

**DİMETİLASETAMİD-SU KARIŞIMININ FARKLI
DOLGU MALZEMELERİ KULLANILARAK
KESİKLİ DİSTİLASYONUNUN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Kim. Müh. Volkan SOYGÖK
506001103**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27 Aralık 2004
Tezin Savunulduğu Tarih : 06 Ocak 2005**

**Tez Danışmanı : Doç.Dr. Filiz KARAOSMANOĞLU
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Öner HORTAÇSU (B.Ü.)
Prof.Dr. Nuran DEVECİ (İ.T.Ü.)**

OCAK 2005

ÖNSÖZ

Bu çalışmada dimetilasetamid-su karışımının distilasyonu, farklı dolgu malzemeleri kullanılarak incelenmiştir. Böyle bir çalışmanın şekillenip ortaya çıkmasına kadar tüm aşamalarda, her türlü sorunun çözümünde yardımcı olan ve hiçbir zaman desteğini, ilgisini ve özellikle zamanını esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Filiz KARAOSMANOĞLU' na, tezimin düzeltme-geliştirme çalışmalarında büyük destek veren Sayın Prof. Dr. Öner HORTAÇSU ve Sayın Prof. Dr. Nuran DEVECİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarına desteklerinden ötürü; AKSA Akrilik Kimya San. A.Ş. Genel Müdürü Sayın Mustafa YILMAZ, Genel Müdür Danışmanı Sayın İlhan KOŞAN ve Proses Geliştirme Bölümü Müdürü Sayın Emin PEYNİRCİ'ye teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tüm yaşamım boyunca bana maddi ve manevi her konuda destek olan aileme daima şükran ve minnet borçluyum.

Ocak 2005

Volkan SOYGÖK

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ ve AMAÇ	1
2. TEORİK ÇALIŞMA	4
2.1. Sentetik Lifler	4
2.2. AKSA Kısa Tanıtımı	6
2.3. Distilasyon	7
2.4. Dolgulu Kolonda Distilasyon	8
2.5. Kesikli Distilasyon	9
2.5.1. Diferansiyel (basit) distilasyon	9
2.5.2. Sabit rifleksli ve değişken bileşimli zenginleştirme	11
2.5.3. Değişken rifleksli ve sabit bileşimli zenginleştirme	12
2.6. Dolgu Malzemesi Tipleri	14
2.6.1. Rastgele dizilmiş dolgu malzemeleri	15
2.6.2. Yapılandırılmış ya da sistematik olarak dizilmiş dolgu malzemeleri	19
2.6.3. Izgara modeli dolgu malzemeleri	22
2.7. Kaynak Tarama Çalışması	24
3. DENEYSEL ÇALIŞMA	27
3.1. Dimetilasetamidin Özellikleri	27
3.2. Pilot Ölçekte Distilasyon Deney Düzeneği	30
3.3. Kesikli Distilasyon Deneyinin Yürütülmesi	34
3.4. Pall Halkaları İle Yapılan Kesikli Distilasyon Deneyleri	35
3.5. Mellapak İle Yapılan Kesikli Distilasyon Deneyleri	40

3.6. Deney Sonuçlarının İrdelenmesi ve Tartışma	44
3.7. Maliyet Analizi	47
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	50
KAYNAKLAR	52
EKLER	54
ÖZGEÇMİŞ	71

KISALTMALAR

DMAc	: Dimetilasetamid
DMA	: Dimetilamin
A.Ş.	: Anonim Şirket
TM	: Trade Mark
®	: Registered
DMF	: Dimetilformamid
HCl	: Hidroklorik Asit
H₂SO₄	: Sülfürik Asit
NH₃	: Amonyak
CaCl₂	: Kalsiyum Klorür
CH₃COOK	: Potasyum Asetat
CH₃COONa	: Sodyum Asetat
CaO	: Kalsiyum Oksit
NaCl	: Sodyum Klorür
KBr	: Potasyum Bromür

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Dünya lif üretim miktarları.....	5
Tablo 3.1. Dimetilasetamidin fiziksel özellikleri.....	27
Tablo 3.2. DMAc ve su için sabit değerler.....	28
Tablo 3.3. Distilasyon işlemi sonunda elde edilen taban ürünü miktarı, distilat miktarı ve distilattaki DMAc miktarı değerleri.....	46
Tablo B.1. Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Pall halkaları).....	55
Tablo B.2. Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Pall halkaları).....	56
Tablo B.3. Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Pall halkaları).....	57
Tablo B.4. Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Pall halkaları).....	58
Tablo B.5. Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Pall halkaları).....	58
Tablo B.6. Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Pall halkaları).....	59
Tablo B.7. Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Pall halkaları).....	59
Tablo B.8. Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Pall halkaları).....	60
Tablo B.9. Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Pall halkaları).....	60
Tablo B.10. Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Mellapak).....	61
Tablo B.11. Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Mellapak).....	62

Tablo B.12.	Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Mellapak).....	63
Tablo B.13.	Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Mellapak).....	64
Tablo B.14.	Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Mellapak).....	64
Tablo B.15.	Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Mellapak).....	65
Tablo B.16.	Riflaks oranı:1 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Mellapak).....	65
Tablo B.17.	Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Mellapak).....	66
Tablo B.18.	Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Mellapak).....	66

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1	: Dünya sentetik lif üretimi.....	5
Şekil 2.2	: Dolgulu kolon.....	8
Şekil 2.3	: Diferansiyel distilasyon.....	9
Şekil 2.4	: Sabit riflakslı ve değişken bileşimli zenginleştirme.....	11
Şekil 2.5	: İki teorik kademeli ve sabit L/V değerli kesikli distilasyon.....	12
Şekil 2.6	: Raschig halkası.....	15
Şekil 2.7	: Lessing halkası.....	16
Şekil 2.8	: Berl eğeri.....	16
Şekil 2.9	: Intalox® eğeri.....	16
Şekil 2.10	: Süper Intalox®	17
Şekil 2.11	: Pall® halkaları.....	17
Şekil 2.12	: Intalox®	18
Şekil 2.13	: Chempak™	18
Şekil 2.14	: Fleximax™	18
Şekil 2.15	: Lanpac™	19
Şekil 2.16	: Impac™	19
Şekil 2.17	: Sulzer® Wire Gauze (BX tipi).....	20
Şekil 2.18	: Sulzer® Wire Gauze (CY tipi).....	20
Şekil 2.19	: Goodleo®	21
Şekil 2.20	: Montz A™	21
Şekil 2.21	: Mellapak®	22
Şekil 2.22	: Flexipac®	22
Şekil 2.23	: Glitsch-C Grid®	23
Şekil 2.24	: Glitsch-FF Grid®	23
Şekil 2.25	: Glitsch-FF Grid® parçası.....	23
Şekil 3.1	: DMAc'in buhar basıncının sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	28
Şekil 3.2	: Suyun buhar basıncının sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	29
Şekil 3.3	: 101.33 kPa basınçta DMAc-Su karışımının T-x,y diyagramı.....	30
Şekil 3.4	: Buhar karışımındaki DMAc miktarının sıvı karışımındaki DMAc miktarına göre değişimi.....	30
Şekil 3.5	: Deney düzeneği şeması.....	32
Şekil 3.6	: Deney düzeneği fotoğrafı.....	33
Şekil 3.7	: Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Pall halkaları)...	35
Şekil 3.8	: Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Pall halkaları)...	36
Şekil 3.9	: Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Pall halkaları)...	36

Şekil 3.10	: Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Pall halkaları)....	37
Şekil 3.11	: Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Pall halkaları)....	37
Şekil 3.12	: Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Pall halkaları)....	38
Şekil 3.13	: Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Pall halkaları)....	38
Şekil 3.14	: Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Pall halkaları)....	39
Şekil 3.15	: Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Pall halkaları)....	39
Şekil 3.16	: Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Mellapak).....	40
Şekil 3.17	: Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Mellapak).....	40
Şekil 3.18	: Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Mellapak).....	41
Şekil 3.19	: Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Mellapak).....	41
Şekil 3.20	: Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Mellapak).....	42
Şekil 3.21	: Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Mellapak).....	42
Şekil 3.22	: Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Mellapak).....	43
Şekil 3.23	: Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Mellapak).....	43
Şekil 3.24	: Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Mellapak).....	44
Şekil 3.25	: Taban ürünü miktarının riflaks oranına bağlı olarak değişimi (Mellapak).....	45
Şekil 3.26	: Taban ürünü miktarının riflaks oranına bağlı olarak değişimi (Pall halkaları).....	45
Şekil 3.27	: Taban ürünü ve distilattaki DMAc miktarının zamana bağlı değişimi.....	47
Şekil A.1	: DMAc miktarının kırılma indisine bağlı değişimi.....	54
Şekil C.1	: Debiölçerler.....	67
Şekil C.2	: Sirkülasyon pompası.....	67
Şekil C.3	: Yükleme aparatı.....	68
Şekil C.4	: Dolgu malzemesi haznesi.....	68
Şekil C.5	: Tank.....	69
Şekil C.6	: Isı değiştiriciler.....	69
Şekil C.7	: Distilat toplama kabı.....	70
Şekil C.8	: Buhar besleme hattı.....	70

SEMBOL LİSTESİ

D	: Distilat miktarı
L₀	: Riflaks miktarı
x_D	: Distilattaki uçucu bileşenin mol kesri
y_D	: Buhar fazındaki uçucu bileşenin mol kesri
Q_B	: Tanka verilen ısı
W	: Taban ürünü miktarı
x_W	: Taban ürünündeki uçucu bileşenin mol kesri
W₀	: Karışımın başlangıçtaki miktarı
K	: Dağılım katsayısı
α	: Bağıl uçuculuk
x₀	: Karışımındaki uçucu bileşenin başlangıçtaki mol kesri
x_{Dort}	: Distilattaki uçucu bileşenin ortalama mol kesri
T	: Sıcaklık
P_T	: Toplam basınç
P_{DMAc}⁰	: DMAc'nin saf haldeki buhar basıncı
x_{DMAc}	: DMAc'nin sıvı fazdaki mol kesri
y_{DMAc}	: DMAc'nin buhar fazdaki mol kesri
P_{Su}⁰	: Suyun saf haldeki buhar basıncı
x_{Su}	: Suyun sıvı fazdaki mol kesri
y_{Su}	: Suyun buhar fazdaki mol kesri
TI	: Sıcaklık göstergesi
LI	: Seviye göstergesi
PI	: Basınç göstergesi
t	: Zaman
x_{DDMAc}	: Distilattaki DMAc'nin mol kesri
x_{WDMAc}	: Taban ürünündeki DMAc'nin mol kesri
n_{DMAc}	: DMAc'nin mol miktarı
n_{Su}	: Suyun mol miktarı

DİMETİLASETAMİD-SU KARIŞIMININ FARKLI DOLGU MALZEMELERİ KULLANILARAK KESİKLİ DİSTİLASYONUNUN İNCELENMESİ

ÖZET

Dimetilasetamid (DMAc) kimya endüstrisinde pek çok sektörde kullanılan önemli bir kimyasaldır. DMAc kullanım sonrasında proseslerin çeşitli aşamalarında, karışımlarda bulunabilmektedir. DMAc AKSA Akrilik Kimya San. A.Ş.'de akrilik lif üretiminde kullanılmaktadır. AKSA'da DMAc sulu organik bir karışım olarak ortaya çıkmaktadır. Bu karışımdan DMAc geri kazanımı, maliyeti düşürme ve çevre kirliliği azaltma açılarından endüstriyel öneme sahiptir. Geri kazanımda uygulanabilecek ayırma işlemlerinden biri distilasyondur. Distilasyon ile geri kazanım uygulamasına temel oluşturmak üzere, bu çalışmada, DMAc-Su karışımının farklı dolgu malzemeleri kullanarak, kesikli distilasyonunun incelenmesi hedeflenmiştir. Distilasyon çalışmaları pilot ölçekte, kesikli distilasyon kolonunda yapılmıştır. Kesikli distilasyon kolonu, 5 L'lik ceketli tank, dolgu malzemesi haznesi, distilat toplama kabı, riflaks pompası (dozaj pompası), debiölçerler ve ısı değiştıcılerden oluşmaktadır. Kesikli distilasyon kolonunda ısıtma buhar kullanılarak sağlanmıştır. Dolgu malzemesi olarak Mellapak ve Pall halkaları kullanılmıştır. Deneylerde riflaks oranı, dolgu malzemesi ve distilat debisinin geri kazanılan DMAc miktarı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Distilasyon işlemi boyunca taban ürünü ve distilat bileşimi zamana bağlı olarak ölçülmüştür. Distilasyon işlemi sonunda elde edilen taban ürünü miktarı, distilat miktarı ve distilattaki DMAc miktarı değerleri ölçülmüştür. Kesikli distilasyon ile DMAc geri kazanımında, denenen dolgu malzemeleri ve distilasyon koşulları için etkin dolgu malzemesinin Mellapak olduğu sonucuna varılmıştır. DMAc geri kazanımında Mellapak ve Pall halkaları kullanımı seçimi için, ayrıca maliyet analizi yapılarak dolgu maddeleri karşılaştırılmış ve Mellapak dolgu malzemesi kullanılmasının daha avantajlı olduğu bulunmuştur.

THE EXAMINATION OF DIMETHYLACETAMIDE-WATER MIXTURE BATCH DISTILLATION BY USING DIFFERENT PACKINGS

SUMMARY

Dimethylacetamide (DMAc) is an important chemical which is used in many fields of the Chemical Industry. After using DMAc can be in solution in the various steps of a process. DMAc is used to produce acrylic fiber in AKSA Acrylic Chemical Company, where it appears as an aqueous organic mixture. DMAc recovery from the solution has industrial importance for reducing cost and preventing environmental pollution. One of the applicable methods for recovery is distillation. The aims of this study are to examine the batch distillation of DMAc-water mixture using different types of packings and to form the basis for distillation application. Distillation studies were done in a pilot scale batch distillation column. The batch distillation column consisted of a 5 L tank with jacket, a packing reservoir, a distillate drum tank, a reflux pump (dosage pump), flowmeters and heat exchangers. Heating was provided by steam in batch distillation column. Mellapak and Pall rings were used as packing material. In the experiment, the effects of reflux ratio, packing type and distillate flowrate on the amount of recovered DMAc were examined. During distillation operation bottom product and distillate compositions were measured as depend on time. At the end of the distillation operation, amount of bottom product, top product and DMAc in distillate was measured. It was determined that Mellapak is the most effective packing material among the packing material test samples and at distillation conditions in the recovery of DMAc by batch distillation. In order to decide between Mellapak and Pall rings in the recovery of DMAc, a cost analysis was, additionally, carried out for comparing these packings, and it was found that Mellapak packing is more advantageous.

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Tekstil sanayi dünyadaki en eski sektörlerden biridir. Yazılı tarihten önceki dönemlerde bile, insanoğlu çok basit anlamda tekstil ürünleri kullanmıştır. Dokumacılıkta elle üretimin yerini, makinenin alması ilk defa İngiltere’de gerçekleşmiştir. Kurulan tekstil fabrikaları sayesinde, ürünlerin çabuk ve ucuz olarak, büyük miktarlarda üretilibilmelerinin sağlanması, sanayi devriminin en önemli sonuçlarından biri olmuştur. İngiltere’de başlayan sanayi devrimi, daha sonra Avrupa’ya yayılmıştır. Watt’ın buharlı makinesinden esinlenerek Cartwright tarafından gerçekleştirilen ilk mekanik dokuma tezgahı ile İngiltere’de başlayan makineleşme, daha sonra Amerika’ya sıçramıştır. Amerika’da pamuklu çırçırılama makinesinin icadı ile, pamuk üretiminin ve pamuklu dokuma sanayiinin gelişmesi sağlanmıştır. 1805 yılında Jacquard tarafından icat edilen, kendi adını taşıyan ve karmaşık desenlerin dokunmasını sağlayan mekanik sistem ve 1828 yılında Thorp tarafından icad edilen bilezikli eğirme makinesi ile makineleşmenin ana adımları atılmıştır [1].

18. yüzyılın ortalarında başlayan ve 19. yüzyılda giderek artan makineleşme ile hızla gelişen tekstil sanayi, 20. yüzyılda, bütünüyle makine ile üretilen büyük bir sektör niteliği kazanmıştır. Son yıllarda, temel bilimlerle elektronik ve bilgisayar mühendislikleri başta olmak üzere çeşitli mühendislik dallarındaki gelişmelerin, tekstil sanayiine uygulanması sonucunda, gelişmiş ülkelerde tekstil sanayiinin yapısı, emek-yoğun sanayi durumundan, tamamen sermaye ve makine-yoğun sanayi durumuna dönüşmüştür. Söz konusu dönüşümde, makineleşme yolundaki gelişmelerin yanı sıra insan yapımı (yapay-sentetik) lifin icadının etkisi büyük olmuştur. Doğal lifler yerine kullanılabilen sentetik lifler makinelerin ve çeşitli yöntemlerin kullanımına olanak tanıdıklarından, teknolojinin gelişmesini zorlamışlardır. Tamamen otomatik teknoloji ile üretim, makine ve işgücü verimliliklerinin çok yükseltilmesini sağlamıştır. Otomasyon ve makineler sayesinde işçiliğin ürün maliyeti içindeki payı azalmıştır [1].

Tekstil ve konfeksiyon sektörü ürün çeşidi bol olan bir sektördür. Bu nedenle karmaşık bir ürünler topluluğuna sahiptir. Sektör genel olarak, tekstil ve hazır giyim olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. İplik yapmaya uygun liflerden yapılmış ipliklerle dokunarak veya örülerek ve terbiye işlemlerinden geçtikten sonra giysi ve diğer amaçlar için kullanıma hazır hale getirilen ürünlerin üretim işlemi tekstil, her türlü erkek kadın çocuk dış ve iç giyim eşyaları ise hazır giyim sektörünün kapsamına girmektedir [1].

Türkiye’ de tekstil denince akla ilk Sümerbank gelir. 1930’ lu yıllardaki yaşanan büyük dünya ekonomik krizi diğer dünya ülkeleri gibi, Türkiye’ yi de acil önlemler almaya yöneltmiş, ulusal kaynaklarımızdan ve mevcut iktisadi faktörlerden yararlanılarak, sanayinin arzu edilen şekilde geliştirilmesi ve hayati önemdeki sınai tesislerin kurulabilmesi amacıyla, Devlet Sanayi Ofisi ve Sanayi Kredi Bankası’nın yerine, sanayileşmenin öncüsü olan Sümerbank 1933 yılında kurulmuştur [1].

Sümerbank sanayi planları ile, kendisine verilen görev gereği Pamuklu Dokuma, Yünlü Dokuma, Deri ve Ayakkabı, Kimya, Toprak ve Seramik, Kağıt ve Demir-Çelik Sanayi sektörlerinde birçok üretim tesisini faaliyete geçirerek her yöreye ekonomik ve sosyal canlılık, bilgi, görgü, iş ve aş götürmüştür. Sümerbank, Kalkınma Planı ve Yıllık Programları ile, Devlet Planlama Teşkilatı tarafından kendisine verilen görevler çerçevesinde yurt sathında yaptığı yeni tesis kurma, kapasite artırma, tevsii, reorganizasyon ve modernizasyon, idame-yenileme yatırımları, pazarlama ve bankacılık faaliyetlerini başarıyla sürdürmüş, sanayileşen Türkiye’ nin belkemiğini oluşturan temel üretim birimleri, Sümerbank tarafından faaliyete sokulmuştur. Sümerbank kuruluşunda devraldığı fabrikaların yanı sıra, I. Beş yıllık Sanayi Planı döneminden başlayarak bugüne kadar birçok sınai işletmenin kuruluşunu üstlenmiş, sermayelerinin % 50’ sinden fazlası Sümerbank’a ait olan birçok iştiraki de bünyesine dahil etmiştir [1].

