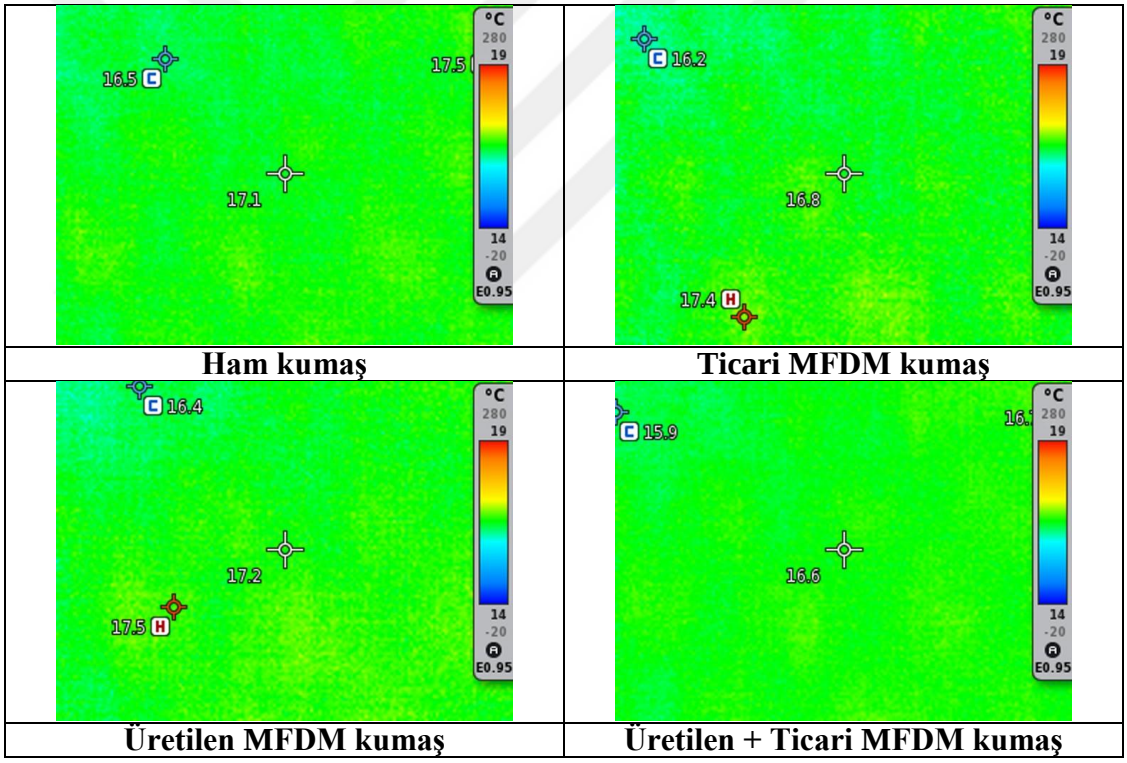
Şekil 3.23. 94086 numaralı kumaşın laboratuvar ortam şartlarında 60 dk bekletildikten sonraki termal kamera değerleri

Tablo 3.12. 94086 numaralı kumaşların sıcak ortam şartlarından laboratuvar ortam şartlarına göstermiş olduğu termal kamera değişim ölçüm sonuçları

94086	Süre	Tek Nokta Ölçüm	Sıcak Nokta	Soğuk Nokta
HAM KUMAŞ	24 saat NŞA	21,2 ºC	22,0ºC	20,8 ºC
TİCARİ MFDM		22,0 ºC	22,6ºC	21,5 ºC
ÜRETİLEN MFDM		21,2 ºC	22,2ºC	20,9 ºC
TİCARİ MFDM + ÜRETİLEN MFDM		22,2 ºC	22,8ºC	21,5 ºC
HAM KUMAŞ	30 dk 40 ºC + 1 dk NŞA	24,2 ºC	25,7 ºC	23,6 ºC
TİCARİ MFDM		27,1 ºC	27,6 ºC	26,7 ºC
ÜRETİLEN MFDM		27,2 ºC	28,1 ºC	27,0 ºC
TİCARİ MFDM + ÜRETİLEN MFDM		26,9 ºC	28,0 ºC	26,5 ºC
HAM KUMAŞ	30 dk 40 ºC+ 60 dk NŞA	23,1 ºC	24,5 ºC	22,8 ºC
TİCARİ MFDM		26,0 ºC	27,2 ºC	25,7 ºC
ÜRETİLEN MFDM		26,2 ºC	27,2 ºC	24,9 ºC
TİCARİ MFDM + ÜRETİLEN MFDM		26,4 ºC	27,5 ºC	25,9 ºC

Tablo 3.12'de ham ve MFDM uygulanmış kumaşların 24 saat NŞA'da ve 40 ^{o}C sıcaklıkta uygulandıktan sonraki 1 dk ve 60 dk boyunca NŞA bekletilmiş hallerinin ilk sıcaklık ölçüm değeri ve yüzeydeki en sıcak ve en düşük sıcaklık değerleri verilmiştir. Ham ve MFDM uygulanmış 94086 numaralı kumaş numunelerinin 24 saat NŞA'da bekletildikten sonra yaklaşık ortam sıcaklığına geldiği görülmüştür. 40 ^{o}C'de 30 dk boyunca etüvde bekletildikten sonraki, 1 dk ve 60 dk süre içindeki NŞA uyumu incelendiğinde, MFDM uygulanmış kumaşların, ham olan kumaşa göre daha fazla gizli ısı depoladığı görülmüştür.

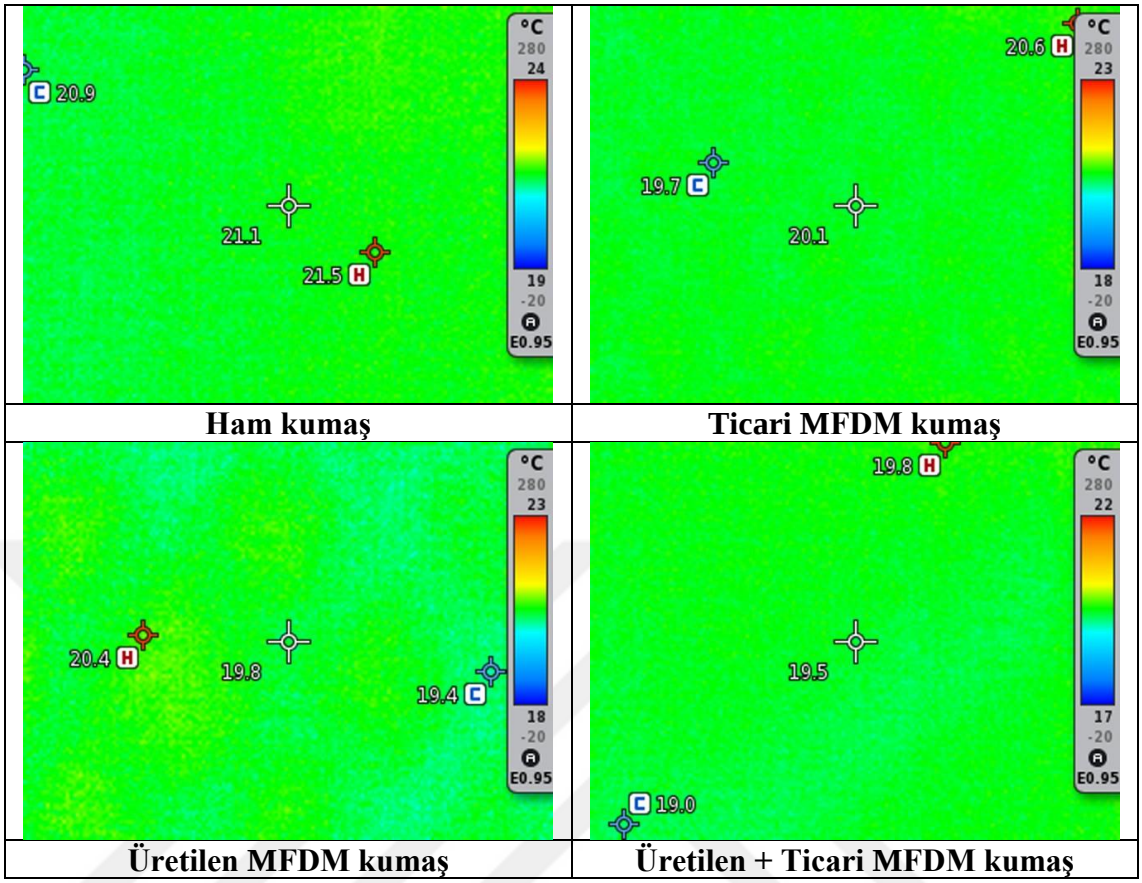
80644 numaralı kumaşların soğuk ortam olarak simüle edilen 16 ± 2 °C sıcaklığına 24 saat maruz bırakıldıktan sonraki termal kamera görüntüleri Şekil 3.24'de verilmiştir.



Ham kumaş	Ticari MFDM kumaş
Üretilen MFDM kumaş	**Üretilen + Ticari MFDM kumaş**

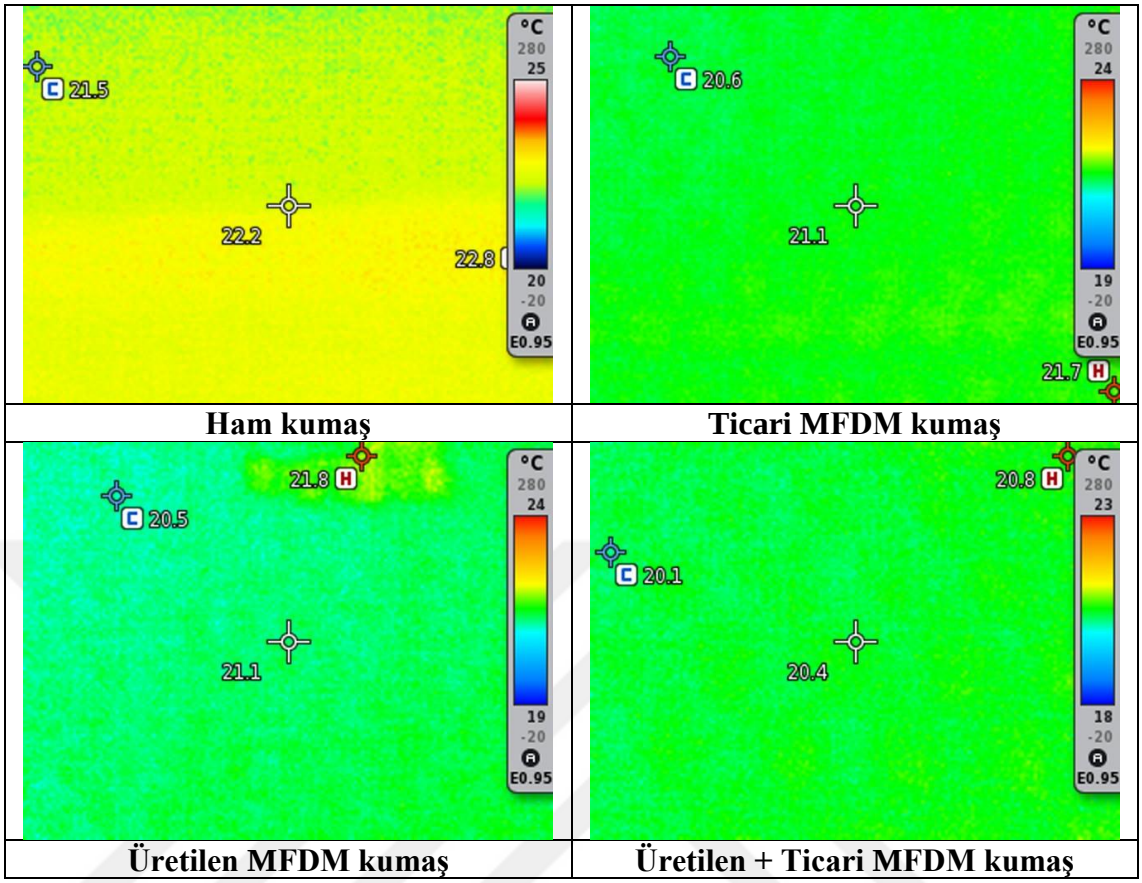
Şekil 3.24. 80644 numaralı kumaşın 16 ± 2 °C kondisyonlanmış termal kamera değerleri

80644 numaralı ham ve MFDM uygulanmış kumaşlar soğuk ortama (16 ± 2) °C maruz bırakıldıktan sonra, laboratuvar ortam şartlarında (ortam sıcaklığı (23 ± 2) °C, % bağıl nem (45 ± 10)) 1dk bekletilmiş ve daha sonra termal kamera değerlerine bakılmıştır. Şekil 3.25'de 1 dk sonraki termal kameradan alınan görselleri verilmiştir.