Özel kesimin teknik bilgi ve beceriden yoksun olduğu, özel işletmelerin kapanma ile karşı karşıya kaldığı dönemlerde, Sümerbank devletin bilfiil yükünü omuzlamış ve Türkiye’de sanayileşmenin öncülüğünü yapmıştır. Sümerbank özelleştirme sonrasında Sümer Holding A.Ş. adını almış ve tekstil, hazır giyim sanayii başta olmak üzere Türkiye’nin imalat sanayiinin gelişmesinde öncülük yaparak, önemli katkılarda bulunmuştur. Holding’in Türkiye tekstil sanayii içindeki payı, 1950 yılına kadar çok

yüksek iken yıllardan beri uygulanan yatırımları özendiren önlemlerin de etkisiyle hızlı bir gelişme gösteren özel sektör karşısında gerilemiştir. Sümer Holding işletme ve bağlı şirketlerinin Türkiye'nin pamuklu sanayii üretim kapasitesindeki payı, özelleşen işletmelerin de etkisiyle daha da düşmüştür [1].

1960' lı yıllarda Anadolu sermayesi tekstile girmiş ve çok sayıda orta ve büyük ölçekli fabrikada üretim başlamıştır. Türk tekstil sektörü otomotiv ve gıda sektörlerinin yanı sıra ülkemizin en önemli itici endüstriyel gücüdür. Ülkemizde pamuk ve sentetik life dayalı güçlü bir üretim mevcuttur. Sentetik lif üreten, dünya genelindeki en önemli firmalardan biri AKSA Akrilik Kimya San. A.Ş.' dir.

AKSA' da proseste kullanılan girdilerden biri Dimetilasetamid (DMAc) olup, bu çözücü proseste kullanım sonrasında organik-sulu bir karışım olarak ele geçmektedir. Bu karışımdan DMAc geri kazanımı maliyeti azaltma ve atık su kirliliğinde azalma açılarından önemlidir. AKSA' da mevcut sistemde distilasyon ile DMAc geri kazanımı gerçekleştirilmektedir. AKSA' nın projelerinden biri DMAc geri kazanım verimini arttırmaktır. Bu nedenle, tez çalışmada, DMAc' nin geri kazanımının incelenmesi hedeflenerek, çözücü ayırma işlemi olarak distilasyon seçilmiş, ve DMAc-Su karışımının kesikli distilasyonunda farklı dolgu malzemeleri kullanımının (Pall halkaları, Mellapak) etkileri incelenmiştir. Deneysel çalışmaya ilave olarak maliyet analizi yapılmıştır.

2. TEORİK ÇALIŞMA

Bu bölümde sentetik lifler hakkında bilgi verilerek AKSA'nın kısa tanıtımı yapılmış, distilasyon, kesikli distilasyon, dolgulu kolonda distilasyon, dolgu malzemeleri tipleri ve kaynak tarama çalışması ana başlıkları adı altında teorik çalışma sonuçları sunulmuştur.

2.1 Sentetik Lifler

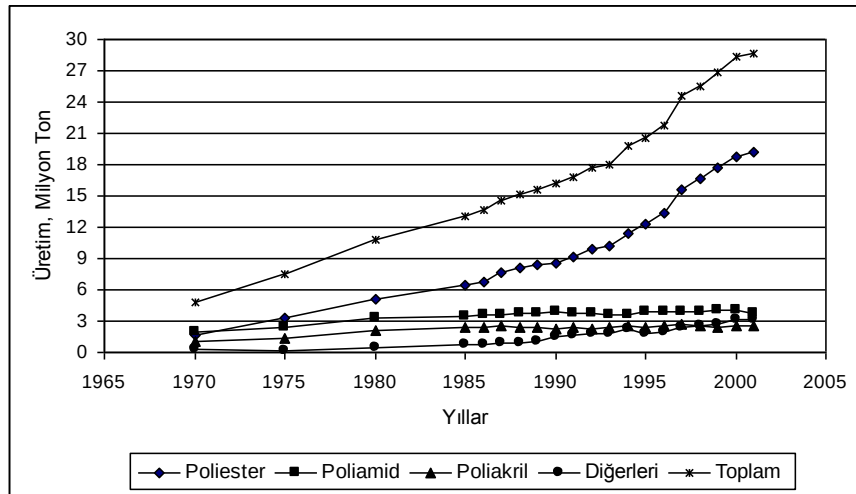
Sentetik lifler genel sınıflandırılma içinde petrokimya endüstrisinin bir alt grubu olarak değerlendirilmektedir. İnsanlığın var oluşundan itibaren, yün ve ipekle başlayan insan-doğal lif dostluğuna zaman içerisinde pamuk ve keten gibi diğer doğal lifler de katılmış, bunlara olan talebin sürekli artışı nedeniyle pamuk ve ketenin kullanımı yün ve ipek seviyesini yakalamıştır. Son yüzyıllarda artan nüfus nedeniyle doğal lifler talebi karşılayamamıştır. Bundan sonraki süreçte, sentetik liflerin keşfi ve gelişmeleri başlamıştır. İlk sentetik lif üretimi ise 1927 yılında gerçekleştirilmiştir. Sentetik lifler ile ilgili ilk ciddi araştırma ve üretim faaliyeti Alman kimyagerler tarafından yürütülmüştür. Sentetik liflerin ticari yoğun üretimi ise 1940'lı yıllarda naylonla başlamıştır. İlk ticari akrilik lif üretimi 1950'li yılların ilk yarısında, poliester üretimi 1950'li yılların ortasında, polipropilen üretimi ise 1958 yılında başlamıştır. Günümüzde dokuma hammaddesi olarak kullanılan liflerin sayısı 1000'i geçmektedir. Bunların 700'den fazlasını bitkisel lifler oluşturmaktadır. Sentetik lif tipleri aşağıda verilmiştir [2,3]:

- | | |
|--------------------|------------------------|
| 1. Poliamidler | 6. Polikarbonatlar |
| 2. Polipropilenler | 7. Poliakrilonitriller |
| 3. Polipeptitler | 8. Polivinilalkoller |
| 4. Poliesterler | 9. Poliüretanlar |
| 5. Polikarbonidler | 10. Polistirenler |

Doğal ve sentetik lifler ayrı ayrı ve karışım lifler halinde üretimde kullanılmaktadır. Tablo 2.1’de yıllara bağlı olarak dünya doğal ve sentetik lif için üretim miktarları nüfus ve kişi başına talep değerleri ile birlikte verilmektedir. Tablo 2.1. incelendiğinde, doğal lif üretiminin, son elli yıllık süre içinde yaklaşık 3 kat artış gösterdiği, sentetik lif üretiminde ise, aynı süre içinde yaklaşık 20 kat artış olduğu görülmektedir. Sentetik lif üretimindeki artışın, doğal lif üretimindeki artışa oranla oldukça fazla olduğu, kişi başına lif talebinde artan nüfusa bağlı olarak yaklaşık 3 kat oranında artış olduğu da görülmektedir. Şekil 2.1’de verilen önemli sentetik lif tiplerinin dünya üretim miktarları incelendiğinde, poliakril ve poliamid üretiminin son otuz yıllık süre içinde pek fazla değişmediği, poliester üretiminde ise, aynı süre içinde yaklaşık 13 kat artış olduğu görülmektedir [4].

Tablo 2.1 Dünya lif üretim miktarları [4].

Yıllar	Doğal Lifler (Bin Ton)	Sentetik Lifler (Bin Ton)	Toplam (Bin Ton)	Dünya Nüfusu (Milyar)	Talep (Kg lif/Kişi)
1950	6 647	1 681	8 328	2.56	3.3
1960	11 607	3 367	14 974	3.04	4.9
1970	13 484	8 394	21 878	3.71	5.9
1980	15 227	14 301	29 528	4.46	6.6
1990	21 399	19 380	40 779	5.28	7.7
2000	21 462	31 157	52 619	6.08	8.7
2001	21 480	31 331	52 811	6.16	8.6



Şekil 2.1 Dünya sentetik lif üretimi [4].

2.2 AKSA Kısa Tanıtımı

AKSA Akrilik Kimya San. A.Ş. 1968 yılında kurulmuş sentetik akrilik lifi üreten bir kuruluştur. 1971 yılında Yalova'daki fabrikasında 5000 ton/yıl kapasite ile üretime başlayan AKSA bugün 250 000 ton/yıl kapasitesi ile dünyanın tek çatı altındaki en büyük entegre akrilik lif üreticisidir. AKSA 30 yıllık geçmişi sonunda gelişmiş bir üretim teknolojisine sahiptir ve kendisini yenilemeye, geliştirmeye devam etmektedir. AKSA' nın akrilik lif üretiminde Türkiye'deki payı %90, dünyadaki payı ise %8.25'tir. Bu rakamlardan da görüldüğü gibi, gerek Türkiye gerekse dünya çapında bir numaralı akrilik lif üreticisi AKSA'dır [5].

AKSA prosesi temel aşamaları şunlardır:

- Polimerizasyon Ünitesi
- Solvent Geri Kazanma Ünitesi
- Dop Hazırlama Ünitesi
- Elyaf Çekim Ünitesi
- Kesim ve Paketleme Ünitesi

Polimerizasyon ünitesi akrilik lif üretimindeki ilk aşamadır. Bu ünite de kullanılan hammaddeler deniz yoluyla fabrikaya gelir. Hammaddeler depolama tanklarına alındıktan sonra polimerizasyon ünitesine gönderilir, ardından üretim reaktöründe yardımcı kimyasallarla birleşerek polimer oluşturulur. Polimer filtrasyon ve kurutma işlemlerinden geçirilerek depolama tanklarına alınır. Üretilen polimer ile solvent geri kazanma ünitesinden gelen DMAc birleştirilerek dop oluşturulur. Dop polimerin solventle daha iyi çözünmesi için önce ısıtma ısı değiştiricisinden, sonra dopun renginin sıcaklıkla bozulmaması için soğutma ısı değiştiricisinden geçirilerek elyaf çekim ünitesine gönderilir. Elyaf çekim ünitesine gelen dop, elyaf çekim makinalarından geçirilerek akrilik lif oluşturulur. Aynı makinada boyama, yıkama, kurutma ve kıvrıcıklandırma işlemleri yapılır. Makinadan çıktıktan sonra tavlama işlemi gerçekleştirilerek akrilik lifin tekstilde kullanılabilir hale getirilmesi sağlanır. Kesim ve paketleme ünitesinde balyalanarak satışa hazır halde depolanır. Proseste organik-sulu bir karışımda bulunan DMAc, solvent geri kazanma ünitesinde işlenmektedir. Solvent geri kazanma ünitesine gelen karışım distilasyon işlemi ile birbirinden ayrılmaktadır. Ünite de seri bağlı 4 adet dolgu kolon (Dolgu Malzemesi:

Mellapak 250.Y) bulunmaktadır ve fraksiyonlu distilasyon ile üniteye gelen ağırlıkça %45 DMAc içeren DMAc-Su karışımı kolonlarda distile edilerek yüksek saflıkta DMAc elde edilmektedir. Son kolondan çıkan taban ürünü ağırlıkça %98 DMAc, %2 asetik asit içerirken, distilat ise ağırlıkça %98 su ve %2 dimetilamin (DMA) içermektedir [6].

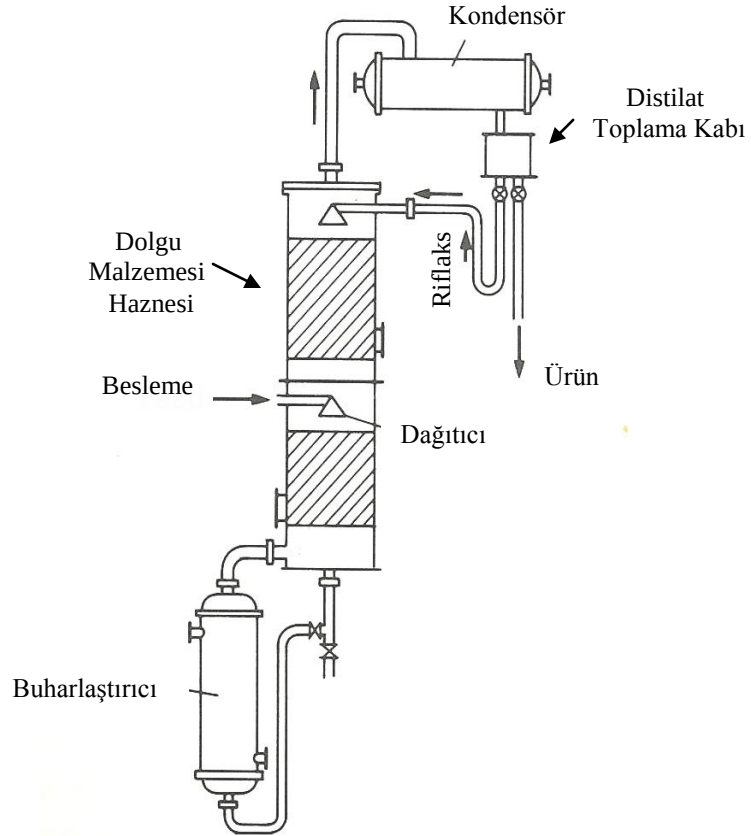
2.3 Distilasyon

Distilasyon sıvı karışımındaki bileşenlerin kaynama noktaları farkına dayanılarak yapılan ayırma işlemidir. Distile edilecek karışım distilasyon kolonuna beslenerek bileşenlerine ayrılır. Distilat elde etmek için kolonun üstünden alınan buhar yoğunlaştırılır ve oluşan distilatın bir bölümü baş ürün (D) olarak alınırken, performansı arttırmak için, diğer kısmı (L_0) geri döngü (riflaks) olarak kolona beslenir. Kolona beslenen riflaksın kolondan ayrılan baş ürüne oranı riflaks oranı olarak tanımlanır. Kolon dibinden ayrılan sıvı kısmi buharlaştırmanın yapıldığı buharlaştırıcıya girer. Oluşan buhar kolona geri gönderilirken, buharlaştırıcıda kalan sıvı taban ürünü olarak sistemden alınır. Bu şekilde buharın oluşmasıyla sağlanan ısı kolona verilir. Bir sıvı çözeltinin bileşenlerini distilasyonla ayırmak için temel şart, denge durumuna erişmiş buhar sıvı sisteminde buharın sıvı fazdan farklı bir bileşime sahip olmasıdır. Buhar fazı bileşim bakımından sıvı fazla aynı olursa, distilasyondan bir ayırma beklenemez. Teorik olarak, distilasyon ile tamamen saf bileşenler üretilmez; ancak ekonomik yönden yeterli saflıkta maddelerin üretilmesi mümkündür. Distilasyon bileşenler arası uçuculuk farkının çok az olması, bileşenlerin distilasyon şartlarında bozulması, karışımın son derece aşındırıcı ve kirletici olması durumlarında tercih edilmez [7-9].

Tez çalışmasında dolgulu kolonunda kesikli distilasyon çalışmaları yapıldığından, Bölüm 2.4'te Dolgulu Kolonda Distilasyon ve Bölüm 2.5'te Kesikli Distilasyon hakkında teorik bilgiler verilmiştir.

2.4 Dolgulu Kolonda Distilasyon

Kampana raflı ve delikli tepsili kolonlarda sıvı karışımın buharlaştırılması sonucu oluşan buhar ile riflaks olarak kolona geri beslenen sıvı arasında yüksek yüzeylerarası alan elde edilir. Difüzyon için gerekli yüzeylerarası alan sağlayan diğer bir alternatif kolon tipi dolgulu kolondur ve kolonun silindirik gövdesi dolgu malzemeleri ile doldurulur. Kolonda kullanılan dolgu malzemeleri yüksek yüzeylerarası alan sağlayacak şekilde dizayn edilmiş halkalar, eğerler veya biçimlendirilmiş parçalardan oluşur. Yaygın olarak distilasyonda kullanılan dolgulu kolon tipi şematik olarak Şekil 2.2’ de gösterilmiştir. Düzenek besleme aparatı, kondensör, buharlaştırıcı, dağıtıcı, dolgu malzemesi haznesi ve distilat toplama kabından oluşmaktadır [10].



Şekil 2.2 Dolgulu kolon [10].

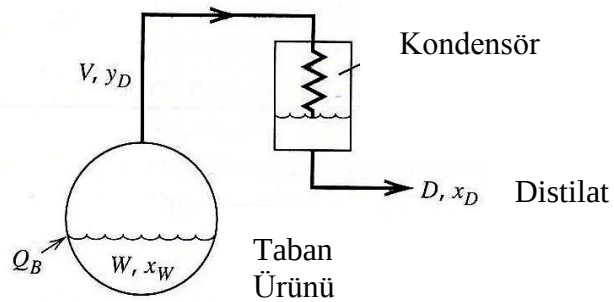
2.5 Kesikli Distilasyon

Kesikli distilasyonda karışım tanka yüklenir ve distilasyon işlemiyle elde edilen ürün sistemden çekilir. Kesikli distilasyon düzeneği Şekil 2.3'te gösterilmiştir. Burada tanka yüklenen karışım kaynama noktasına kadar ısıtılır. Distilatın oluşması için oluşan buhar sürekli olarak uzaklaştırılır ve yoğunlaştırılır. Kesikli distilasyon işlemi boyunca taban ürünü ve distilatın bileşimi zamana bağlı olarak değişir. Sıcaklık yükselirken taban ürünündeki uçucu bileşenin bağıl miktarı azalır. Kesikli distilasyon tipleri olarak diferansiyel distilasyon, sabit riflakslı ve değişken bileşimli zenginleştirme, değişken riflakslı ve sabit bileşimli zenginleştirme hakkında teorik bilgiler verilmiştir.

2.5.1 Diferansiyel (basit) distilasyon

Kesikli distilasyonun en basit hali Lord Rayleigh tarafından incelenmiş olan diferansiyel distilasyondur ve Şekil 2.3' te şematik olarak gösterilmiştir. Kolona riflaks yoktur. Kolonu terk eden y_D bileşimine sahip buharın tanktaki sıvıyla çok iyi bir şekilde karışmış halde, dengede olduğu kabul edilir. Toplam yoğunlaşma için $x_D=y_D$ ' dir. Bu nedenle sadece tek bir denge basamağı vardır, bu da tanktır [9].

- D : Distilat debisi, mol/saat
 $y = y_D = x_D$: Distilat bileşimi, mol kesri
 W : Taban ürünü miktarı, mol
 $x = x_W$: Taban ürünü bileşimi, mol kesri
 Q_B : Tanka verilen ısı, kJ/h



Şekil 2.3 Diferansiyel distilasyon [11].

Herhangi bir bileşen için çıktı hızı : Dy_D

tanktaki tüketim hızı,

$$-\frac{d}{dt}(Wx_W) = -W\frac{dx_W}{dt} - x_W\frac{dW}{dt} \quad (2.1)$$

herhangi bir andaki madde dengesi,

$$\frac{d}{dt}(Wx_W) = W\frac{dx_W}{dt} + x_W\frac{dW}{dt} = -Dy_D \quad (2.2)$$

her iki taraf dt ile çarpılırsa,

$$Wdx_W + x_WdW = y_D(-Ddt) = y_DdW \quad (2.3)$$

elde edilir. Eşitlik 2.3' ün integralinin alınmasıyla,

$$\int_{x_{W_0}}^{x_W} \frac{dx_W}{y_D - x_W} = \int_{W_0}^W \frac{dW}{W} = \ln\left(\frac{W}{W_0}\right) \quad (2.4)$$

elde edilir, burada W_0 : başlangıçta tankta bulunan yükleme miktarıdır. Bu bilinen Rayleigh eşitliğidir. Bu eşitlik ilk olarak HCl-H₂O, H₂SO₄-H₂O ve NH₃-H₂O gibi geniş kaynama noktası aralığına sahip karışımların ayrılmasında kullanılmıştır. Riflaks olmadığından x_W ve y_D dengedir ve yukarıdaki eşitlik aşağıdaki gibi basitleştirilebilir,

$$\int_{x_0}^x \frac{dx}{y - x} = \ln\left(\frac{W}{W_0}\right) \quad (2.5)$$

Eşitlik 2.5'in integrali basınç sabit tutulduğunda, yüklemenin sıcaklık değişiminin az ve K değerinin bileşimden bağımsız olduğunda kolayca alınabilir. $y = Kx$ ifadesinde K sabit alınarak yukarıdaki denklem şu şekilde ifade edilir,

$$\ln \left(\frac{W}{W_0} \right) = \frac{1}{K-1} \ln \left(\frac{x}{x_0} \right) \quad (2.6)$$

burada K; dağılım katsayısıdır. İkili karışımlar için bağıl uçuculuk α sabit kabul edilerek, $\alpha = (y/x) / [(1-y)/(1-x)]$ formülünün Eşitlik 2.5' te yerine yazılmasıyla,

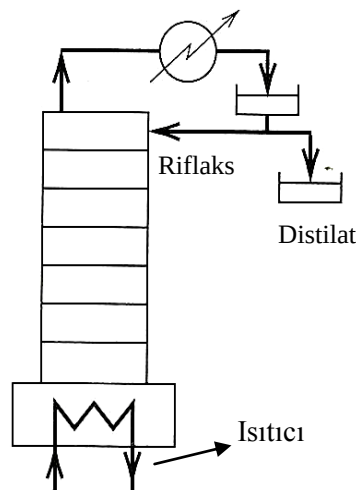
$$\ln \left(\frac{W_0}{W} \right) = \frac{1}{\alpha - 1} \left[\ln \left(\frac{x_0}{x} \right) + \alpha \ln \left(\frac{1-x}{1-x_0} \right) \right] \quad (2.7)$$

elde edilir, burada α : bağıl uçuculuktur.

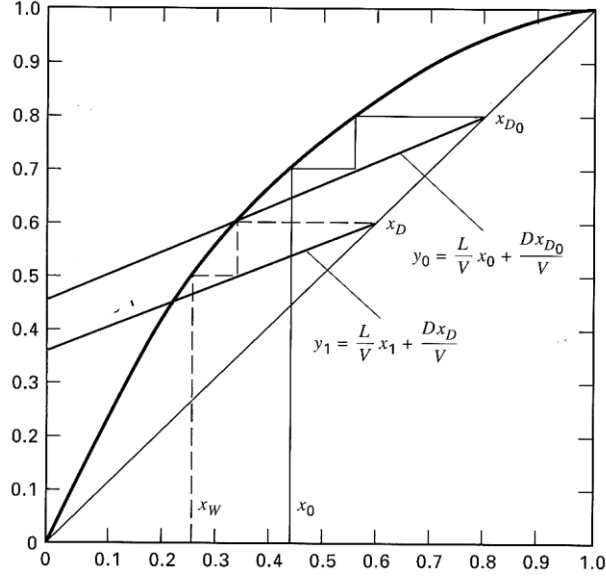
2.5.2 Sabit riflaxslı ve değışken bileşimli zenginleştirme

Dolgulu veya raflı yapıya sahip, kolona riflaxsın gönderildiği bir zenginleştirme kolonu şematik olarak şekil 2.4'te gösterilmiştir. Riflaxs oranı sabit tutulursa, distilat ve taban ürünü bileşimleri zamanla değışir [11].

şekil 2.5' de McCabe-Thiele diyagramında 0.45 olarak gösterilen değer, şekil 2.4'teki kolonun ısıtıldığı noktadaki x_0 ile ifade edilen sıvı içinde bulunan uçucu bileşenin mol kesridir. şekil 2.4 iki teorik kademeye sahip sistemi ifade etmektedir ve sıfır anındaki x_0 değeri operasyon doğrularının kullanılması ile elde edilir.



şekil 2.4 Sabit riflaxslı ve değışken bileşimli zenginleştirme [11].



Şekil 2.5 İki teorik kademeli ve sabit L/V değerli kesikli distilasyon [11].

sabit riflaks oranında kesikli distilasyon için t,

$$t = \frac{W_0 - W_t}{V \left(1 - \frac{L}{V}\right)} = \frac{R + 1}{V} (W_0 - W_t) \quad (2.8)$$

ile hesaplanır, t zamanında oluşan distilattaki uçucu bileşeninin ortalama mol kesri Eşitlik 2.9 ile ifade edilir.

$$x_{Dort} = \frac{W_0 x_0 - W_t x_{W_t}}{W_0 - W_t} \quad (2.9)$$

2.5.3 Değişken riflakslı ve sabit bileşimli zenginleştirme

Sabit riflakslı zenginleştirme işleminin gerçekleştirilmesi oldukça basittir. Değişken riflakslı sistemde distilat bileşimi sabit tutulup riflaks oranı değiştirilerek işlem yürütülür. Değişken riflakslı sistem daha kompleks kontrol sistemlerine sahiptir. Sabit riflakslı sistemde distilat bileşiminin hesaplanması McCabe-Thiele diyagramının kullanılmasıyla yapılır [11].

Eşitlik 2.9 sabit x_D ’ de, W ’nin x_W ’nin bir fonksiyonu olarak yazılmasıyla yeniden düzenlenerek,

$$W = W_0 \left[\frac{x_D - x_0}{x_D - x_W} \right] \quad (2.10)$$

elde edilir, W ve x_W ’ nin t ’ ye göre diferansiyeli alınırsa,

$$\frac{dW}{dt} = W_0 \frac{(x_D - x_0)}{(x_D - x_W)^2} \frac{dx_W}{dt} \quad (2.11)$$

sabit molar üst akım için,

$$- \frac{dW}{dt} = (V - L) = \frac{dD}{dt} \quad (2.12)$$

elde edilir. Burada D distilat miktarıdır, distilat debisi değildir. Eşitlik 2.12 Eşitlik 2.11’de yerine yazılıp integrali alınırsa,

$$t = \frac{W_0(x_D - x_0)}{V} \int_{x_W}^{x_0} \frac{dx_W}{(1 - L/V)(x_D - x_W)^2} \quad (2.13)$$

elde edilir.

Distilasyon kimyasal proseslerde kullanılan en önemli temel işlemlerden biridir. Bugün hemen hemen her sektörde kullanılan distilasyon kimya mühendisliğinde ayrıcalıklı, önemli yere sahiptir. Dolgu malzemeleri distilasyon uygulamalarında sıvı ve buhar fazın iyi bir şekilde temasını sağlamak için kullanılırlar. Bölüm 2.6’ da dolgu malzemeleri konusu ayrıntılı olarak incelenmiştir.

2.6 Dolgu Malzemesi Tipleri

Dolgu malzemeleri distilasyon işlemlerinde önemli bir yere sahiptir. Dolgu malzemesinin kullanılmasındaki amaç, buhar ve sıvı fazların birbirleri ile temas etmesini sağlamaktır. Distilasyon kolonuna doldurulan her tip dolgu malzemesi, etkin temas yüzeyi sağlar. İyi bir dolgu malzemesi hafif olmalı, birim hacmi başına maksimum ıslanabilen yüzeye sahip olmalı ve buharın geçişleri için yeterli boşluk bırakmalı, diğer bir deyişle, küçük bir basınç düşüşüne sahip olmalıdır [9].

Dolgu malzemelerinin kullanım amaçları şu şekilde sıralanabilir,

a) Maksimum verim elde etmek için;

- Spesifik yüzey alanının arttırılması,
- Yüzey alanına düzgün yayılım,
- Dolgulu kolon boyunca buhar ve sıvının düzgün bir şekilde temasını sağlamak,
- Dolgu yüzeylerinin maksimum ıslatılması,

b) Maksimum kapasite elde etmek için;

- Kolon hacmi başına boş alanı maksimum yapmak,
- Sürtünmeyi minimum yapmak,
- Yatak boyunca sıvı buhar akışına düzgün direnç sağlamak,
- Buharın sıvıdan kolay bir biçimde ayrılmasını sağlamak,

gerekir. Dolgu malzemeleri genel olarak üç sınıfa ayrılır;

1) Rastgele dizilmiş dolgu malzemeleri

Bu tip dolgu malzemeleri, belirli geometrik şekillerin bölünmüş parçalarıdır ve kolon gövdesine rastgele yerleştirilirler.

2) Yapılandırılmış ya da sistematik olarak dizilmiş dolgu malzemeleri

Bu tip dolgu malzemeleri kıvrıklandırılmış delikli teller veya oluklu plakalar halindedir. Kolona yığın halde yerleştirilirler.

3) Izgara modelinde dolgu malzemeleri

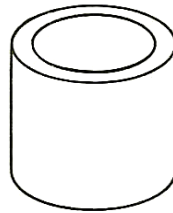
Bu tip dolgu malzemeleri sistematik olarak dizilmiştir fakat oluklu plakalar yerine açık kafes yapısı kullanılır.

Ticari uygulamalarda en yaygın olarak rastgele diziliimli dolgu malzemeleri kullanılmaktadır. Sistematik olarak dizilmiş dolgu malzemeleri daha az yaygındır fakat son on yılı aşkın sürede dolgu malzemeleri pazarında hızlı bir büyüme göstermektedirler [9].

2.6.1 Rastgele dizilmiş dolgu malzemeleri tipleri

Rastgele dizilmiş dolgu malzemelerinin endüstriyel gelişiminde 1907-1950 yılları arasında Raschig halkası ve Berl eğeri, 1950-1970 yılları arasında Raschig halkasının geliştirilmiş hali olan Pall® halkası ile Berl eğerinin geliştirilmiş hali olan Intalox® eğeri denilen geometrik şekiller yer almaktadır. Günümüzde ise Pall® halkası ve Intalox® eğeri daha da geliştirilerek çoklu geometriye sahip kompleks dolgu malzemeleri üretilmiştir.

Raschig halkaları: Şekil 2.6'da gösterilen Raschig halkası 1907 yılında Almanya' da Dr. Raschig tarafından patenti alınan yüksek verimliliğe sahip en eski kule dolgu malzemesi tipidir. Yüksekliği çapına eşit içi boş silindir şeklindedir. Bu dolgu malzemesi genellikle seramik ve metal formdadır. Nadiren de olsa plastik formda olanları da mevcuttur.



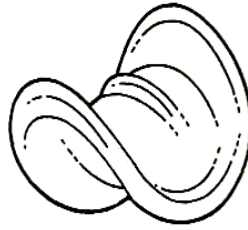
Şekil 2.6 Raschig halkası [9].

Lessing halkaları: Şekil 2.7'de gösterilen Lessing halkası, Raschig halkasına benzerdir. Halkanın merkezi boyunca eklenen parça ile yüzey alanı arttırılır. Bu parça halkayı güçlendirir.



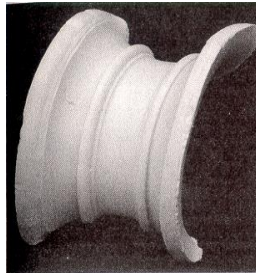
Şekil 2.7 Lessing halkası [9].

Berl eğerleri: Şekil 2.8’de gösterilen Berl eğeri, eğer tipi dolgu malzemelerinin orjinal tipidir. Raschig ve Lessing halkasından daha düşük açık buhar alanına sahiptir. Raschig ve Lessing halkasından daha düşük basınç düşüşü ve daha yüksek kapasite verir.



Şekil 2.8 Berl eğeri [9].

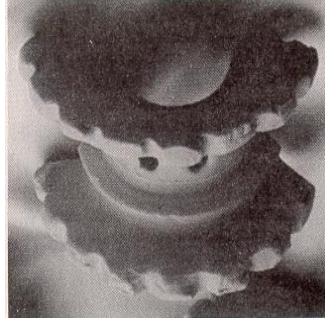
Intalox[®] eğerleri: Şekil 2.9’da gösterilen Intalox[®] eğeri Berl eğerinin geliştirilmiş halidir. Berl eğerinden daha yüksek kapasiteye ve daha düşük basınç düşüşüne sahiptir. Intalox[®] eğeri seramik formda Norton Company tarafından üretilir. Flexisaddle[™] ve Navolox[®] eğeri ticari isimleri altında pazarlanır.



Şekil 2.9 Intalox[®] eğeri [9].

Süper Intalox[®] eğerleri: Şekil 2.10’da gösterilen Süper Intalox[®] eğeri metal ve seramik formda Norton Company tarafından üretilir. Intalox[®] eğerinin düzgün kenarları Süper Intalox[®]’ta oyuk şeklindedir ve delikli yapıya sahiptir. Bu yapı

sıvının akışını kolaylaştırır ve buhar için daha fazla açık alan yaratır. Süper Intalox[®] eğeri, Intalox[®] eğeri ile kıyaslandığında daha yüksek kapasiteye ve etkinliğe sahiptir. Şu ticari isimler altında pazarlanır; Flexisaddle[™] (Koch Engineering Company) ve Ballast[™] eğeri (Glitsch Incorporation).



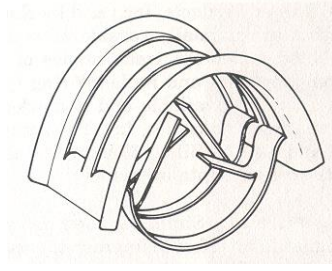
Şekil 2.10 Süper Intalox[®] [9].

Pall[®] halkaları: Şekil 2.11’de gösterilen Pall[®] halkası, Raschig halkasının pencere şeklinde kesilerek, kesilen parçaların içe doğru bükülmesi ile elde edilir. Bu açık yapı, sürtünmeyi azaltır, dolgunun alana dağılımı, ıslanma ve yayılma özelliklerini artırır. Pall[®] halkası şimdiye kadar ifade edilen dolgu tiplerinden daha yüksek kapasiteye, etkinliğe ve daha düşük basınç düşüşüne sahiptir. Pall[®] halkası, metal, seramik ve plastik formlarda Norton Company tarafından üretilir. Şu ticari isimler altında pazarlanır; Flexisiring[®] (Koch Engineering Company), Ballast[™] halkası (Glitsch Incorporation).



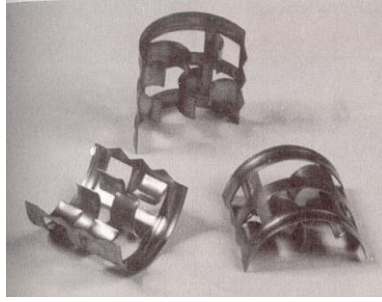
Şekil 2.11 Pall[®] halkası [9].

Intalox[®]: Şekil 2.12’de gösterilen Intalox[®] dolgu malzemesi Pall[®] halkası ile eğer şeklinin birleşiminden oluşur. Pall[®] halkası ile kıyaslandığında daha açık yapıya sahiptir ve iyi bir sıvı dağılımı sağlar. Metal formda Norton Company tarafından üretilir.



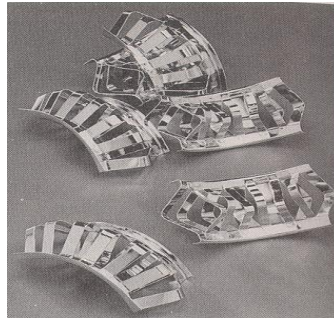
Şekil 2.12 Intalox® [9].

Chempak™: Şekil 2.13'te gösterilen Chempak™, Pall® halkasının ikiye bölünmesiyle elde edilir. Kesik yapıya sahip olan dolgu malzemesi sıvının iyi bir şekilde dağılımını ve sıvı - buhar temasını sağlar. Chempak™ dolgu malzemesi metal formda Nutter Engineering Corporation, plastik formda ise Chemetics International tarafından üretilir.



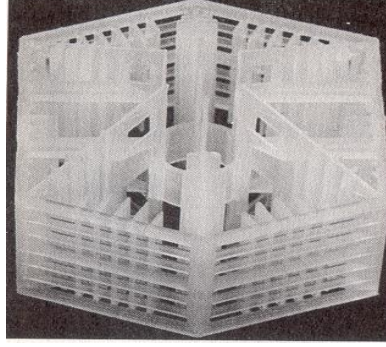
Şekil 2.13 Chempak™ [9].

Fleximax™: Şekil 2.14'te gösterilen Fleximax™ dolgu malzemesi iyi dağılımlı yüzey alanlı açık eğer tipindedir. Metal formda Koch Engineering Company tarafından üretilir.



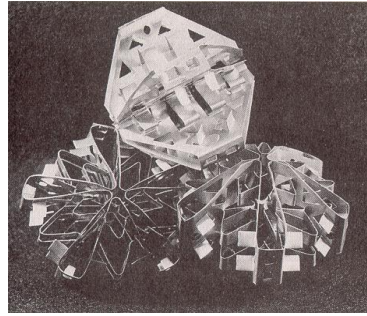
Şekil 2.14 Fleximax™ [9].

LanpacTM: Şekil 2.15’de gösterilen LanpacTM dolgu malzemesi boşluklu çok yüzlü yapıya sahip yapıdadır. Altıgen şeklindeki dolgu malzemesinde çubuklar, filamentlerle çapraz bağlı ağ yapısı şeklini alır. Zincirleme örgü ve yüksek yüzey alanı ile açık bir yapı sağlar. LanpacTM dolgu malzemesi plastik formda Lantec Products tarafından üretilir.



Şekil 2.15 LanpacTM [9].

ImpacTM: Şekil 2.16’da gösterilen ImpacTM dolgu malzemesi kompleks yapıya sahiptir. LanpacTM ile kıyaslandığında daha yüksek yüzey alanına sahiptir. ImpacTM dolgu malzemesi metal ve plastik formda Lantec Products tarafından üretilir.