Şekil 3.25. 80644 numaralı kumaşın laboratuvar ortam şartlarında 1dk bekletildikten sonraki termal kamera değerleri

Soğuk ortama maruz bırakılan 80644 numaralı kumaşın, 60 dk laboratuvar ortam şartlarında bekletildikten sonraki termal kamera görselleri Şekil 3.26'da verilmiştir.

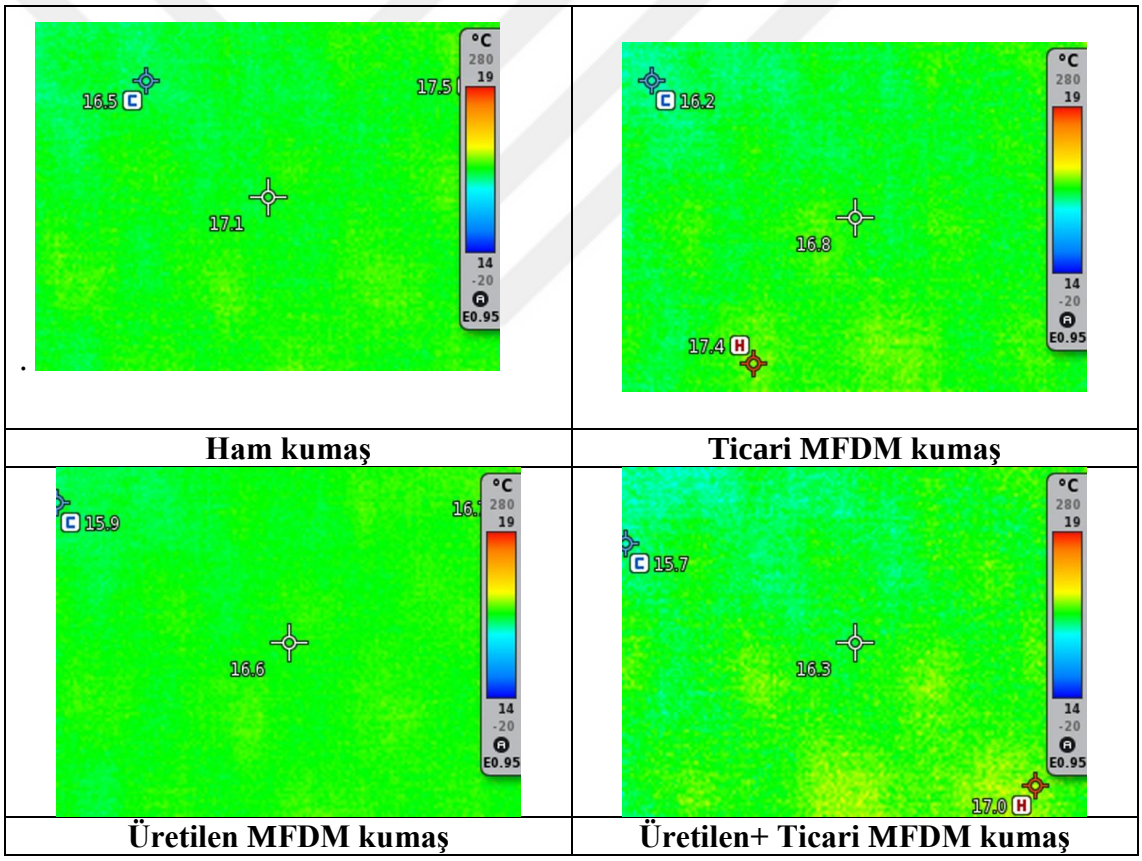


Şekil 3.26. 80644 numaralı kumaşın laboratuvar ortam şartlarında 60 dk bekletildikten sonra termal kamera değerleri

Tablo 3.13. 80644 numaralı kumaşların soğuk ortam şartlarından laboratuvar ortam şartlarına göstermiş olduğu termal kamera değişim ölçüm sonuçları

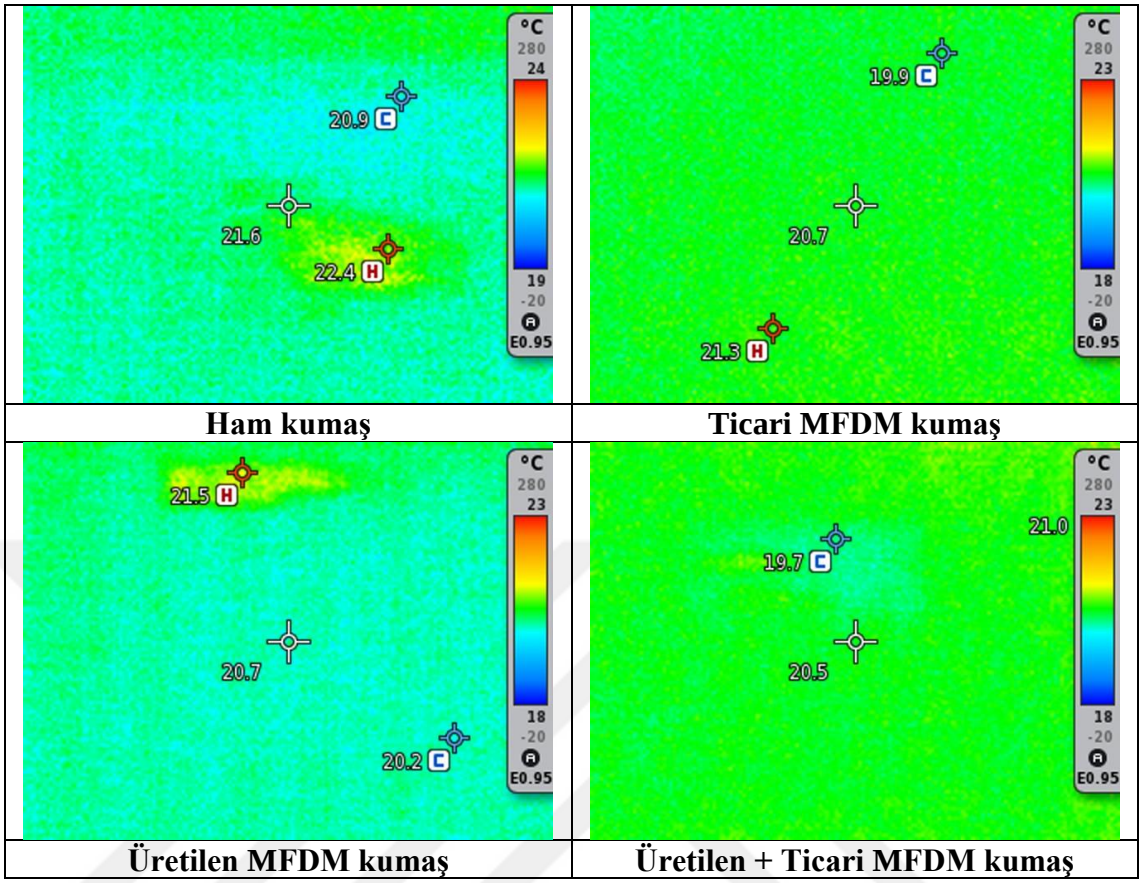
80644	Süre	Tek Nokta Ölçüm	Sıcak Nokta	Soğuk Nokta
HAM KUMAŞ	24 Saat 16 ºC	17,1 ºC	17,5 ºC	16,5 ºC
TİCARİ MFDM		16,8 ºC	17,4 ºC	16,2 ºC
ÜRETİLEN MFDM		17,2 ºC	17,5 ºC	16,4 ºC
TİCARİ MFDM + ÜRETİLEN MFDM		16,6 ºC	16,7 ºC	15,9 ºC
HAM KUMAŞ	24 Saat 16 ºC +1 dk NŞA	21,1 ºC	21,5 ºC	20,9 ºC
TİCARİ MFDM		20,1 ºC	20,6 ºC	19,7 ºC
ÜRETİLEN MFDM		19,8 ºC	20,4 ºC	19,4 ºC
TİCARİ MFDM + ÜRETİLEN MFDM		19,5 ºC	19,8 ºC	19,0 ºC
HAM KUMAŞ	24 Saat 16 ºC+ 60 dk NŞA	22,2 ºC	22,8 ºC	21,5 ºC
TİCARİ MFDM		21,1 ºC	21,7 ºC	20,6 ºC
ÜRETİLEN MFDM		21,1 ºC	21,8 ºC	20,5 ºC
TİCARİ MFDM + ÜRETİLEN MFDM		20,4 ºC	20,8 ºC	20,1 ºC