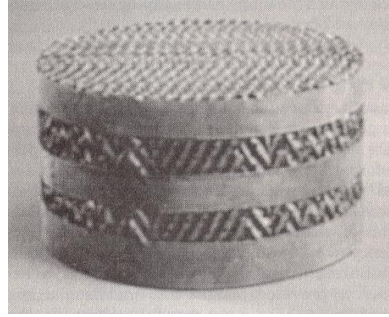


Şekil 2.16 ImpacTM [9].

2.6.2 Yapılandırılmış ya da sistematik olarak dizilmiş dolgu malzemeleri

Yapılandırılmış ya da sistematik olarak dizilmiş dolgu malzemeleri kolonun içerisine yerleştirilebilir geniş kısımlar halinde üretilirler. Rastgele dizilimli olanlara göre aynı hacim baz alındığında daha pahalıdırlar. Özellikle vakum distilasyonunun yapıldığı alanlarda basınç düşüşü verimliliği bakımından iyi bir performans sergilerler [10].

Sulzer® Wire Gauze tipi dolgu malzemesi : Şekil 2.17 ve Şekil 2.18’de gösterilen Sulzer® Wire Gauze tipi dolgu malzemesi tel örgülü oluklu şacdan, delikli ve paralel yapıdan oluşur. Dolgulu malzemesinde bulunan dalgalar her biri diğerinin zıt yönünde olacak şekilde yerleştirilir. 3 tip Sulzer® Wire Gauze dolgu malzemesi bulunmaktadır; AX, BX ve CY’ dir. Şekil 2.17’de gösterilen BX tipi en yaygın kullanılan tiptir. BX tipi $492 \text{ m}^2/\text{m}^3$ yüzey alanına, 0.8 cm kıvrıkcık yüksekliğine ve yatay eksenle 60° lik oryantasyona sahiptir. Şekil 2.18’ de gösterilen CY tipi $656 \text{ m}^2/\text{m}^3$ yüzey alanına, 0.6 cm kıvrıkcık yüksekliğine ve yatay eksenle 45° ’lik oryantasyona sahiptir. Sulzer® Wire Gauze dolgu malzemesi en yaygın olarak paslanmaz çelikten Koch Engineering Company tarafından üretilir.

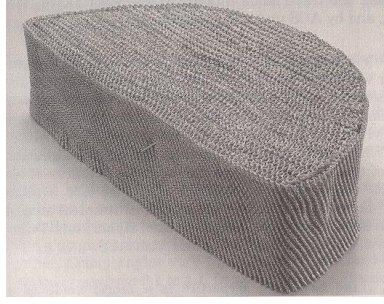


Şekil 2.17 Sulzer® Wire Gauze (BX tipi) [9].



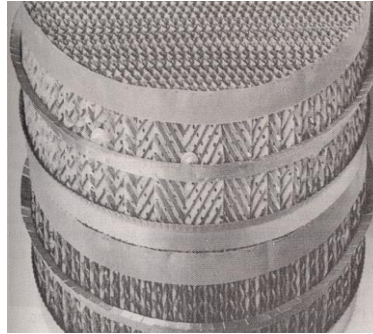
Şekil 2.18 Sulzer® Wire Gauze (CY tipi) [9].

Goodleo®: Şekil 2.19’da gösterilen Goodleo® tipi dolgu malzemesi ince çaplı tellerden meydana gelir. Tüp formunu oluşturmak için teller bir arada örülür. Kolonu sıkı tutmak ve silindirik yapıyı oluşturmak için iki yapı beraber yuvarlanır. Goodleo® dolgu malzemesi $1929 \text{ m}^2/\text{m}^3$ özgül yüzey alanına sahiptir. Yaygın olarak paslanmaz çelikten üretildiği gibi karbon çelik, alüminyum, alaşımlar, plastik ve teflon olarak da Glitsch tarafından üretilir.



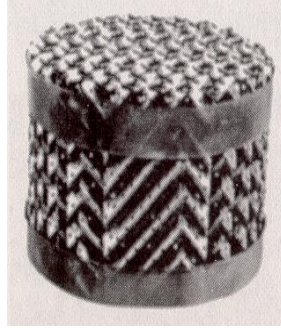
Şekil 2.19 Goodleo® [9].

Montz A™: Şekil 2.20’de gösterilen Montz A™ tipi dolgu malzemesi Sulzer® Wire Gauze dolgu malzemesine benzer olarak delikli tel örgülü plakadan yapılır. Tel gözenekli saçlar özel yapıda dalgalandırılır ve dikey konumda olacak şekilde düzenlenir. Montz A₃™, dolgu malzemesi daha önceki üretimler olan Montz A₁™ ve Montz A₂™’nin geliştirilmiş halidir. Montz A₃™ dolgu malzemesi Sulzer® Wire Gauze dolgu malzemesinde olduğu gibi 492 m²/m³ birim hacimdeki yüzey alanına sahiptir. Montz A₃™ dolgu malzemesi paslanmaz çelikten Nutter Engineering Corporation tarafından üretilir.



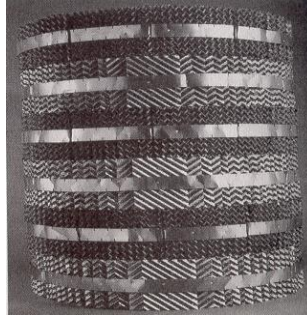
Şekil 2.20 Montz A™ [9].

Mellapak®: Şekil 2.21’de gösterilen Mellapak® dolgu malzemesi oluklu ve delikli yapıya sahiptir. Kıvrıkcık açısı 45°’dir ve kıvrıcığın tepe noktası keskindir. Mellapak® dolgu malzemesi pek çok tipte üretilir. Mellapak® dolgu malzemesinin numarası birim hacmi başına nominal yüzey alanını ifade eder. Mellapak® numarasının sonuna eklenen harf dikey eksen ile yaptığı açığı gösterir. Y harfi 45°, X harfi ise 60° açı yaptığını ifade etmektedir. Mellapak® 250.Y 250 m²/m³ yüzey alanına ve dikey eksenle 45°’lik açığa sahiptir. Mellapak® dolgu malzemesi metal veya plastik formda Sulzer Chemtech tarafından üretilir.



Şekil 2.21 Mellapak® [9].

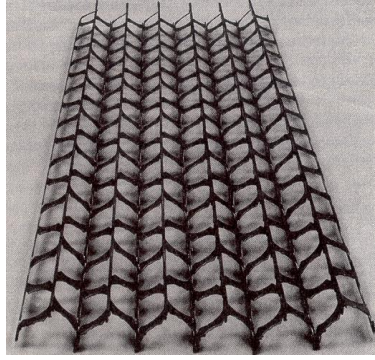
Flexipac®: Şekil 2.22’de gösterilen Flexipac® dolgu malzemesi Mellapak® dolgu malzemesine benzerdir. Yaygın olarak kullanılan Flexipac® çeşitleri; Flexipac® 1 (Mellapak® 500.Y’ye benzer), Flexipac® 2 (Mellapak® 250.Y’ye benzer), Flexipac® 3 (Mellapak® 125.Y’ye benzer) ve Flexipac® 4’tür. Flexipac® dolgu malzemesi metal formda Koch Engineering Company tarafından üretilir.



Şekil 2.22 Flexipac® [9].

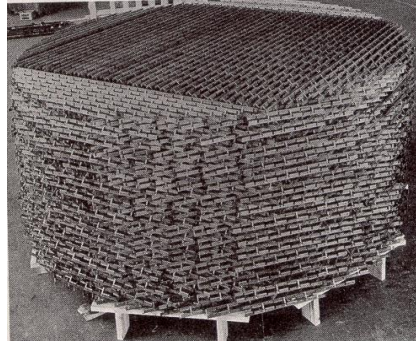
2.6.3 Izgara modeli dolgu malzemeleri

Glitsch C-Grid®: Şekil 2.23’te gösterilen Glitsch C-Grid® tipi dolgu malzemesi içinde 3.8 cm delikler bulunan metal saçlardan yapılır. Bu saçlar V şeklinde bükülebilir. Her tabaka yatay olarak yerleştirilir ve 45°C’lik açıya sahiptir. Glitsch C-Grid® dolgu malzemesi yüksek kapasiteye sahip olmasına rağmen Glitsch EF-25A Grid®’den daha düşük verimliliğe sahiptir. Diğerlerine nazaran daha az kullanılır ve genelde Glitsch EF-25A Grid®’e göre daha fazla kapasitenin gerekli olduğu uygulamalarda tercih edilir.

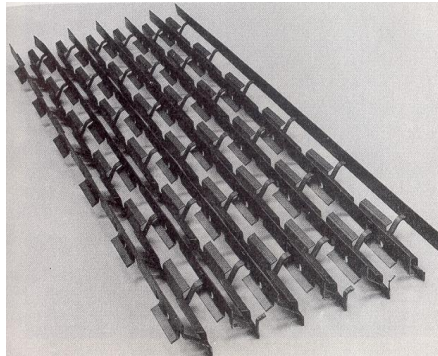


Şekil 2.23 Glitsch C-Grid® [9].

Glitsch EF-25A Grid®: Şekil 2.24 ve Şekil 2.25’de gösterilen Glitsch EF-25A Grid® ızgara tipi dolgu malzemesi 152 cm uzunluğuna, 38.4 cm genişliğine ve 5.39 cm yüksekliğe sahiptir. Dikey ve yatay şekilde üretilir. 1960’ lı yıllarda üretilmeye başlanan dolgu malzemesi metal ve plastik formda üretilir. Norton Company tarafından üretilen Intalox® Grid dolgu malzemesi Glitsch EF-25A Grid® dolgu malzemesine alternatif olarak üretilir.



Şekil 2.24 Glitsch EF-25A Grid® [9].



Şekil 2.25 Glitsch EF-25A Grid® parçası [9].

2.7 Kaynak Tarama Çalışması

Dimetilasetamid-su karışımının kesikli distilasyonunun incelenmesi üzerine kaynak tarama çalışması yapılmış, ancak bu konuyla doğrudan ilgili makaleler bulunamamıştır. Bu nedenle, tez çalışması konusu için incelenen makaleler arasından seçilen örnek çalışmalar aşağıda derlenmiştir.

D. A. Şaşmaz danışmanlığında İ.T.Ü’de H. İ. Tanrıverdi tarafından yapılan doktora tezinde, reaksiyonlu distilasyon prosesi tanıtılmış ve hammadde olarak seçilen fuzel yağına ait ayrıntılı inceleme verilmiştir. Fuzel yağının reaksiyonlu distilasyon prosesinde işlenmesi tartışılmış, prosesin nasıl işletilmesi gerektiği araştırılmış ve çeşitli seçenekler artıları ve eksileri ile değerlendirilmiştir. Fuzel yağından üretilen esterlerin özellikleri değerlendirilmiş ve distilasyon kolon tasarımı verilmiştir [12].

D. A. Şaşmaz danışmanlığında İ.T.Ü’de G. M. Elmas tarafından yapılan doktora tezinde, etil alkol-su çözeltilerinin saflaştırılması ve azeotrop bileşiminin değiştirilmesi için tuz katkılı ekstraktif distilasyonda tuzun etkisi incelenmiştir. Tuz olarak CaCl_2 , CH_3COOK , CH_3COONa , CaO , NaCl ve KBr kullanılmıştır. Deneysel çalışmalar laboratuvar ölçekteki bir deney düzeneği kullanılarak yürütülmüştür. Besleme akımı derişimi, riflakstaki tuz derişimi ve riflaks oranı değişkenlerinin distilasyon etkinliği ile arasındaki değişim incelenmiştir. Sonuç olarak su ile azeotrop oluşturan etil alkol çözeltilisinin azeotrop bileşimini değiştirmesi ve yüksek bir verimle saflaştırılmasında en etkili tuzun CaCl_2 olduğu sonucuna varılmıştır [13].

M. Noda ve arkadaşları tarafından enerji tüketimini minimize etmek bakış açısıyla optimal riflaks operasyonlarının yapıldığı rektifikasyon, sıyırma ve toplam riflaks tipi kolonlarda çalışılmıştır. Etanol-su karışımından hafif, orta, yoğun olmak üzere üç fazlı karışımlar oluşturulmuş ve değişken riflaks şartlarında kesikli distilasyon yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonunda toplam riflaks kolonunda riflaks debisinin optimize edilmesiyle elde edilen ürünün, distilasyon süresince tüketilen enerji miktarına oranının (ayırma performansı) arttırabileceği ve diğer iki kolondakine nazaran daha iyi olacağı saptanmıştır [14].

Z. Lei ve arkadaşları tarafından etanol-su, etilen-su-etilen glukol ve etanol-su-etilen glukol- CaCl_2 sistemlerinin normal basınçta buhar-sıvı dengesi ölçülmüştür. Ölçüm

sonucu elde edilen değerler referans değerlerle karşılaştırılmış oldukça yakın değerler elde edilmiştir. Etanol ve suyun ekstraktif distilasyonla ayrılmasında, tuz (CaCl_2) eklenmiş etilen glukolun ayırmayı daha etkin hale getirdiği deneysel sonuçlarla gösterilmiştir. Çalışmada ayrıca C4 bileşiklerinin (bütan, 1-btin, 2 trans btin, 2 cis btin ve 1,3 bütadien) gaz kromotografi metodu ile bağlı uçuculuğun ölçülmesi için deneysel cihazlar incelenmiş ve solvente (dimetilformamid (DMF)) bir miktar tuz eklenmesiyle C4 bileşiklerinin bağlı uçuculuğunun arttırabileceği kanıtlanmıştır [15].

D. A. şaşmaz danışmanlığında İ.T.'de S. Y. Yeğin tarafından yapılan doktora tezinde, fusel yağı özellikleri, oluşumu ve kullanıldığı yerler hakkında genel bilgiler verilerek başlanmış ve yapısındaki maddeler ile bunların genel özellikleri belirtilmiştir. Distilasyon ve genel özellikleri anlatılmış, distilasyon kullanılarak laboratuvar ve pilot ölçekte çeşitli çalışmalar teorik olarak yer almıştır. Esterleşme ve genel özellikleri açıklanmış, operasyon sonucu elde edilen esterlerin genel özellikleri verilmiş ayrıca fusel yağının esterleşmesi anlatılmıştır. Sonuç olarak, teorik bölümün tamamı deneysel çalışmalar ile desteklenmiş, operasyonlar yapılırken çalışılan düzenek, operasyonun yapılması ve elde edilen numunelerin analizleri incelenmiş ve bu bilgiler tablo veya grafikler ile sunulmuştur [16].

D. A. şaşmaz danışmanlığında İ.T.'de S. Y. Yeğin tarafından yapılan yüksek lisans tezinde, distilasyon ve distilasyon kolonları hakkında genel bilgiler verilerek ideal çalışan bir distilasyon kolonunun model denklemleri çıkartılmıştır. Sistemin dengeye gelmesi ile kapasitesi üzerine, raf sayısı, riflaks oranı, kolonun çeşitli yerlerindeki birikimlerin etkisi incelenmiştir. Kesikli alışan distilasyon kolonu ve çalışan sistem tanıtılmış, deney parametrelerinin seçilmesi ve seçilen bu parametrelere göre yapılan deneylerin sonuçları verilmiştir. Bilgisayar programı ve çıkış değerleri sunularak deneysel olarak elde edilen değerlerle, programlama yoluyla elde edilen değerler arasındaki uyumluluk ve sapmaların nereden kaynaklandığı konusunda tartışılmıştır [17].

J. Zielkiewicz tarafından N,N dimetilasetamid-metanol, N,N dimetilasetamid-su ve N,N dimetilasetamid-metanol-su l karışımı için 313.15 K' de toplam buhar basıncıları statik method yöntemiyle llmştir. Mevcut sonuçlar daha önce (amid-su) ve (amid-metanol) ikili karışımları için elde edilen değerler ve ile karıştırılmıştır, oldukça yakın değerler elde edilmiştir. Söz konusu bir önceki çalışmalarda kullanılan

amidler, N-metilformamid, N,N-Dimetilformamid, N-metilasetamid 2-pirolidinon ve N-metilpirodinon' dur. Ayrıca amid-su ve amid-metanol ikili karışımları için karışımın Gibbs Serbest Enerjisi hesaplanmış ve amidin molal hacmi ile liner olarak değiştiği sonucuna varılmıştır [18].

S. Pelkonen ve arkadaşları tarafından, dolgu kolonlarda ideal olmayan sistemlerde çok bileşenli distilasyonunun deneysel çalışması yapılmıştır. Metanol-2 propanol-su, metanol-asetonitril-su ve aseton-metanol-2 propanol-su ideal olmayan karışımlar kullanılmıştır. Metanol-2 propanol-su için Sulzer BX (dolgu malzemesi yüksekliği: 1.79 m), metanol-asetonitril-su için Montzpak A3-500 (dolgu malzemesi yüksekliği: 3 m) ve aseton-metanol-2 propanol-su için Rombopak 6M (dolgu malzemesi yüksekliği: 3 m) dolgu malzemeleri kullanılmıştır. Deneysel çalışma sonucunda ideal olmayan sistemlerde kolon yüksekliği boyunca bileşenlerin mol kesirleri distilasyon deneyleri ile elde edilmiştir [19].

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu bölümde aşağıdaki başlıklar altında deneysel çalışma sonuçları sunulmaktadır:

- Dimetilasetamidin Özellikleri
- Pilot Ölçekte Distilasyon Deney Düzenegi
- Distilasyon Deneyinin Yürütülmesi
- Pall Halkaları İle Yapılan Kesikli Distilasyon Deneyleri
- Mellapak İle Yapılan Kesikli Distilasyon Deneyleri
- Deney Sonuçlarının İrdelenmesi ve Tartışma
- Maliyet Analizi

3.1 Dimetilasetamidin Özellikleri

Dimetilasetamidin (DMAc) fiziksel özellikleri Tablo 3.1’de, DMAc’nin buhar basıncının sıcaklığa bağlı olarak değişimi Şekil 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1 Dimetilasetamidin fiziksel özellikleri [20].