80644 numaralı kumaşlar soğuk ortama (16 ± 2) °C 24 saat maruz bırakıldıktan sonra 1 dk ve 60 dk boyunca NŞA'da bekletilmiş hallerinin ilk, en sıcak ve en soğuk ölçüm değerleri Tablo 3.13'te verilmiştir. Bütün kumaşların soğuk ortam sıcaklığına 24 saat süre sonunda geldiği görülmüştür. Kumaşlar daha sonra laboratuvar ortam şartlarında (ortam sıcaklığı (23 ± 2) °C, % bağıl nem (45 ± 10)) olacak şekilde teker teker 1dk bekletilmiş ve termal kamera değerlerine bakılmıştır. 1 dk ve 60 dk NŞA'da bekletilen kumaşların termal değerleri incelendiğinde, MFDM uygulanmış kumaşların, ham olan kumaşa göre daha az ısı kazandığı tespit edilmiştir. 60 dk sonunda tüm kumaşlar ortam sıcaklığına yaklaşmıştır. 94086 numaralı kumaşların soğuk ortama (16 ± 2 °C) 24 saat maruz bırakıldıktan sonraki termal kamera görüntüleri Şekil 3.27'de verilmiştir.



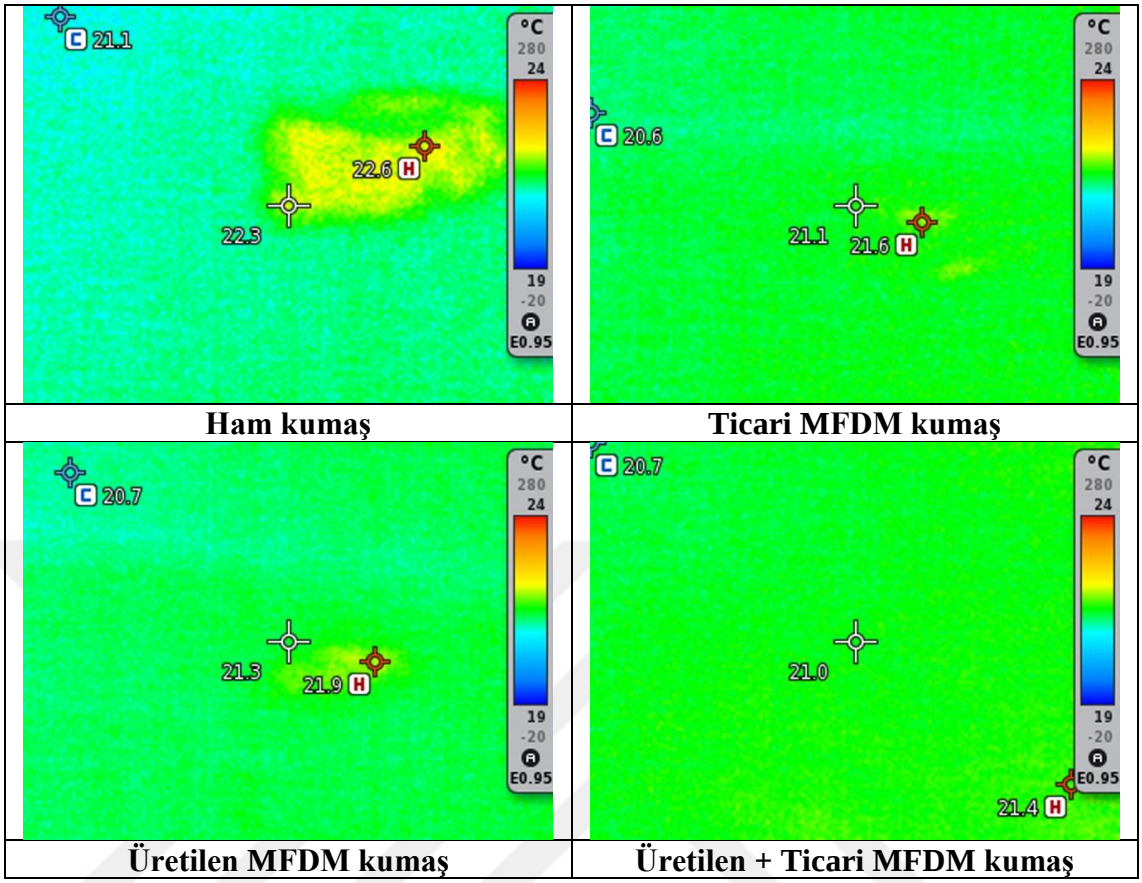
Şekil 3.27. 94086 numaralı kumaşın (16 ± 2) °C kondisyonlanmış termal kamera değerleri

94086 numaralı ham ve MFDM uygulanmış kumaşlar soğuk ortama (16 ± 2) °C maruz bırakıldıktan sonra, laboratuvar ortam şartlarında (ortam sıcaklığı (23 ± 2) °C, % bağıl nem (45 ± 10)) 1dk bekletilmiş ve daha sonra termal kamera değerlerine bakılmıştır. Şekil 3.28'de 1 dk sonraki termal kameradan alınan görselleri verilmiştir.



Şekil 3.28. 94086 numaralı kumaşın laboratuvar ortam şartlarında 1dk bekletildikten sonra termal kamera değerleri

Soğuk ortama maruz bırakılan 94086 numaralı kumaşın, 60 dk laboratuvar ortam şartlarında bekletildikten sonraki termal kamera görselleri Şekil 3.29'da verilmiştir.



Şekil 3.29. 94086 numaralı kumaşın laboratuvar ortam şartlarında 60 dk bekletildikten sonra termal kamera değerleri

Tablo 3.14. 94086 numaralı kumaşların soğuk ortam şartlarından laboratuvar ortam şartlarına göstermiş olduğu termal kamera değişim ölçüm sonuçları

94086	Süre	Tek Nokta Ölçüm	Sıcak Nokta	Soğuk Nokta
HAM KUMAŞ	24 Saat 16 ºC	17,1 ºC	17,5 ºC	16,5 ºC
TİCARİ MFDM		16,8 ºC	17,4 ºC	16,2 ºC
ÜRETİLEN MFDM		17,8 ºC	17,0 ºC	16,8 ºC
TİCARİ MFDM + ÜRETİLEN MFDM		16,63ºC	17,0 ºC	15,7 ºC
HAM KUMAŞ	24 Saat 16 ºC +1 dk NŞA	21,6 ºC	22,4 ºC	20,9 ºC
TİCARİ MFDM		20,7 ºC	21,3 ºC	19,9 ºC
ÜRETİLEN MFDM		20,7 ºC	21,5 ºC	20,2 ºC
TİCARİ MFDM + ÜRETİLEN MFDM		20,5 ºC	21,0 ºC	19,7 ºC
HAM KUMAŞ	24 Saat 16 ºC+ 60 dk NŞA	22,3 ºC	22,6 ºC	21,1 ºC
TİCARİ MFDM		21,1 ºC	21,6 ºC	20,6 ºC
ÜRETİLEN MFDM		21,3 ºC	21,9 ºC	20,7 ºC
TİCARİ MFDM + ÜRETİLEN MFDM		21,0 ºC	21,4 ºC	20,7 ºC

94086 numaralı kumaşlar soğuk ortama (16 ± 2) °C 24 saat maruz bırakıldıktan sonra 1 dk ve 60 dk boyunca NŞA'da bekletilmiş hallerinin ilk, en sıcak ve en soğuk ölçüm değerleri Tablo 3.14'te verilmiştir. 24 saat sonunda tüm kumaş türleri soğuk ortama adapte olmuştur. Ortam sıcaklığa ham kumaşlar daha hızlı adapte olurken, MFDM uygulanmış kumaşlar daha yavaş bir şekilde ortam sıcaklığına gelmiştir. Bu durum MFDM uygulanmış kumaşların soğuk ortamda da gizli ısı depoladığına işaret etmektedir.

3.3.3 MFDM Uygulanan Kumaşların Fiziksel, Mekanik ve Kimyasal Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Numune havuzundan seçilen örnek (80644) ile tez kapsamında geliştirilen (94086) kumaşların çeşitli mekanik, kimyasal ve fiziksel test sonuçları Tablo 3.15 ve Tablo 3.16'da verilmiştir.

Tablo 3.15. 80644 numaralı kumaşın mekanik kumaş test sonuçları

Kumaşlara Uygulanan Testler		**80644 HAM KUMAŞ**	**80644 ÜRETİLEN MFDM**	**80644 TİCARİ MFDM**	**80644 ÜRETİLEN + TİCARİ MFDM**
Aşınma Dayanımı		16000	22000	16000	16000
Boncuklanma Dayanımı		5	5	5	5
Patlama Mukavemeti		1068 kPa	1196 kPa	1193 kPa	1140 kPa
Ph		6,49	6,81	6,78	6,65
Boyutsal Değişim	**EN**	3,23 cm	4,76 cm	3,52 cm	3.52 cm
	BOY	6,66 cm	0,66 cm	5,71 cm	2.38 cm
Fenolik Sararma		5	5	4	4
Extansiometer	**EN**	15 cm	16 cm	15 cm	14 cm
	BOY	25 cm	29,6 cm	28 cm	28 cm

Mekanik analiz sonuçları üretilen MFDM, ticari FDM ve ikisinin birlikte kullanıldığı banyo ile işlem görmüş kumaşların yatak kumaşlarından beklenilen kalite şartlarını sağladığını göstermiştir. Üretilen MFDM uygulanan kumaşların aşınma dayanımı ve patlama mukavemeti ham kumaşa göre artmıştır. Ayrıca bu değerler diğer MFDM uygulanan kumaşlarınkinden daha yüksektir. Kumaşların 40 °C'de boyutsal değişimleri incelendiğinde, işlem görmüş kumaşların ham kumaşa nazaran boyuna yönde iyileşmeler tespit edilmiştir. Çalışmada üretilen MFDM uygulaması sonucunda kumaşların özellikle boyuna yönde esneklik kazandığı görülmüştür. MFDM işlemi sonrası kumaşların boncuklanma derecesinde bir değişiklik olmamıştır. Ayrıca, kumaşların pH değerlerinin oldukça birbirine yakın olduğu görülmüştür. Ticari ve karışım MFDM uygulanan

kumaşların fenolik sararma derecesinde bir birim kötüleşme görülürken, üretilen MFDM uygulanan kumaşlarda herhangi bir sararma görülmemiştir.