Özellikler	DMAc
Formül	$(CH_3)_2 NCOCH_3$ veya (C_4H_9ON)
Molekül Ağırlığı, kg/kmol	87.12
Kaynama Noktası (101.3 kPa), °C	165.5
Donma Noktası, °C	-20
Yoğunluk (15.6°C), kg/m ³	944.8
Buharlaşma Isısı, kJ/kmol	43 347
Viskozite, kg/m s (25 °C)	3.52
Yanma Isısı, kJ/kmol	2 543 872
Tutuşma Noktası, °C	490
Isı Sığası, kJ/kg°C	2.03

DMAc su, eter, ester, keton ve aromatik bileşiklerle tamamen karışabilme özelliğine sahiptir. DMAc 0.17 kPa basınçta 25 °C’de kaynarken, 101.33 kPa basınçta 165.5 °C’de kaynamaktadır. DMAc yüksek sıcaklıklarda ortamda su olduğu takdirde hidrolize uğrar ve kendisini oluşturan maddelere ayrılır. Bu parçalanma sonrasında

DMA ve asetik asit oluşur. DMAc-Su karışımı için 101.33 kPa basınç altında T-x,y ve x-y diyagramları Eşitlik 3.1 kullanılarak çıkartılmıştır (21).

$$\ln(P) = A * \ln(T) + B/T + C + D * T^2 \quad (3.1)$$

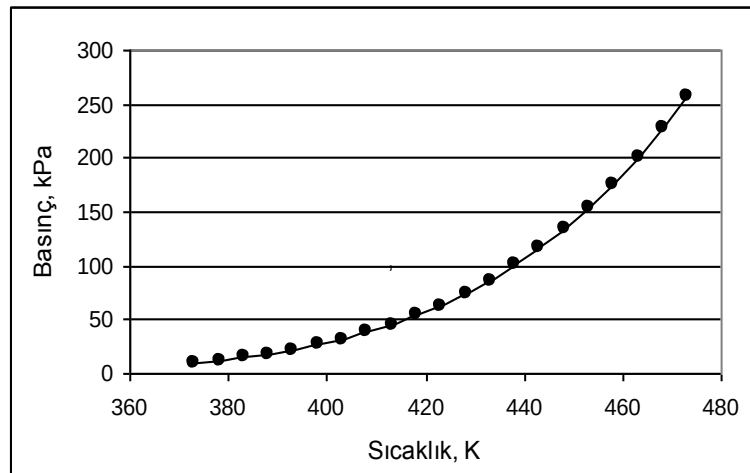
Denklemden kullanılan sabitler Tablo 3.2’de verilmiştir. Bu sabitler kullanılarak DMAc ve su için sıcaklık (Kelvin) değerlerine karşılık gelen saf haldeki buhar basınçları (kPa) hesaplanmış ve elde edilen değerler Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2 DMAc ve su için sabit değerler [21].

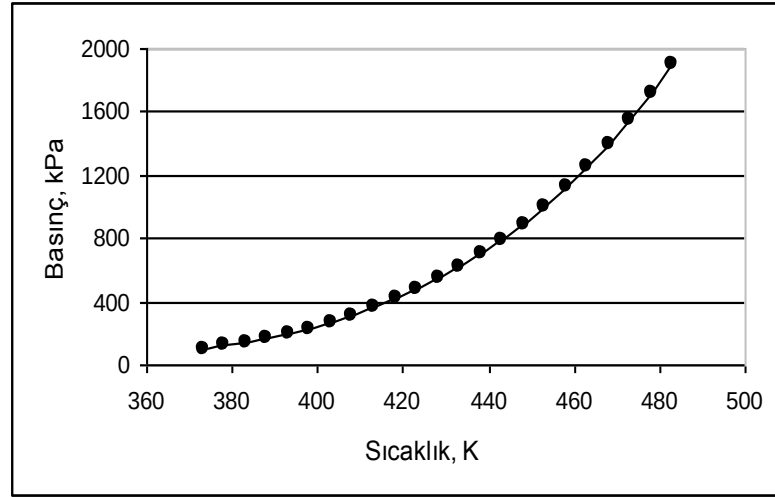
Sabitler	DMAc	Su
A	9.6228	-7.3429
B	-3739.121	-7276.391
C	-42.7944	67.0245
D	-0.0000135	0.00000416

Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de gösterilen saf haldeki buhar basınçları Eşitlik 3.2 kullanılarak Raoult kanunu gereğince [22],

$$P_T = P_{su}^0 * x_{su} + P_{DMAc}^0 * (1 - x_{su}) \quad (3.2)$$



Şekil 3.1 DMAc’nin buhar basıncının sıcaklığa bağlı olarak değişimi.



Şekil 3.2 Suyun buhar basıncının sıcaklığa bağlı olarak değişimi.

herbir sıcaklığa denk gelen x_{su} değerleri hesaplanmıştır. Eşitlik 3.3 kullanılarak Dalton kanunu gereğince [22];

$$y_{su} = x_{su} * P_{su}^0 / P_T \quad (3.3)$$

y_{su} değerleri hesaplanmıştır. $x_{su} + x_{DMAc} = 1$ ve $y_{su} + y_{DMAc} = 1$ formülleri kullanılarak her bir sıcaklığa tekabül eden x_{DMAc} ve y_{DMAc} değerleri elde edilmiştir. Şekil 3.3' te 101.33 kPa basınçta DMAc-Su karışımının T-x,y diyagramı, Şekil 3.4' te Buhar karışımındaki DMAc miktarının sıvı karışımındaki DMAc miktarına göre değişimi verilmiştir.

Burada,

x_{su} : Sıvı fazdaki suyun mol kesri

x_{DMAc} : Sıvı fazdaki DMAc'nin mol kesri

y_{su} : Buhar fazdaki suyun mol kesri

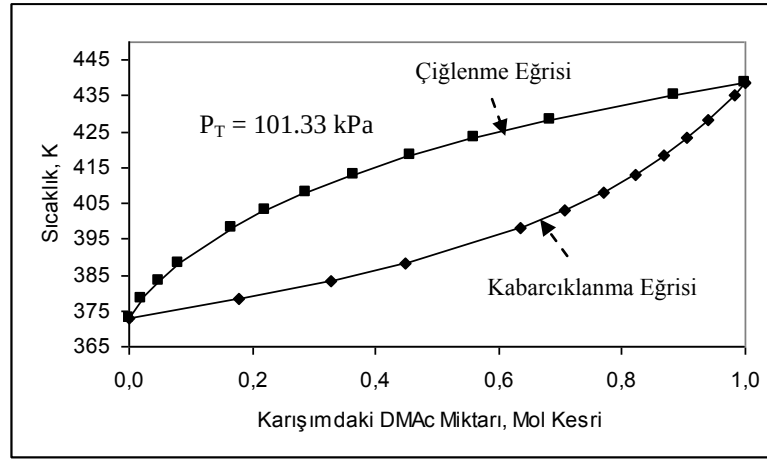
y_{DMAc} : Buhar fazdaki DMAc'nin mol kesri

P_T : Toplam basınç

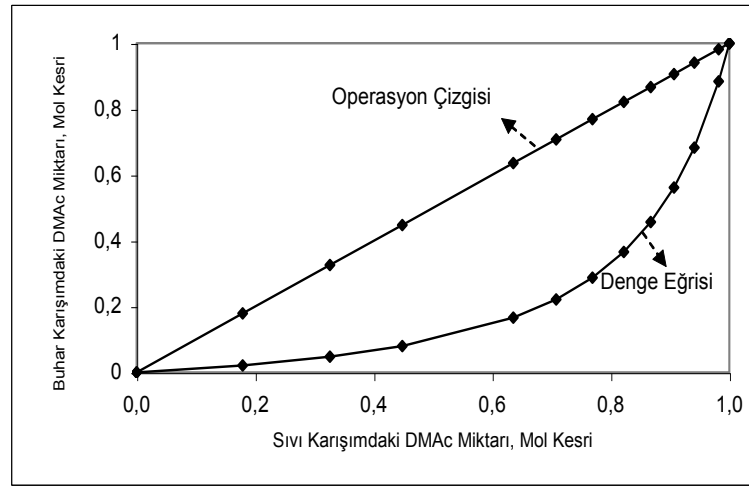
P_{su}^0 : Suyun saf haldeki buhar basıncı

P_{DMAc}^0 : DMAc'nin saf haldeki buhar basıncını

ifade etmektedir.



Şekil 3.3 101.33 kPa basınçta DMac-Su karışımının T-x,y diyagramı.



Şekil 3.4 Buhar karışımdaki DMac miktarının sıvı karışımdaki DMac miktarına göre değişimi.

3.2 Pilot Ölçekte Distilasyon Deney Düzeneği

Şekil 3.5'te deney düzeneği şeması, Şekil 3.6'da deney düzeneği fotoğrafı gösterilmiştir. Kullanılan deney düzeneği kesikli distilasyon kolonu (B), dolgu malzemesi haznesi (G), distilat toplama kabı (D), sirkülasyon pompası (E) ve ısı değiştiricilerden (A,C) oluşmaktadır. Distilasyon kolonunun alt kısmında 5 L' lik ceketli tank mevcuttur. Tanka seviye (LI) ve sıcaklık göstergeleri (TI) ilave edilmiştir. Kolonun alt kısmında üç adet drenaj bulunmaktadır. Bunlardan biri, tankın boşaltımını sağlar, diğeri ceket ısıtmada kullanılan buharın kondensöre aktarılmasını

sağlar, bir diğeri ise tankın ceketine ait çıkıştır ve deney sonunda bu hat kullanılarak ceketten biriken buharın sistemden atılması sağlanır. Tankın yan tarafında numune alımını kolaylaştırmak için, üzerinde ısı değiştirici bulunan çıkış mevcuttur. Kesikli distilasyon kolonu üzerinde dolgu malzemesi haznesi mevcuttur ve dolgu malzemesi ilavesi bu hazneye yapılır. Flanşlarla tutturulmuş kısımlar sökülerek 1020 cm³' lük hacime sahip olan dolgu malzemesi yatağına dolgu malzemeleri ilave edilerek tekrar takılır. Dolgu malzemesinin alt ve üst kısmına sistemin yatışkın hale gelmesini belirleyebilmek için, sıcaklık göstergeleri konulmuştur, ayrıca bu kısımda sistemin basıncını görebilmek amacıyla manometre (PI) de mevcuttur. Dolgu malzemesinin yerleştirildiği noktanın üst kısmına numuneyi besleyebilmek için açık uçlu, vanalı bir yükleme aparatı konulmuştur. Kolonda buharlaşan karışım daha sonra ısı değiştiriciye girer. Sistemde ters akım prensibine göre çalışan ısı değiştirici ve ısı değiştirici çıkışında oluşan distilatın toplanması amacıyla distilat toplama kabı kullanılmıştır. Toplama kabından pompa emişine gelen distilat pompa çıkışında iki kola ayrılır. Bu iki kol üzerinde vanalar ve debiölçerler (F) bulunmaktadır. Bu vanaların kullanılmasıyla bir kısım distilat ürün olarak dışarı alınırken diğer kısım ise rifleks olarak kolona beslenmiştir. Soğutma suyu hatları canlı tutularak sürekli besleme yapılır. Deney düzeneğine ait ekipmanların fotoğrafları EK C' de verilmiştir. Düzenekte bulunan ekipmanların ölçüleri:

Tank hacmi	: 5 L
Kolon iç çapı	: 10 cm
Kolon yüksekliği	: 77 cm
Kolon ile ısı değiştirici arasındaki mesafe	: 160 cm
Kolon ile ısı değiştirici arasındaki hattın iç çapı	: 2.5 cm
Isı değiştirici uzunluğu	: 68 cm
Dolgu malzemesi haznesinin iç çapı	: 10 cm
Dolgu malzemesi haznesinin yüksekliği	: 13 cm



Şekil 3.6 Deney düzeneği fotoğrafı.

3.3 Kesikli Distilasyon Deneyinin Yürütülmesi

AKSA’ da geri kazanılan karışım ağırlıkça %45 DMAc içeren DMAc-Su karışımı olduğu için, deneysel çalışmada da aynı oranlı numune seçilmiştir. Distilasyon kolonuna ağırlıkça %45 DMAc içeren 5 kg karışım yüklenmiş, 30 ml/dk, 45 ml/dk ve 60 ml/dk distilat debilerinde her bir akım için 1, 3 ve 5 riflaks oranlarında deneyler yürütülmüştür. Distilat debileri ve riflaks oranları daha önceden yapılan bir test çalışması ile belirlenmiştir. Distilat toplama kabında biriken distilatın tükenmemesi göz önünde bulundurularak bu rakamlar tespit edilmiştir. Bu değerlerden daha yüksek distilat debilerinde ve riflaks oranlarında distilat toplama kabının kısa sürede boşaldığı ve distilatın tükendiği, çok daha düşük distilat debilerinde ve riflaks oranlarında ise; distilat toplama kabının aşırı dolduğu ve distilasyon süresinin çok uzadığı saptanmıştır. Deneylerde dış riflaks kullanılmıştır, dış riflaks kolona beslenen karışımın sistemden çekilen distilata oranını ifade etmektedir. Seçilen bu koşullarda Pall halkaları ve Mellapak dolgu malzemeleri ile kesikli distilasyon gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmada 2.5 cm yüksekliğinde, 2.5 cm çapında paslanmaz çelik Pall halkaları ve Mellapak 250.Y paslanmaz çelik dolgu malzemeleri kullanılmıştır.

DMAc-Su karışımı karışımı distilasyon kolonuna Şekil 3.5’teki deney düzeneği şemasında gösterilen yükleme aparatı vasıtasıyla yüklenmiştir. Karışım yüklendikten sonra, girişteki vana kapatılarak sistemin atmosfer ile olan teması kesilmiştir. 21 atm’lik buhar hattının vanası açılarak teste başlanmıştır. Sisteme buhar verilmesiyle birlikte düzenekte bulunan ısı değiştiriciye soğutma suyu kapalı devre şeklinde verilmiştir. Buhar vanası açılıp çekete buhar verildiğinde kondensör dönüşünün açık olup olmadığı kontrol edilmiştir. Karışımın kaynama sıcaklığı olan 103 °C’ de distilasyona başlanmış ve taban ürünündeki DMAc için 0.99 mol kesri değeri elde edilene (DMAc saflaşana) kadar sıcaklık arttırılmıştır. Öncelikle sistemin yatışkın duruma gelmesi için, diğer bir deyişle; kolon sıcaklıkları sabit oluncaya kadar, tüm riflaks oranında çalışılmıştır. Yatışkın durum sağlandıktan (kolondaki sıcaklıklar sabitlendikten) sonra sistemden distilat çekilmeye başlanmıştır. Taban ürünün istenilen saflığa ulaşması için, sıcaklığın devamlı arttırılması gerektiğinden sisteme verilen buhar miktarı buhar vanası kullanılarak arttırılmıştır. Buhar miktarındaki artışa bağlı olarak distilat elde edilmiştir. Distilasyon işlemi sırasında zamana bağlı

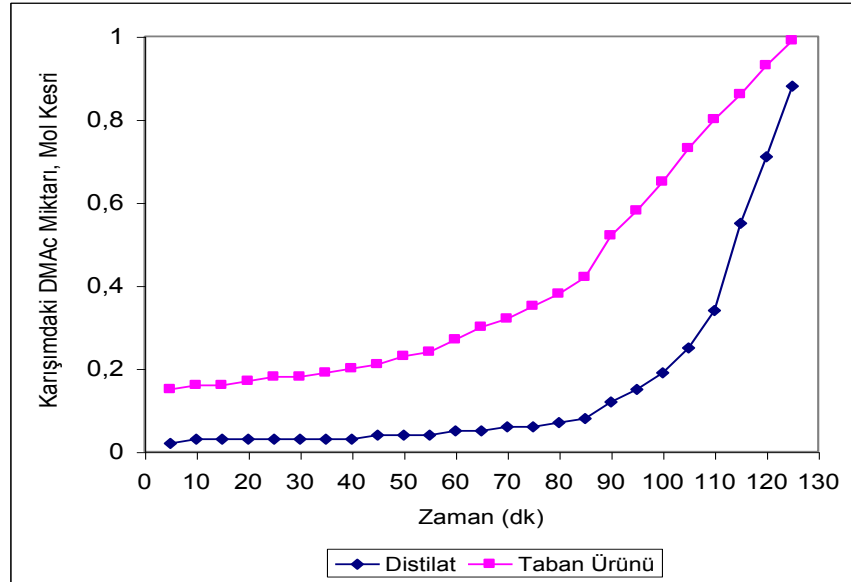
olarak değişen taban ürünü ve distilat bileşimi ölçölmüştür. Taban ürünüdeki DMAc miktarının mol kesri 0.99 olduğunda distilasyon işlemi sonlandırılmıştır. Distilasyon süresi tamamlandıktan sonra buhar vanası kapatılarak taban ürünü ve distilat sistemden alınıp tartılmıştır. Daha sonra sistem soğumaya bırakılmış, soğuma işlemi gerçekleştikten sonra soğutma suyu vanaları kapatılıp tankın ceketine ait olan drenajın açılması suretiyle cekte biriken buhar sistemden uzaklaştırılmıştır. Taban ürünü ve distilatta bulunan DMAc ve su miktarları belirlenmiştir. Analiz yöntemleri EK A’da verilmiştir. Deneysel çalışmanın sonuçları iki deneyin ortalaması olarak verilmiştir.

3.4. Pall halkaları İle Yapılan Kesikli Distilasyon Deneyleri

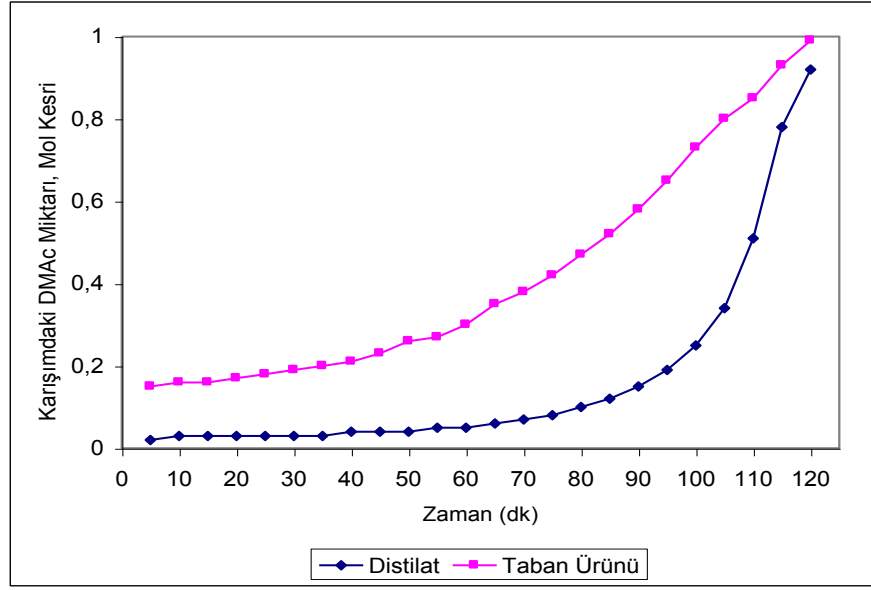
Pall halkaları kullanılarak yapılan deneylerin sonuçları şekil 3.7-3.15’te gösterilmiştir. Deneysel sonuçların tablo gösterimi EK B’ de Tablo B.1-B.9’da verilmiştir. Tablolarda kullanılan ifadeler aşağıda tanımlanmıştır.

x_{DDMAC} : Distilattaki DMAc’nin mol kesri.