Tablo 3.16. 94086 numaralı kumaşın mekanik kumaş test sonuçları

Kumaşlara Uygulanan Testler		**94086 HAM KUMAŞ**	**94086 ÜRETİLEN MFDM**	**94086 TİCARİ MFDM**	**94086 ÜRETİLEN + TİCARİ MFDM**
Aşınma Dayanımı		42000	42000	44000	36000
Boncuklanma Dayanımı		3	3-4	3-4	4
Patlama Mukavemeti		307 kPa	328 kPa	342 kPa	337 kPa
Ph		5,37	6,35	6,40	6,30
Boyutsal Değişim	**EN**	8,09 cm	5,71 cm	6,40 cm	5,71 cm
	BOY	27,14 cm	7,14 cm	8,47 cm	9,52 cm
Fenolik Sararma		5	5	5	4
Extansiometer	**EN**	20,33 cm	19 cm	23 cm	21,3 cm
	BOY	56,60 cm	85,3 cm	87,6 cm	85,6 cm

Tablo 3.16'da görüldüğü üzere, 94086 numaralı kumaşa ticari MFDM uygulanması aşınma dayanımı artmış ancak karışım MFDM uygulandığında düşmüştür. Ancak çalışma kapsamında üretilen MFDM uygulandığında aşınma dayanımında bir değişim olmamıştır. 94086 numaralı kumaşın boncuklanma dayanımı, üretilen ve ticari MFDM uygulaması sonucunda yarım puan kadar iyileşmiştir. Ancak karışım MFDM uygulaması sonucunda ise bir puan kadar bir artış görülmüştür. 94086 numaralı kumaşın patlama mukavemeti MFDM uygulaması ile genel olarak artmıştır. Ancak en yüksek iyileşme (35 kPa) ticari MFDM uygulaması ile görülmüştür. MFDM uygulaması sonucu kumaşın en ve boy yönünde boyutsal değişimlerinde azalmalar tespit edilmiştir. Üretilen MFDM uygulaması ile özellikle boy yönünde boyutsal değişiminde ciddi oranlarda iyileşme görülmüştür. Üretilen ve ticari MFDM uygulanan kumaşlarda herhangi bir sararma tespit edilmezken karışım MFDM uygulanan kumaşlarda en alt seviyede sararma tespit edilmiştir. Kumaşların MFDM uygulaması ile boyu yönünde esneklik kazandığı belirlenmiştir. Ayrıca, kumaşların MFDM sonrası az da olsa baziklik kazandığı görülmüştür.

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında uyku süresince vücudun ısıl dengesini kurmasına yardımcı mekanizma sergileyen ve bu sayede kullanıcının uyku konforunu arttıran örme yatak kumaş örneklerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Çalışmanın ilk kısmında, tez kapsamında kullanılacak kumaş numuneleri ve uygulanacak MFDM banyo tipi belirlenmiştir. MFDM aplikasyonları için Küçükler Tekstil ürün havuzunda yer alan ve termal analizler sonucunda uyku kalitesine yüksek katkı sağlayacağı değerlendirilen 80644 numaralı (%59 Polietilen- %41 Polyester kompozisyonlu) yatak kumaş örneği ile proje kapsamında belirlenen konstrüksiyon detaylarına sahip (yüksek ilmek sıklığı, düşük may, ve düşük gramajlı) 94086 numaralı (%50 Viskon - %50 Polyester kompozisyonlu) 3 iplik kumaş örnekleri seçilmiştir. Çalışmada FDM'ler olarak hekzadekan, heptadekan, oktadekan, PEG-400, PEG-1000 ve karışımları kullanılmış ve mikrokapsüllenmiştir. DSC analizi sonucuna bağlı olarak kumaşlara uygulanacak MFDM banyosu olarak ideal uyku ortamı sıcaklığı (19-21ºC) olarak tanımlanan aralıkta ısıl aktivite sergileyen, viskozitesi arttırılmış hekzadekan + oktadekan içerikli mikrokapsüller belirlenmiştir. Tez kapsamında üretilen MFDM, ticari olarak hali hazırda kullanılan Micrathermic P marka MFDM ile kıyaslanarak değerlendirilmiştir. Ayrıca her iki MFDM karıştırılarak termal özellikleri incelenmiştir.

Tez kapsamında üretilen hekzadekan + oktadekan içerikli mikrokapsüllerin dairesel şekilli ve düzgün yüzeye sahip olduğu görülmüştür. Ticari MFDM'ye kıyasla mikrokapsüllerin boyutunun daha küçük olduğu tespit edilmiştir. TG/DTG analizi sonucunda, çalışmada üretilen MFDM'nin üç adımda bozunduğu tespit edilmiştir. Başlangıç ağırlık kaybı yaklaşık %60 civarında olup 110 ila 286 °C sıcaklık aralığında gerçekleşmiştir. Bu aşamada hekzadekan, n-oktadekan FDM'lerin toplam ağırlığını kaybettiği düşünülmektedir. İkinci aşamada 312-385 °C sıcaklık aralığında %16'lık kütle

kaybı gerçekleşmiştir. Bu aşamada büyük oranda arap zamkına ait kalıntıların ayrıştığı tahmin edilmektedir. 476-499 °C sıklık aralığında gerçekleşen üçüncü aşama ise %1'lik kütle kaybı ile gerçekleşmiştir.

DSC analizi sonucunda, ticari MFDM örnekleri ile tez kapsamında üretilen MFDM örneklerinin bir arada kumaşa uygulanması ile yüksek termal aktivite sağlandığı gözlenmiştir. MFDM ilavesi ile yatak kumaşlarında genel olarak termal difüzivite değerlerinde gerileme, maksimum ısı akış oranı ve termal iletkenlik değerlerinde artış görülmüştür. Her iki kumaş tipi için ticari ve üretilen MFDM'lerin karıştırılarak uygulandığı numuneler en yüksek ısı akış oranına sahiptir. Tek faktörlü ANOVA analizi, proje kapsamında üretilen, ticari ve karışım MFDM örneklerinin yatak kumaşlarının termal karakteristiği üzerindeki etkileri arasında istatistiksel anlamlı bir fark olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Sabit bir ısı kaynağı altında bekletilen numunelerin, ortam sıcaklığına uyumu termal kamera görüntülemeleri ile yüzey sıcaklık değişimleri izlenerek belirlenmiştir. Analiz sonucunda her iki kumaş tipi için MFDM uygulanmış numunelerin ham kumaşa göre daha uzun süre ısıl dengesini koruduğu ve gizli ısı depoladığı görülmüştür.

MFDM işlemi sonrası kumaşların patlatma mukavemeti genel olarak iyileşmiştir. Ayrıca MFDM işlemi kumaşların boy yönündeki boyutsal değişimi azaltmıştır. Ayrıca kumaşlar özellikle boy yönünde elastikiyet kazanmıştır.

Çalışma sonucunda hekzadekan + oktadekan içerikli mikrokapsüller ile kumaşlara ısıl düzenleme etkinliği kazandırılabileceği sonucuna varılmıştır. Ancak uygulanan reçete sonucunda ticari MFDM'lere göre mikrokapsül boyutlarının küçük olduğu tesbit edilmiştir. Bu durumun ısı depolama miktarını etkileyip etkilemediği ileriki çalışmalarla araştırılabilir. Ayrıca çalışma sonucunda örgü tipinin kumaşların ısıl düzenleme etkinliği üzerinde etkili olduğu kanısına varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Bulut, N., 2022. Cezaevinde Kalan Tutuklu ve Hükümlülerin Uyku Kalitesini Etkileyen Faktörler. Tıpta Uzmanlık Tezi. Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Bozkaya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Aile Hekimliği Kliniği. İzmir, 60 s.

2. Özdemir, C. 2014. Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanelerinde Çalışan Hekim Dışı Sağlık Personelinde Uyku Kalitesi ve İlişkili Faktörler. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 87 s.

3. Yoldaş, G. 2017. Üniversite Öğrencilerinin Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışları, Uyku Kalitesi ve Akademik Başarıları Arasındaki İlişki. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 108 s.

4. Şimşek Yurt, N. 2019. Huzurevinde Yaşayan Yaşlı Bireylerin Uyku Kalitesini Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi. Tıpta Uzmanlık Tezi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Samsun Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Samsun. 79 s.

5. Özçelik, M. 2014. "Study On Textıles Wıth Phase Change Materials" Istanbul Technical University , Graduate School Of Science Engineering And Technology, İstanbul, 89 s.

6. Telfar Barnard, L., Howden-Chapman, P., Clarke, M., Ludolph, R. 2018. Web annex B: Report of the systematic review on the effect of indoor cold on health. *WHO Housing and health guidelines*. 29 s.

7. Tokgöz, H., 2020. Yatak üst katmanı olarak kullanılan örme kapitone kumaşların termal konfor performanslarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 171s.

8. Çebi, T. 2014. Akıllı tekstillerin giyim ve ev tekstillerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 173 s.

9. Anayurt, R. A., Alkan, C. 2021. Most Recent Aplications of Microencapsulated Phase Change Materials. **Journal of New Results in Science, 10**(1), 24-37.

10. Erzin, F., 2019. Akıllı deri tekstil uygulamaları için faz değiştiren maddelerin mikrokapsüllenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Niğde,79 s.

11. Regin, A. F., Solanki, S. C., Saini, J. S. 2008. Heat transfer characteristics of thermal energy storage system using PCM capsules: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12**(9), 2438-2458. 21 s.

12. Süpüren, G. 2007. Faz değiştiren maddelerle kombine edilen tekstil ürünlerinin geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir 114 s.

13. Yoo, H., Lim, J., Kim, E. 2013. Effects of the number and position of phase-change material-treated fabrics on the thermo-regulating properties of phase-change material garments. **Textile Research Journal, 83**(7), 671-682.

14. Saraç, G., E., 2020. Isıl Düzenleme Özelliği Gösteren Akıllı Tekstil Ürünlerinin Geliştirilmesi Ve Performans Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Ensititüsü, İstanbul, 140.

15. Sarier, N., Onder, E. 2012. Organic phase change materials and their textile applications: an overview. **Thermochimica acta, 540**, 7-60.

16. Lan, L., Qian, X. L., Lian, Z. W., & Lin, Y. B., 2018. Local body cooling to improve sleep quality and thermal comfort in a hot environment. **Indoor air, 28**(1), 135-145.

17. Kräuchi, K., Fattori, E., Giordano, A., Falbo, M., Iadarola, A., Aglì, F., ... & Cicolin, A. (2018). Sleep on a high heat capacity mattress increases conductive body heat loss and slow wave sleep. **Physiology & behavior, 185**, 23-30.

18. Ying, B. A., Kwok, Y. L., Li, Y., Zhu, Q. Y., Yeung, C. Y., 2004. Assessing the performance of textiles incorporating phase change materials. **Polymer Testing, 23**(5), 541-549.

19. Choi, K., Cho, G. 2006. Development of phase change materials treated thermostatic fabric by screen printing method. **Research Journal of Textile and Apparel.**

20. Quesada, J. I. P., Gil-Calvo, M., Lucas-Cuevas, A. G., Aparicio, I., & Perez-Soriano, P., 2017. Assessment of a mattress with phase change materials using a thermal and perception test. **Experimental Thermal and Fluid Science, 81**, 358-363.

21. Aydın, A. A., 2013. In situ preparation and characterization of encapsulated high-chain fatty acid ester-based phase change material (PCM) in poly (urethane-urea) by using amino alcohol. **Chemical engineering journal, 231**, 477-483.

22. Fabien, S., 2011. The manufacture of microencapsulated thermal energy storage compounds suitable for smart textile. **Developments in heat transfer, 10**, 171-198.

23. Chen, C., Wang, L., Huang, Y., 2008. A novel shape-stabilized PCM: electrospun ultrafine fibers based on lauric acid/polyethylene terephthalate composite. **Materials Letters, 62**(20), 3515-3517.

24. Tözüm, M. S., 2019. Renk değiştiren boyarmaddelerin mikrokapsülasyonu ve tekstil materyallerine uygulanması. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 308 s.

25. Onder, E., Sarier, N., Cimen, E., 2008. Encapsulation of phase change materials by complex coacervation to improve thermal performances of woven fabrics. **Thermochimica Acta, 467**(1-2), 63-72.

26. Güler, Z., 2010. Ev Tekstilinde Kullanılacak Materyallerde Isıl Regülasyon Sağlamaya Yönelik Mikrokapsül Hazırlanması ve Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 98 s.

27. Kandemir, İ. (2020). Mikrokapsülasyon ve sol-jel teknolojileri kullanılarak koku salınımlı ve antibakteriyel kumaş geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 98 s.

28. Erzin, F., 2019. Akıllı deri tekstil uygulamaları için faz değiştiren maddelerin mikrokapsüllenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 79 s.

29. **https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hexadecane_3D_ball.png** (Erişim Tarihi: 06.05.2023, 12:22)

30. **https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Heptadecane_3D_ball.png** (Erişim Tarihi: 06.05.2023, 12:29)

31. Mert, H. H., Bayram, S., 2020. Isıl Enerji Depolama Uygulamalarına Yönelik Mikrokapsüllenmiş N-Oktadekan/Nanokil Kompozit Faz Değiştiren Malzemelerin Geliştirilmesi. **Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9**(1), 675-687. 13 s.

32. Kızıl, Ç., 2015. Parafin ötektiklerinin polistiren kabuk içinde kapsüllenmesi ve ısı depolama özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Osman Paşa Üniveristesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 93 s.

33. **https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Octadecane_3D_ball.png** (Erişim Tarihi: 06.05.2023, 13:09)

34. Tümen, S., 2016. Laminarin içeren hidrojellerin hazırlanması ve in vitro özelliklerinin incelenmesi. Yüksek lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 150 s.