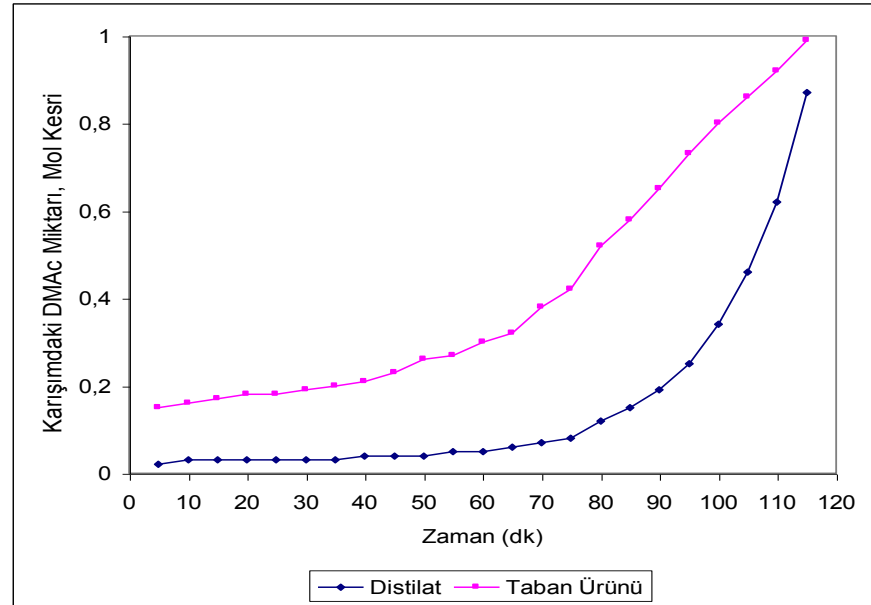
x_{WDMAC} : Taban ürünüdeki DMAc’nin mol kesri.



şekil 3.7 Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Pall halkaları).

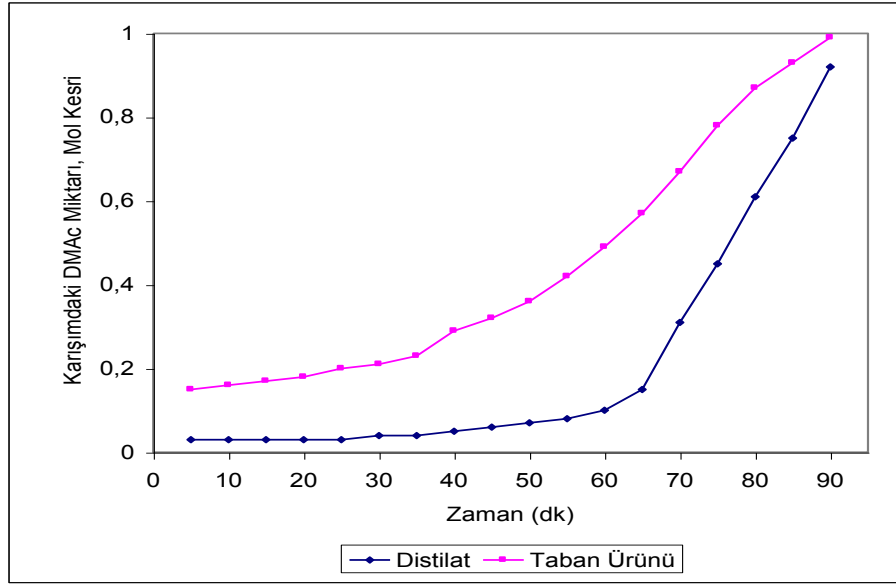


Şekil 3.8 Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Pall halkaları).

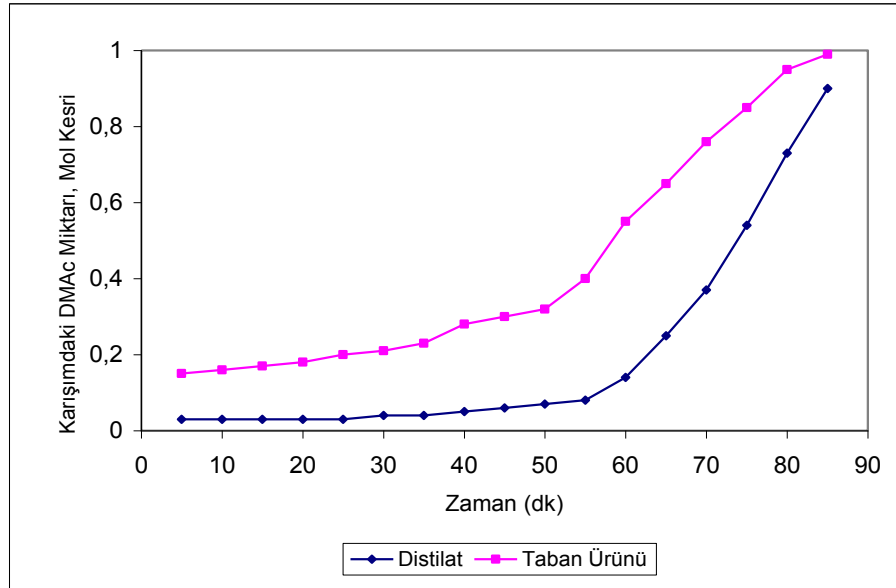


Şekil 3.9 Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Pall halkaları).

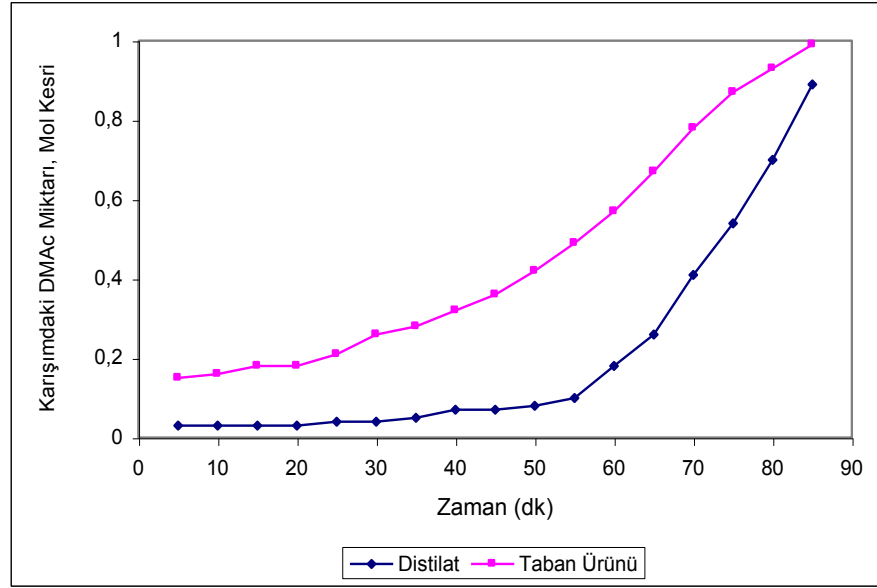
Şekil 3.7, 3.8 ve 3.9' da 30 ml/dk distilat debisinde 1, 3 ve 5 riflaks oranlarında Pall halkaları kullanılarak yapılan deneysel çalışmalar gösterilmiştir. Şekiller incelendiğinde riflaks oranının arttırılmasıyla, taban ürünündeki DMAc'nin mol kesrinin 0,99' a daha kısa sürede ulaştığı görülmektedir. Sürenin kısalması geri kazanılan DMAc miktarının artması anlamına gelmektedir.



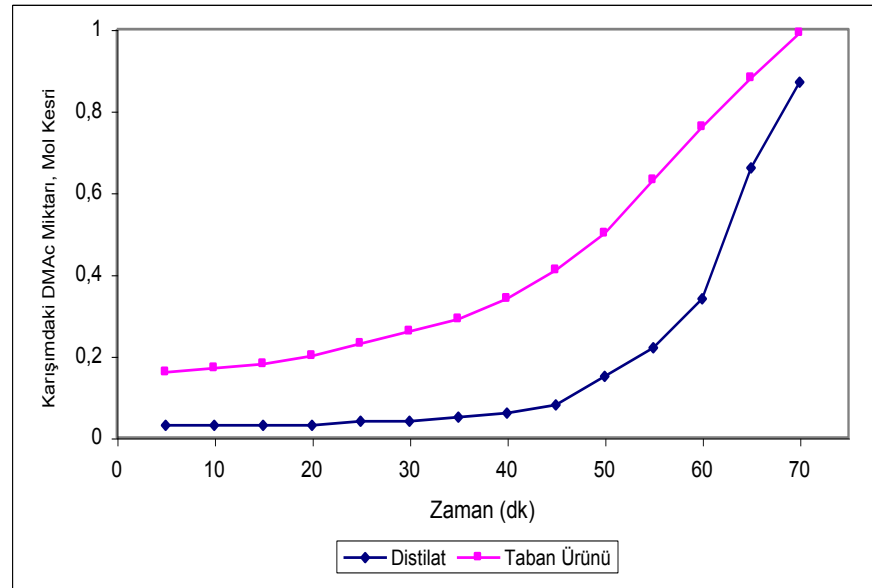
Şekil 3.10 Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Pall halkaları).



Şekil 3.11 Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Pall halkaları).

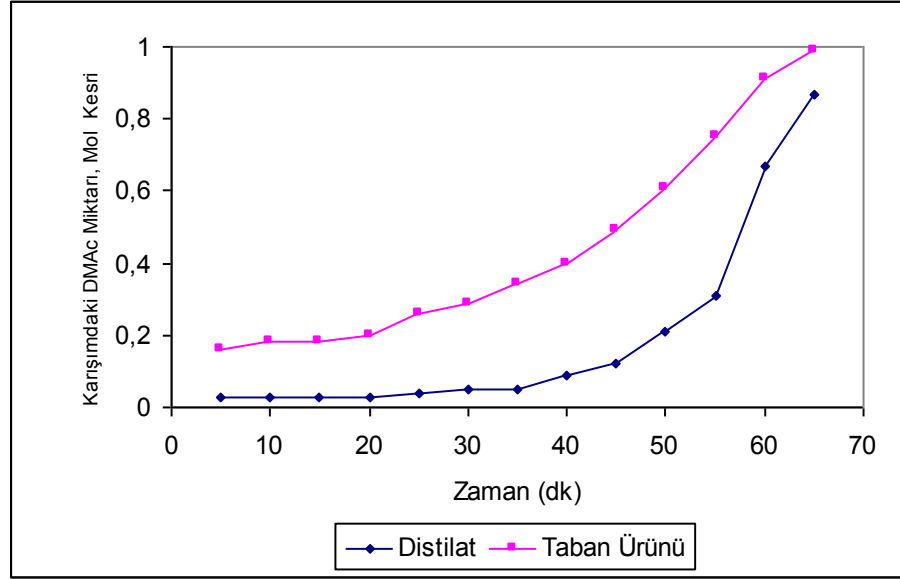


Şekil 3.12 Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Pall halkaları).

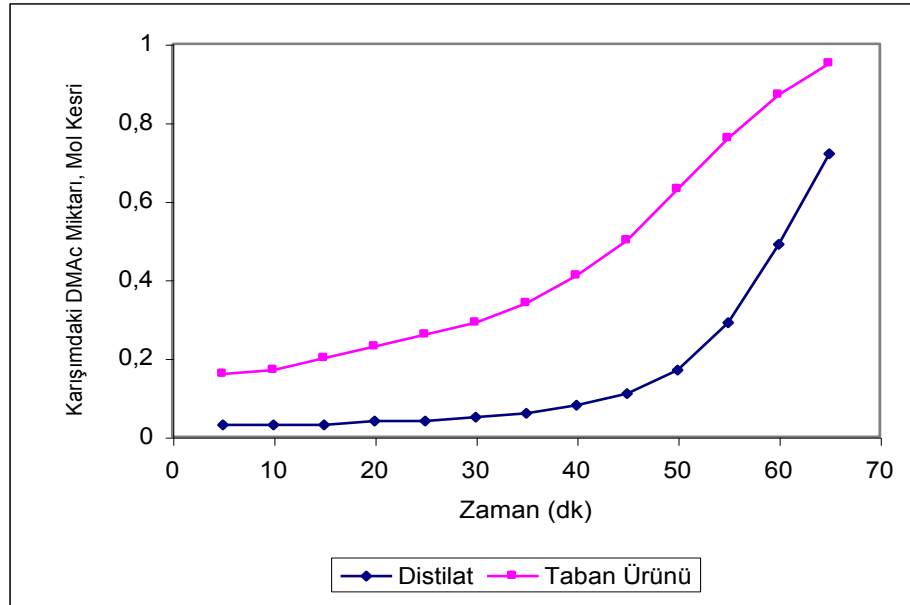


Şekil 3.13 Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Pall halkaları).

Şekil 3.10, 3.11 ve 3.12' de 45 ml/dk distilat debisinde 1, 3 ve 5 riflaks oranlarında, 3.13'te 60 ml/dk distilat debisinde 1 riflaks oranında Pall halkaları kullanılarak yapılan deneysel çalışmalar gösterilmiştir. Şekiller incelendiğinde 45 ml/dk distilat debisinde 3 ve 5 riflaks oranlarında distilasyon işlemi aynı sürede tamamlanmıştır. Bunun anlamı 45 ml/dk distilat debisinde riflaks oranı 3' ten sonra riflaks oranının geri kazanılan DMAc üzerinde etkisi olmadığıdır.



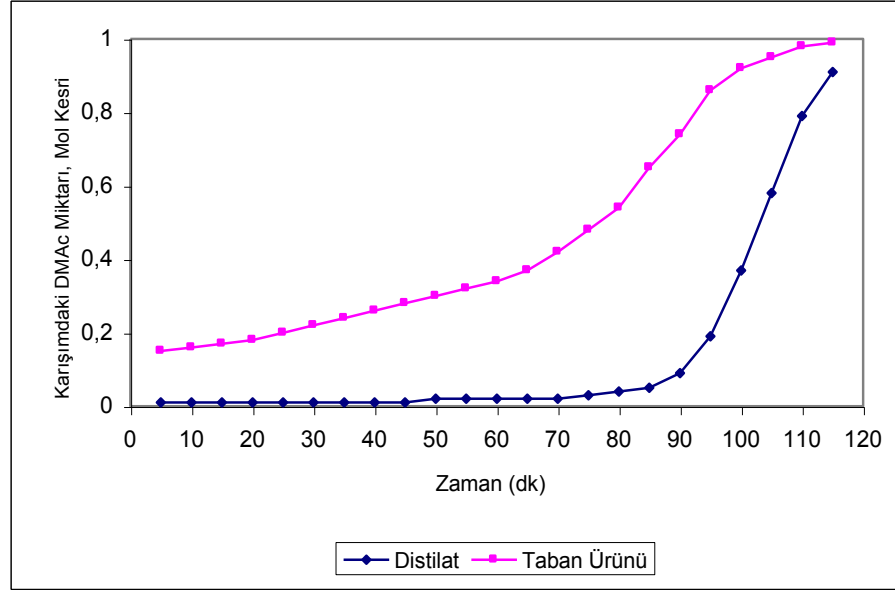
Şekil 3.14 Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Pall halkaları).



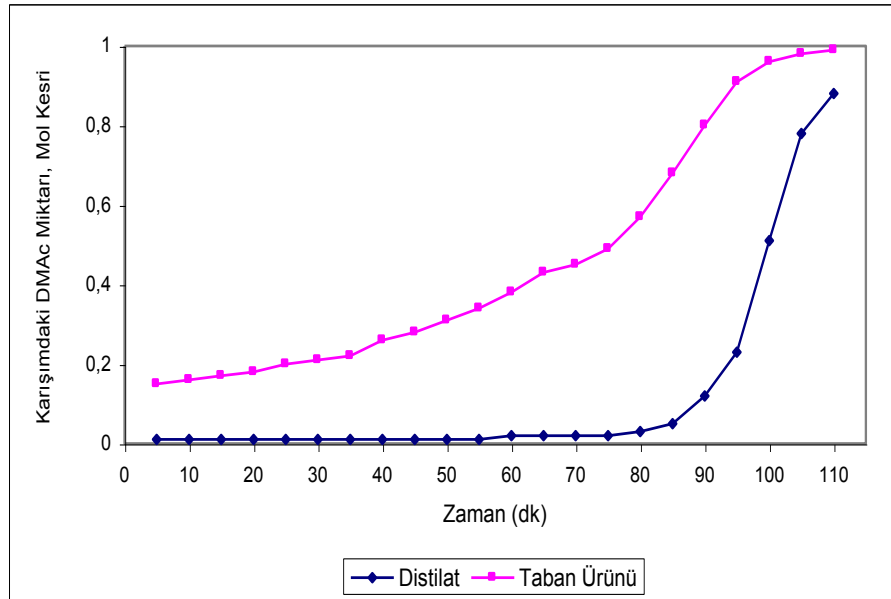
Şekil 3.15 Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Pall halkaları).

3.5 Mellapak İle Yapılan Kesikli Distilasyon Deneyleri

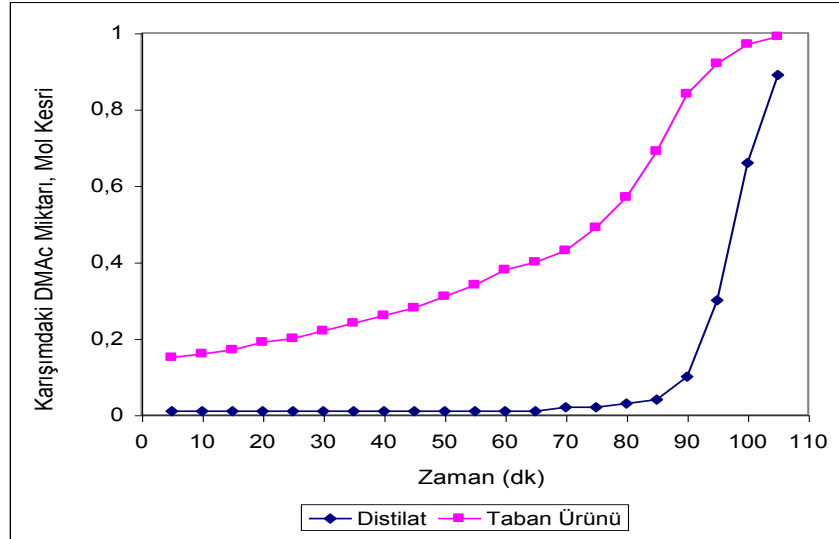
Mellapak kullanılarak yapılan deneylerin sonuçları Şekil 3.16-3.24'te gösterilmektedir. Deneysel sonuçların tablo gösterimi EK B' de Tablo B.10-B.18'de verilmiştir.



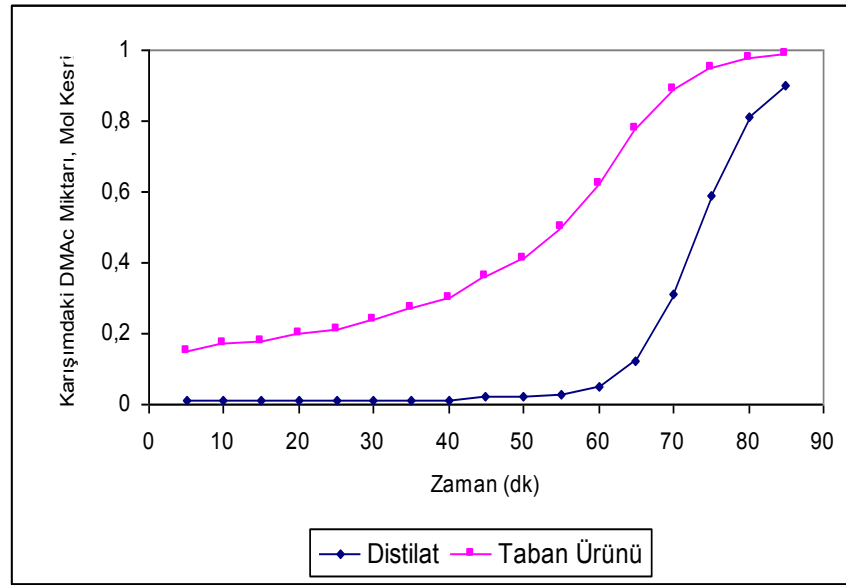
Şekil 3.16 Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Mellapak).