35. **https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ethylene-glycol-3D-balls.png** (Erişim Tarihi: 06.05.2023, 13:21)

36. Kebapçı, K., 2012. Kokulu mikrokapsüller. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 66 s.

37. **https://tr.wikipedia.org/wiki/Arap_zamk%C4%B1** (Erişim Tarihi: 05.05.2023, 14:28)

38. **https://okimya.com.tr/jel-kivam-verici-kimyasallar/gum-arabic-arap-zamki/** (Erişim Tarihi: 05.05.2023, 14:20)

39. Erge, A., Zorba, Ö., 2016. Jelatin ve Fizikokimyasal Özellikleri. Derleme Makalesi, Akademik Gıda, 14(4), 431-440

40. **https://magaza.hammaddeler.com/urun/seljel-sigir-jelatini-100-bloom-toz-jelatin-25-kg** (Erişim Tarihi: 05.05.2023, 14:50)

41. **https://www.researchgate.net/figure/Basic-chemical-structure-of-gelatin_fig3_228037349** (Erişim Tarihi: 05.05.2023, 15:15)

42. Güler, Z., Kut, D., 2011. Poliester perdelik Kumaşta Isıl Regülasyon Sağlamaya Yönelik Mikrokapsül Hazırlanması ve Uygulanması. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 16(1).

43. **https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-glutaraldehyde_fig1_303793398** (Erişim Tarihi: 05.05.2023, 15:30)

44. Demirel, H. F. 2013. Levulinik Asit ve Sodyum Dodesil Sülfat'ın ayrı ayrı ve Bunların Kombinasyonunun Gıda Endüstrisi Açısından Önemli Bazı Bakteriler Üzerine Olan Antibakteriyel Etkinliğinin İncelenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 124 s.

45. Türk, S. 2015. Moleküler yapı ve surfaktanların çözelti özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Edirne, 95 s.

46. Karaşahin, L., 2007. Na2CO3 (sodyum karbonat)ın kristal yapısının x-ışınları toz kırınım yöntemi ile araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kayseri, 150 s.

47. **https://tr.wikipedia.org/wiki/Sodyum_karbonat** (Erişim Tarihi: 05.05.2023, 16:10)

48. Başar, İ. A.,2018. Dallı darı bitkisinden hidrojen peroksit-asetik asit ön arıtma yöntemi ile biyoyakıt üretim prosesinin optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 238 s.

49. Soydabaş, H. K., 2015. İndol-3-asetik asit (IAA)'in konak Achoria grisella fabricus (Lepıdoptera: Pyralıdae) larval hemolenfinin ve Apanteles galleriae wılkınson (Hymenoptera: Braconıdae) larvasının biyokimyasal parametrelerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 50 s.

50. Bacaksız, A. M., 2019. Bira endüstrisi atıksularının anaerobik osmotik membran biyoreaktörde arıtımı. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 251 s.

51. **https://www.mikroteknik.com.tr/urunler/kalsiyum-klorur/** (Erişim Tarihi: 05.05.2023, 16:20)

52. Pulan, S., Kaplan, S., Ulusoy, S. 2015. Islak Mendil Üretiminde Kullanılan Dokusuz Yüzey Kumaşların Sıvı Absorbsiyon Ve Transfer Özelliklerinin İncelenmesi. **Tekstil ve Mühendis, 22**(100), 12-24.

53. **https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-sodium-aljinate-which-is-composed-of-consecutive-G-residues_fig5_335696909** (Erişim Tarihi: 05.05.2023, 16:29)

54. Tatlı, N. Ö., 2007. Üç İplik Kumaş Yapısının ve Geçirdiği Terbiye İşlemlerinin Yanma Davranışı Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul, 113 s.

55. Liang, L., Chen, X. 2018. Preparation and thermal properties of eutectic hydrate salt phase change thermal energy storage material. **International Journal of Photoenergy, 2018**, 1-9.

56. Tözüm, M., Aksoy, S. A. 2014. Isı Depolama Özellikli Mikrokapsül Uygulanmış Kumaşların Isı Depolama ve Konfor ile İlgili Özelliklerinin Araştırılması. **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 18**(2), 37-44.

57. **https://taum.erciyes.edu.tr/tr/termogravimetrik-ve-diferansiyel-termal-analiz-cihazi-tgdta** (Erişim Tarihi : 06.05.2023, 19:09)

58. Uzun, M., 2012. Ultrasonik ve klasik yıkama yöntemlerinin dokuma kumaş termal özelliklerine etkilerinin incelenmesi. **Tekstil ve Mühendis, 19**(86), 1-6.

59. Öner, E., 2008. Dokuma kumaşların konfor özellikleri üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 106 s.

60. Tözüm,M. S., Demirbağ, S., Alayaksoy, S., 2011. "Isı depolayan mikrokapsül uygulanmış kumaşların ısı düzenleme özelliklerinin araştırılması". **Tekstil ve Mühendis, 18**(84), 8-14.

61. **https://www.testo.com/tr-TR/testo-865/p/0560-8650** (Erişim Tarihi: 05.05.2023, 16:52)

62. Alay Aksoy, S., Alkan, C., Tözüm, M. S., Demirbağ, S., Altun Anayurt, R., Ulcay, Y. 2017. Preparation and textile application of poly (methyl methacrylate-co-methacrylic acid)/n-octadecane and n-eicosane microcapsules. **The Journal of the Textile Institute, 108**(1), 30-41.

63. Yang, L., Dai, L., Ye, L., Yang, R., Lu, Y., 2022. Microfluidic fabrication and thermal properties of microencapsulated n-hexadecane with a hybrid polymer shell for thermal energy storage. **Materials, 15**(10), 3708.

64. Ramos, P., Broncel, M., 2022. Influence of storage conditions on the stability of gum arabic and tragacanth. **Molecules, 27**(5), 1510.

65. Rafique, N., Ahmad, M., Minhas, M. U., Badshah, S. F., Malik, N. S., Khan, K. U., 2022. Designing gelatin-based swellable hydrogels system for controlled delivery of salbutamol sulphate: Characterization and toxicity evaluation. **Polymer Bulletin, 79**(7), 4535-4561.

66. Merline, D. J., Vukusic, S., Abdala, A. A., 2013. Melamine formaldehyde: curing studies and reaction mechanism. **Polymer journal, 45**(4), 413-419.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı : Batuhan SAPANCI
Uyruğu : Türkiye (T.C.)

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans :	Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü	----
Lisans :	Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü	2016
Lise :	İstikbal Lisesi Kayseri	2009

YABANCI DİL

İngilizce