Şekil 3.17 Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Mellapak).

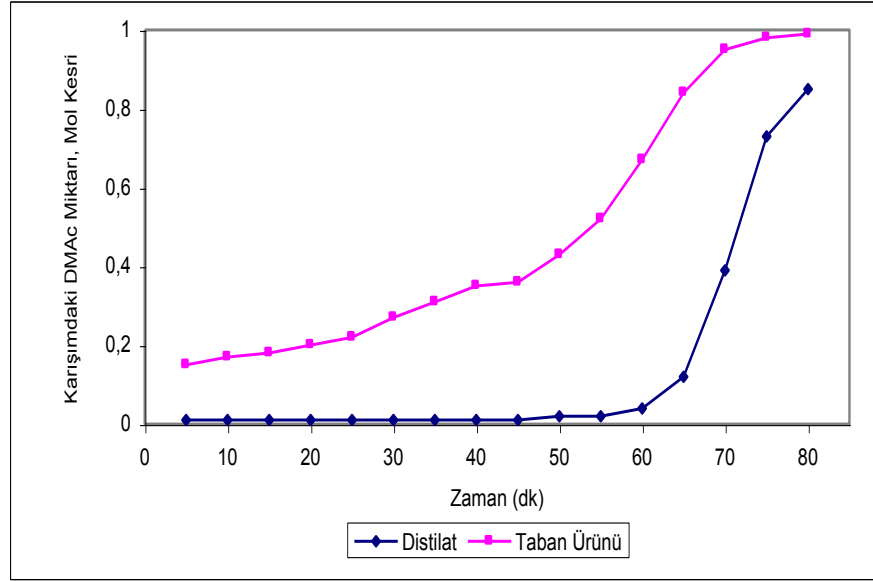


Şekil 3.18 Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Mellapak).

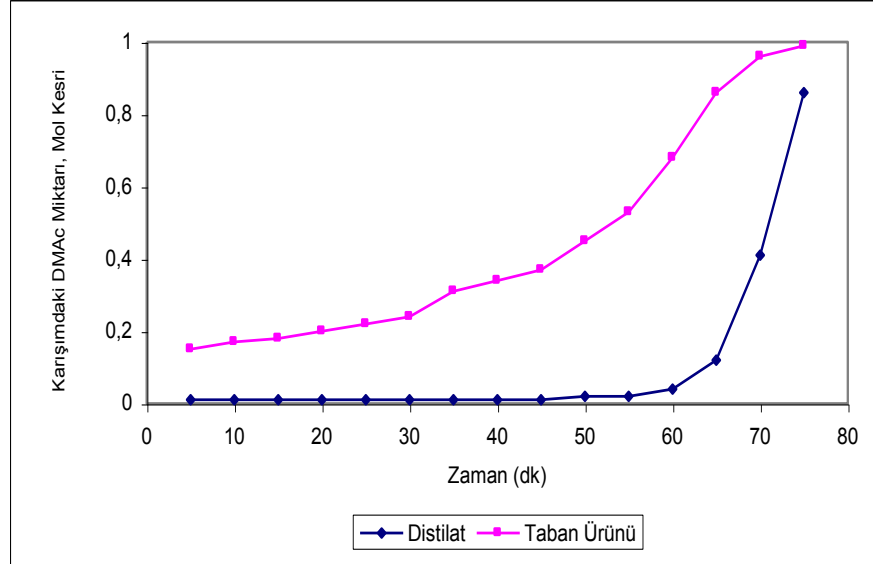


Şekil 3.19 Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Mellapak).

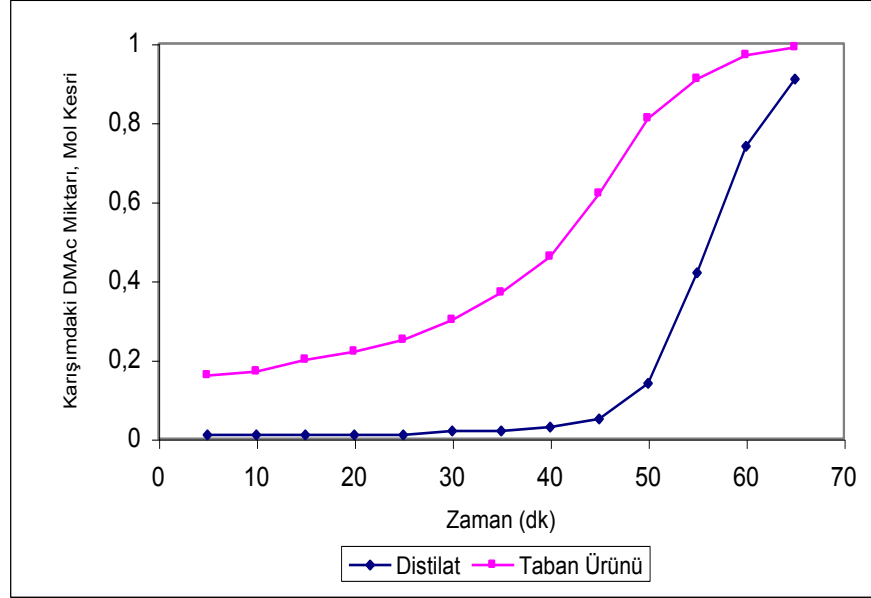
Şekil 3.16, 3.17 ve 3.18’ de 30 ml/dk distilat debisinde 1, 3 ve 5 riflaks oranlarında, 3.19’da 45 ml/dk distilat debisinde 1 riflaks oranında Mellapak kullanılarak yapılan deneysel çalışmalar gösterilmiştir. Şekiller incelendiğinde riflaks oranının arttırılmasıyla, taban ürünündeki DMAc’nin mol kesrinin 0.99’ a daha kısa sürede ulaştığı görülmektedir. Distilasyon sürenin kısalması geri kazanılan DMAc miktarının artması anlamına gelmektedir.



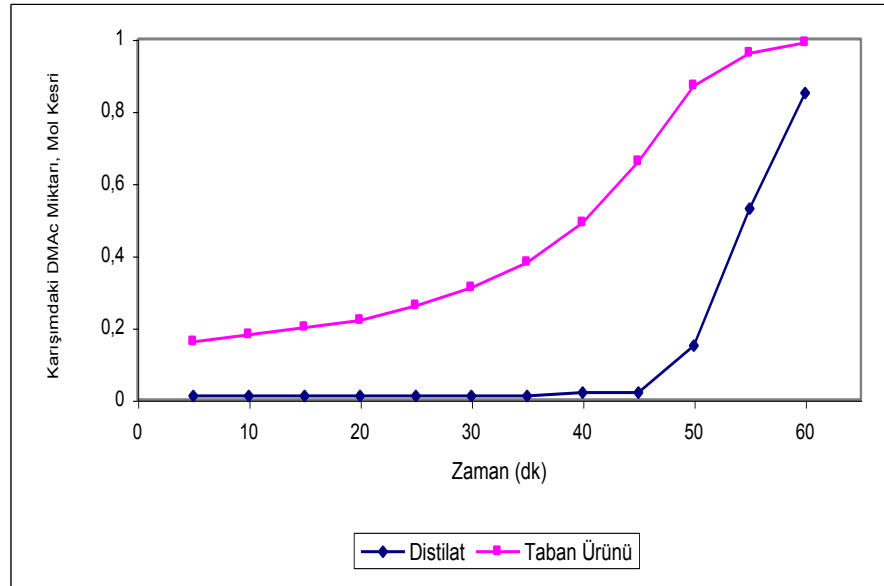
Şekil 3.20 Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Mellapak).



Şekil 3.21 Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Mellapak).

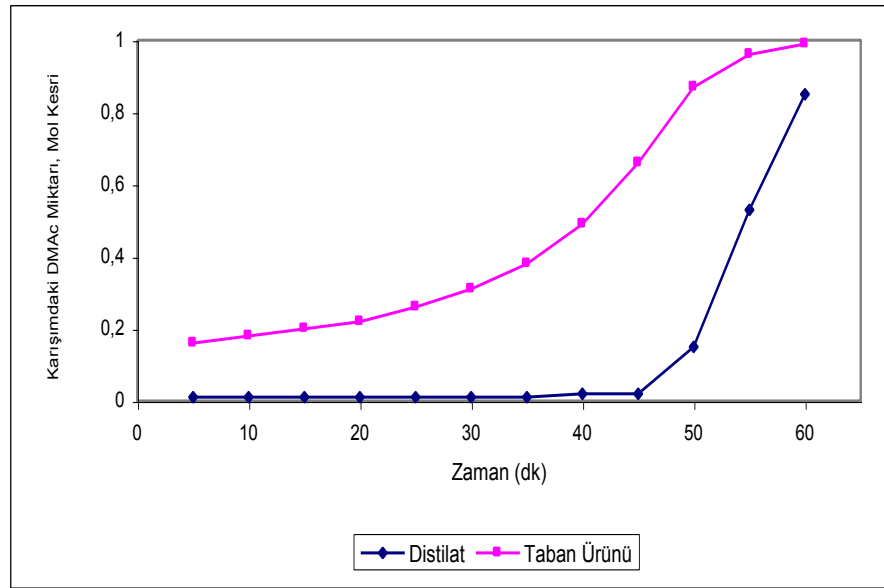


Şekil 3.22 Riflaks oranı : 1 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Mellapak).



Şekil 3.23 Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Mellapak).

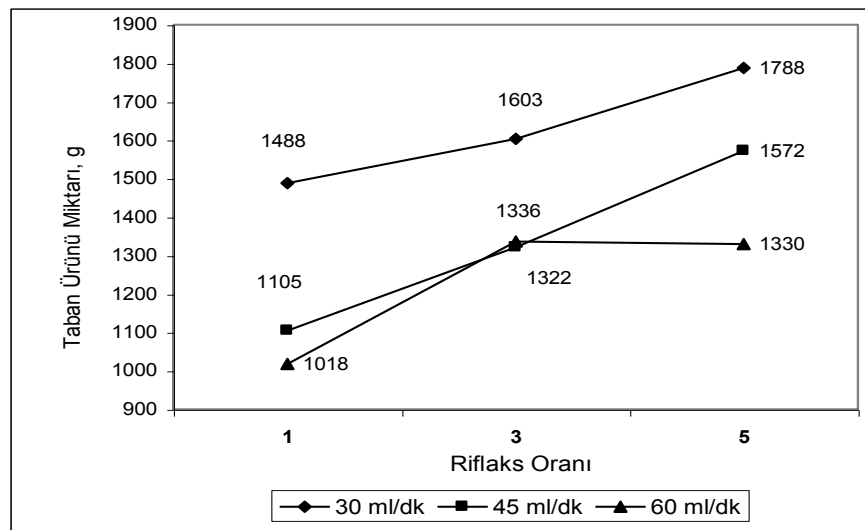
Şekil 3.20 ve 3.21' de Mellapak kullanılarak 45 ml/dk distilat debisinde 3 ve 5 riflaks oranlarında, Şekil 3.22, 3.23 ve 3.24'de 60 ml/dk distilat debisinde 1, 3 ve 5 riflaks oranlarında yapılan deneysel çalışmalar gösterilmiştir. Şekiller incelendiğinde 60 ml/dk distilat debisinde 3 ve 5 riflaks oranlarında distilasyon işleminin aynı sürede tamamlandığı görülmektedir. Bunun anlamı 60 ml/dk distilat debisinde riflaks oranı 3' ten sonra riflaks oranının geri kazanılan DMAc üzerinde etkisi olmadığıdır.



Şekil 3.24 Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken zamana bağlı olarak distilat ve taban ürünü bileşiminin değişimi (Mellapak).

3. 6. Deney Sonuçlarının İrdelenmesi ve Tartışma

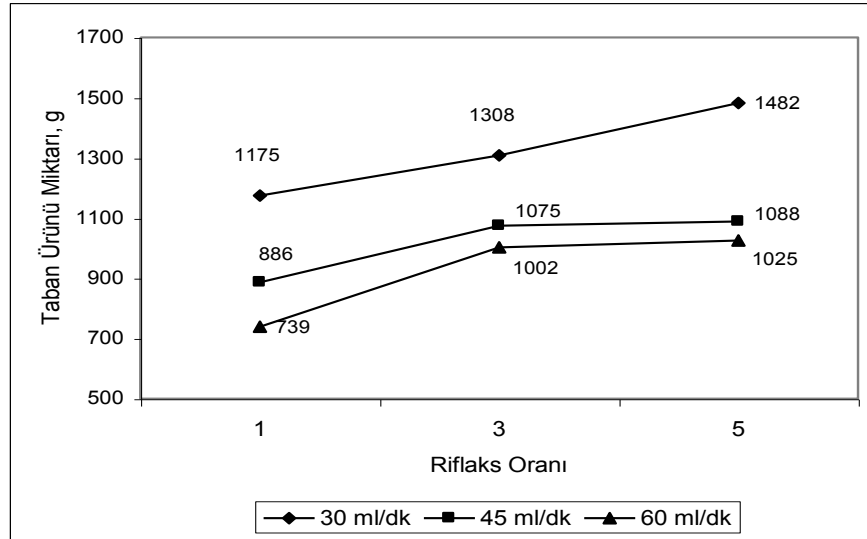
Şekil 3.25’ te taban ürünü miktarının riflaks oranına bağlı olarak değişimi verilmiştir. Mellapak dolgu malzemesi ile yapılan çalışmalarda distilat debisinin 30 ml/dk ve riflaks oranın 5 olduğu durumda geri kazanılan DMAc miktarı 1788 gramdır. Distilat debisinin 60 ml/dk ve riflaks oranın 1 olduğu durumda ise geri kazanılan DMAc miktarı 1018 gramdır.



Şekil 3.25 Taban ürünü miktarının riflaks oranına bağlı olarak değişimi (Mellapak).

Bu sonuçlara göre riflaks oranının artırılması ile geri kazanılan DMAc miktarının arttığı görülmektedir. Ancak riflaks oranının 5, distilat debisinin 60 ml/dk olduğu durumda Şekil 3.25’ te görüldüğü gibi geri kazanılan DMAc miktarında riflaks oranı 3’ e göre pek fazla değişiklik olmamıştır. Bunun anlamı 60 ml/dk distilat debisinde riflaks oranı 3’ten sonra riflaks artışının geri kazanılan DMAc üzerinde etkisinin olmadığıdır.

Şekil 3.26’ da taban ürünü miktarının riflaks oranına bağlı olarak değişimi (Pall halkaları) verilmiştir. Buna göre distilat debisinin 30 ml/dk ve riflaks oranının 5 olduğu durumda geri kazanılan DMAc miktarı 1482 gramdır. Distilat debisinin 60 ml/dk ve riflaks oranının 1 olduğu durumda geri kazanılan DMAc miktarı 739 gramdır. Bu sonuçlara göre distilat debisinin azaltılıp riflaks oranının artırılması ile geri kazanılan DMAc miktarının arttığı görülmektedir. Ancak riflaks oranının 5, distilat debisinin 45 ve 60 ml/dk olduğu durumlarda Şekil 3.26’da görüldüğü gibi geri kazanılan DMAc miktarında riflaks oranı 3’ e göre pek fazla değişiklik olmamıştır. Bunun anlamı 45 ml/dk ve 60 ml/dk distilat debilerinde riflaks oranı 3’ten sonra riflaks artışının geri kazanılan DMAc üzerinde etkisinin olmadığıdır.



Şekil 3.26 Taban ürünü miktarının riflaks oranına bağlı olarak değişimi (Pall halkaları).

Mellapak ile yapılan deneyler sonucunda geri kazanılan DMAc miktarları aynı şartlar altında yapılan tüm deneylerde Pall halkalarına nazaran daha yüksektir. En yüksek miktarda DMAc’ nin geri kazanıldığı çalışma Mellapak ile 30 ml/dk distilat

debisinde 5 riflaks oranında yapılan çalışmadır. En düşük miktarda DMAc' nin geri kazanıldığı çalışma ise Pall halkaları ile 60 ml/dk distilat debisinde 1 riflaks oranında yapılan çalışmadır. Mellapak ile yapılan deneyler sonucunda elde edilen distilattaki DMAc miktarları (mol kesri) Tablo 3.3' te görüldüğü gibi aynı şartlar altında yapılan tüm deneylerde Pall halkalarına nazaran daha düşüktür. DMAc geri kazanılması hedeflenen ürün olduğu için distilatta olabildiğince düşük, taban üründe olabildiğince yüksek miktarlarda olması istenen durumdur. Distilasyon çalışması sonunda elde edilen taban ürünü miktarı, distilat miktarı ve distilattaki DMAc miktarı Tablo 3.3' te verilmiştir. Tablo 3.3 incelendiğinde riflaks oranının arttırılıp distilat debisinin azaltılması durumunda geri kazanılan DMAc miktarı artarken, distilat miktarının ve distilattaki DMAc miktarının (mol kesri) azaldığı görülmektedir.

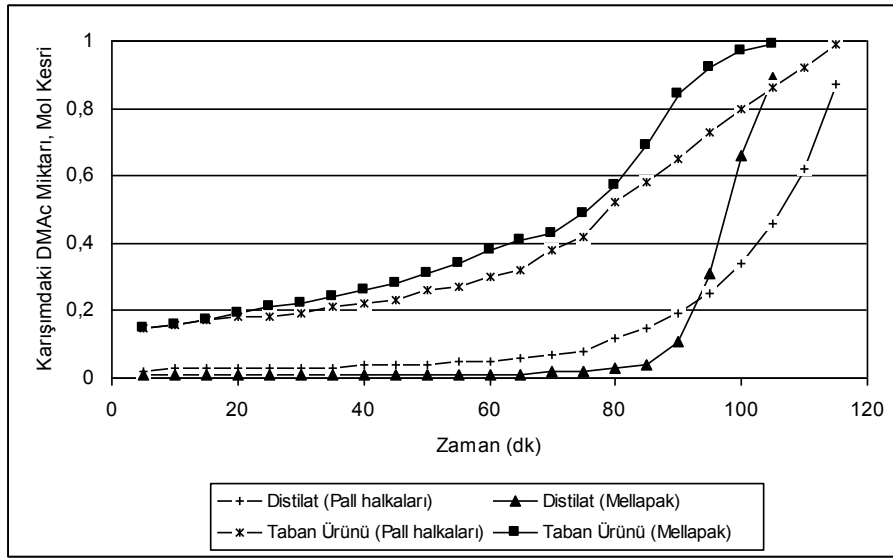
Tablo 3.3 Distilasyon işlemi sonunda elde edilen taban ürünü miktarı, distilat miktarı ve distilattaki DMAc miktarı değerleri.

Dolgu Malzemesi Tipi	Distilat Debisi (ml/dk)	Riflaks Oranı	Taban Ürünü Miktarı (g)	Distilat Miktarı (g)	Distilattaki DMAc Miktarı (Mol Kesri)
Mellapak	30	1	1488	3422	0.056
		3	1603	3282	0.048
		5	1788	3118	0.035
	45	1	1105	3802	0.082
		3	1336	3579	0.066
		5	1572	3356	0.050
	60	1	1018	3888	0.087
		3	1322	3578	0.067
		5	1330	3590	0.066
Pall Halkaları	30	1	1175	3733	0.077
		3	1308	3581	0.069
		5	1482	3435	0.056
	45	1	886	4015	0.096
		3	1075	3800	0.085
		5	1088	3805	0.083
	60	1	739	4179	0.105
		3	1002	3880	0.089
		5	1025	3890	0.087

Mellapak ile en fazla miktarda DMAc'nin geri kazanıldığı durum riflaks oranın 5, distilat debisinin 30 ml/dk, Pall halkaları ile en fazla miktarda DMAc geri kazanılan

durum riflaks oranının 5, distilat debisinin 30 ml/dk olduğu durumdur. Bu iki durum Şekil 3.27’ de karşılaştırılmıştır. Şekil 3.27 incelendiğinde Mellapak ile yapılan çalışmada herhangi bir t anında Pall halkalarına nazaran taban ürününde daha yüksek miktarda DMAc olduğu, distilatta ise daha düşük miktarda DMAc olduğu görülmektedir.

Yapılan deneyler sonucunda en yüksek miktarda DMAc’nin geri kazanıldığı dolgu malzemesinin Mellapak olduğu belirlenmiştir. Mellapak dolgu malzemesi ile daha fazla miktarda DMAc geri kazanılması mümkün fakat Mellapak Pall halkalarına nazaran daha pahalıdır. Bu nedenle dolgu malzemeleri arasında maliyet karşılaştırması yapılması yararlı görülmüştür. Çünkü sadece deneysel çalışma sonucuna bakılarak, Mellapak dolgu malzemesinin seçilmesi yanıltıcı olabilmektedir. Hangi dolgu malzemesinin daha iyi olduğunu tesbit edebilmek amacıyla deneysel çalışmaya ilave olarak Bölüm 3.7’ de maliyet analizi yapılmıştır.



Şekil 3.27 Taban ürünü ve distilattaki DMAc miktarının zamana bağlı değişimi.

3.7 Maliyet Analizi

Maliyet analizi iki adımda gerçekleştirilmektedir. İlk adımda, deney düzeneği endüstriyel boyutta (büyük ölçekli) bir tesise benzetilmiş ve dolgu malzemeleri ile 8 yıl çalışma sonrasında elde edilen gelir gözönünde bulundurularak karşılaştırma yapılmıştır. Deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar 1000 katsayısı ile çarpılarak

büyük ölçekli hesaplama yapılmaya çalışılmıştır. Endüstriyel boyuta geçiş için 1000 katsayısının yeterli olacağı öngörülmüştür. Maliyet analizinde Mellapak ve Pall halkaları ile yapılan deneylerde en fazla miktarda DMAc' nin geri kazanıldığı durumlar göz önünde bulundurulmuştur.

Pall halkaları [23]:

Fiyat	: 1000 \$/m ³
Kullanma Ömrü	: 8 yıl
Geri kazanılan DMAc miktarı	: 1482 gr (5 kg DMAc-su karışımından)
Geri kazanma süresi	: 115 dk
DMAc fiyatı	: 1.2 \$/kg

$$\text{Gelir} = 1482 \text{ kg} * 1.2 \text{ $/kg} * 60/115 * 8300 \text{ saat/yıl} * 8 \text{ yıl} = 61.61. 10^6 \text{ \$}$$

Mellapak [23]:

Fiyat	: 3150 \$/m ³
Kullanma Ömrü	: 8 yıl
Geri kazanılan DMAc miktarı	: 1788 gr (5 kg DMAc-su karışımından)
Geri kazanma süresi	: 105 dk
DMAc fiyatı	: 1.2 \$/kg

$$\text{Gelir} = 1788 \text{ kg} * 1.2 \text{ $/kg} * 60/105 * 8300 \text{ saat/yıl} * 8 \text{ yıl} = 81.41. 10^6 \text{ \$}$$

Mellapak ile bu sistem 8 yıl süreli çalıştırıldığında $81.41.10^6$ \$ gelir, Pall halkaları ile $61.61.10^6$ \$ gelir elde edilmiştir. Dolgu malzemeleri satış fiyatı arasındaki 2150 \$ fark her yıl %10 artış gösterdiği varsayılarak, 8 yıl sonunda 4608 \$ olacaktır. Bir başka deyişle 4608 \$ daha fazla harcama yaparak, $19.8.10^6$ \$ gelir sağlamak mümkün olacaktır. Bu rakam net kar değil, ürün satışından elde edilen gelirdir. Bu değerden hammadde maliyeti, ekipman maliyeti ve çalışma maliyeti düşülmemiştir.

İkinci adımda ise, deneysel çalışmada kullanılan cihaz ve miktarlar kullanılarak sistem 1 yıl süreli çalıştırılmıştır. Pall halkalarının fiyatı kullanılarak bir yıllık gelir

hesaplanmış, Mellapak kullanarak aynı miktarda gelirin sağlanması için Mellapak'ın olması gereken fiyatı belirlenmiştir.

Pall halkaları [23]:

Fiyat	: 200 \$/dm ³
Kullanma Ömrü	: 8 yıl
Geri kazanılan DMAc miktarı	: 1482 gr (5 kg DMAc-su karışımından)
Geri kazanma süresi	: 115 dk
DMAc fiyatı	: 1.2 \$/kg

$$\text{Gelir} = 1482 \text{ gr} * 1.2 \text{ \$/kg} * 60/115 * 8300 \text{ saat/yıl} = 7701 \text{ \$/yıl}$$

Mellapak [23]:

Fiyat	: 280 \$/dm ³
Kullanma Ömrü	: 8 yıl
Geri kazanılan DMAc miktarı	: 1788 gr (5 kg DMAc-su karışımından)
Geri kazanma süresi	: 105 dk
DMAc fiyatı	: 1.2 \$/kg

$$\text{Gelir} = 1788 \text{ gr} * 1.2 \text{ \$/kg} * 60/105 * 8300 \text{ saat/yıl} = 10176 \text{ \$/yıl}$$

$$\text{Net kar} = \text{Gelirler} - \text{Giderler} - \text{Dolgu malzemesi ücreti}$$

Pall halkaları için;

$$\text{Pall halkaları fiyatı} = 200\$: 8 \text{ yıl} = 25 \text{ \$ /yıl}$$

$$\text{Pall halkası'ndan elde edilen kar} = \text{Mellapak'tan elde edilen kar}$$

$$7701 \text{ \$/yıl} - \text{Giderler} - 25 \text{ \$/yıl} = 10176 \text{ \$/yıl} - \text{Giderler} - \text{Mellapak ücreti} = 2505 \text{ \$/yıl}$$

Mellapak için;

$$\text{Dolgu malzemesi ücreti} = 2505 \text{ \$/yıl olarak hesaplanır.}$$

Sonuçlardan da görüldüğü gibi aynı miktar karı sağlamak için kullanılan dolgu malzemelerinin fiyatları arasında dikkate değer büyük bir fark bulunmaktadır. Mellapak maliyeti bu kadar yüksek olmadığından, Mellapak kullanmak daha karlı gözükmetedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

21. yüzyılda küresel rekabet nedeniyle geri kazanım ve enerji tasarrufu konuları ön plana çıkmıştır. Firmalar rekabetlerini sürdürüp ayakta kalabilmek için kendi proseslerini en mükemmel hale getirmek zorundadırlar. Sadece AKSA Akrilik Kimya San. A.Ş. için değil tüm endüstriyel kuruluşlarda bu durum oldukça önemlidir. Geri kazanım sisteminin mevcut olması bir noktaya kadar firmayı güçlü kılar, fakat uygulanan geri kazanımın da mutlaka enerji ve proses açılarından her geçen gün iyileştirilmesi gerekir.

Bu çalışmada Türkiye Kimya Endüstrisi'nde lider firmalardan biri olan AKSA Akrilik Kimya San. A.Ş. prosesinde kullanılan DMAc'nin geri kazanılması için bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında pilot bir düzenek kurulmuş iki farklı dolgu malzemesi ile kesikli distilasyonda çalışılarak geri kazanımın daha etkin hale getirilmesi için uygun dolgu malzemesi seçilmiştir. Bu dolgu malzemesi distilasyon işleminin ayırma verimliliğini arttırarak aynı miktar enerji kullanılmasıyla daha fazla ürün elde edilmesini sağlayacaktır.

Denenen dolgu malzemeleri ve deney şartlarında en iyi sonucu veren dolgu malzemesinin Mellapak olduğu bulunmuştur. Deneysel çalışmaya ilave olarak maliyet analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda Pall halkaları kullanılarak elde edilen geliri Mellapak ile de sağlayabilmek için Mellapak dolgu malzemesinin olması gereken fiyatı hesaplanmış ve aralarında dikkate değer büyük bir fark olduğu belirlenmiştir. Mellapak maliyeti Pall halkalarına nazaran bu kadar yüksek olmadığından Mellapak kullanmanın daha karlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Öneriler:

- Deneysel çalışmalarda kullanılan buharın kontrolü vana ile manuel olarak sağlanmıştır. Buhar vanasının açıklığının otomatik olarak ayarlandığı

sistemlerde çok daha hassas çalışmalar yapmak mümkün olacaktır. Sisteme buharın daha kontrollü verilmesi ve verilen buhar debisinin görülebilmesi önemlidir.

- Deney düzeneğinde kullanılan sıcaklık göstergelerinin dijital göstergeler olarak seçilmesi hassasiyet bakımından daha faydalı olacaktır. Özellikle yatışkın hale ulaşmak için izlenen kolon gövdesindeki sıcaklık göstergelerinin dijital olması ve ondalıklı gözlenebilmesi daha faydalı olacaktır.
- Kullanılan dolgu malzemeleri dışında pek çok dolgu malzemesiyle bu çalışmaları yapmak mümkündür. Özellikle yapılandırılmış veya sistematik olarak dizilmiş dolgu malzemelerinde çok çeşitlilikten faydalanılabilir.
- Tez çalışmasında dolgu malzemelerinin etkinliği kesikli distilasyon çalışmaları yapılarak belirlenmiştir. Aynı dolgu malzemeleri sürekli çalışan sistemde çalışılıp karşılaştırma yapılabilir.
- Deneysel çalışmada atmosfere kapalı şartlar altında kesikli distilasyon işlemi yürütülmüştür. Aynı deneysel çalışmayı vakum altında yapmakta mümkündür.
- Deney düzeneğinden elde edilen sonuçlar göz önüne alınarak daha büyük kapasiteye sahip pilot düzenekte distilasyon çalışmalarının gerçekleştirilmesi ile endüstriyel uygulamalara geçiş yapmak mümkündür.
- Deneysel çalışmada kullanılan Pall halkaları 2.5 cm boyunda ve 2.5 cm çapındadır. Bu ebatlar yerine 1 cm çapında ve 1 cm yüksekliğinde Pall halkaları ile çalışılarak dolgu malzemelerinin etkinliği karşılaştırılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] http://www.tbmm.gov.tr/komisyon/tekstil/sonuc3_1.htm
- [2] **Petrokimya Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu**, 2001. 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, D.P.T., 1-3, Ankara.
- [3] **Yakartepe, M., Yakartepe, Z.**, 2003. Tekstil ve Konfeksiyon Ansiklopedisi, Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi, Yayın No:18, Cilt 3, 924-935, İstanbul.
- [4] International Fiber Journal, June, 19-26, 2002.
- [5] <http://www.aksaakrilik.com.tr>
- [6] AKSA Akrilik Kimya Sanayi A.Ş. İşletme Talimatları, 2004.
- [7] **Humphrey, L. Jimmy and Keller, E. George**, 1997. Separation Process Technology, McGraw-Hill Inc., New York.
- [8] **Çataltaş, İ.**, 1975. Kimya Mühendisliğine Giriş, İnkılap ve Aka Basımevi, İstanbul.
- [9] **Kister, H.Z.**, 1992. Distillation Design, McGraw-Hill Inc., New York.
- [10] **Coulson, J. M., Richardson, J. F., Backhurst, J.R. and Harker, J. H.**, 1991. Chemical Engineering, Pergoman Press, Oxford.
- [11] **Seader, J.D. and Henly J.Ernest**, 1998. Separation Process Principles, John Wiley & Sons Inc., New York.
- [12] **Tanrıverdi, H.İ.**, 1996. Fuzel alkollerinden asetat esterleri üreten reaksiyonlu distilasyon prosesinin incelenmesi ve kontrolü, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [13] **Elmas, G.M.**, 1998. Etil alkol-su karışımlarında ekstraktif distilasyonun tuz etkisi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [14] **Noda, M., Kato, A., Chida, T., Hasebe, S. and Hashimoto, I.**, 2001. Optimal structure and on-line optimal operation of batch distillation column, *Computers and Chemical Engineering*, **25**, 109-117.

- [15] **Lei, Z., Wang, H., Zhou, R. and Duan, Z.,** 2001. Influence of salt added to solvent on extractive distillation, *Chemical Engineering Journal*, **87**, 149-156.
- [16] **Yeğın, S. Y.,** 1993. Fusel alkollerinden asetik esterlerin elde edilmesi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [17] **Yeğın, S.Y.,** 1987. Kesikli distilasyon kolonunun modellenmesi ve kontrolü, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [18] **Zielkiewicz, J.,** 2003. Vapour + liquid equilibrium in N,N dimethylacetamide + methanol + water at the temperature 313.15 K, *Chemical Engineering Journal*, **35**, 1993-2001.
- [19] **Pelkonen, S., Gorak, A., Ohligschläger, A. and Kaesemann, R.,** 2001. Experimental study on multicomponent distillation in packed columns, *Chemical Engineering and Processing*, **40**, 235-243.
- [20] <http://www.akkim.com.tr>.
- [21] <http://www.thermo.com/research/kdb/hcprop/showcoef.php?cmpid=1383>
- [22] **Perry, R. H. And Green, D.W.,** 1984. Perry's Chemical Engineers' Handbook, McGraw-Hill, Singapore.
- [23] **Koşan, İ.,** 2004. Kişisel görüşme.
- [24] AKSA Akrilik Kimya Sanayi A.Ş. Kimya Laboratuvarı Analiz Prosedürleri, 2004.

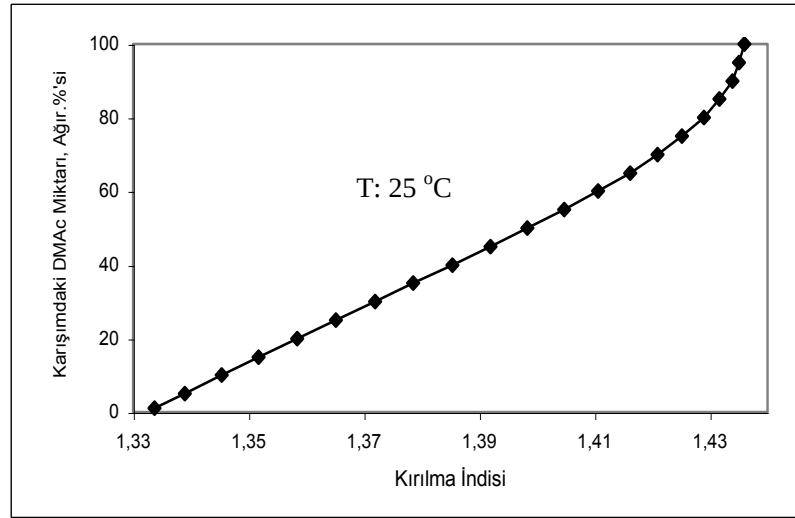
EKLER

A. ANALİZ YÖNTEMLERİ

Taban ürünü ve distilatta bulunan DMAc ve su miktarının belirlenmesinde aşağıdaki analiz yöntemleri kullanılmıştır.

DMAc Miktarı Belirlenmesi:

DMAc miktarı dijital refraktometrede kırılma indisi ölçülerek belirlenmiştir. Dijital refraktometrenin numune haznesine 1ml kadar numune damlatılır ve numune sıcaklığı 25°C' ye getirilerek kırılma indisine bakılır. Kırılma indisi tesbit edildikten sonra Şekil A.1' deki DMAc miktarının kırılma indisine bağlı değişimi grafiğinden % ağırlık değeri tespit edilir.



Şekil A.1 DMAc miktarının kırılma indisine bağlı değişimi [24].

Ağırlıkça tesbit edilen DMAc ve su değerleri molekül ağırlıkları kullanılarak mol miktarlarına oradan da mol kesirlerine dönüştürülmüştür. Bu hesaplamalarda aşağıdaki formüller kullanılmıştır;

$$x_{\text{DMAc}} : n_{\text{DMAc}} / (n_{\text{DMAc}} + n_{\text{Su}})$$

$$n_{\text{DMAc}} : \text{DMAc miktarı} / \text{DMAc'nin molekül ağırlığı}$$

$$n_{\text{Su}} : \text{Su miktarı} / \text{Suyun molekül ağırlığı}$$

Su Miktarı Belirlenmesi:

Taban ürünü ve distilattaki DMAc miktarı saptandıktan sonra bu miktar, 1'den çıkarılarak suyun mol kesri hesaplanır [24].

B. PALL HALKLARI VE MELLAPAK İLE YAPILAN DENEYLER

Pall halkaları ile yapılan deney sonuçları Tablo B.1.-B.9.' da, Mellapak ile yapılan deney sonuçları Tablo B.10.-B.18.' de verilmiştir.

Tablo B.1. Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Pall halkaları).

Zaman, (dk)	Sıcaklık, (°C)	X _{DDMAc}	X _{WDMAc}
5	103	0.02	0.15
10	103	0.03	0.16
15	103	0.03	0.16
20	104	0.03	0.17
25	104	0.03	0.18
30	105	0.03	0.18
35	105	0.03	0.19
40	105	0.03	0.20
45	106	0.04	0.21
50	106	0.04	0.23
55	106	0.04	0.24
60	107	0.05	0.27
65	108	0.05	0.31
70	108	0.06	0.32
75	109	0.06	0.35
80	110	0.07	0.38
85	112	0.08	0.42
90	115	0.12	0.52
95	118	0.15	0.58
100	133	0.19	0.65
105	137	0.25	0.73
110	144	0.34	0.81
115	153	0.55	0.86
120	159	0.71	0.93
125	164	0.88	0.99

Tablo B.2. Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Pall halkaları).

Zaman, (dk)	Sıcaklık, (°C)	x_{DDMAc}	x_{WDMAc}
5	103	0.02	0.15
10	103	0.03	0.16
15	104	0.03	0.16
20	104	0.03	0.17
25	104	0.03	0.18
30	105	0.03	0.19
35	105	0.03	0.20
40	106	0.04	0.21
45	106	0.04	0.24
50	107	0.04	0.26
55	107	0.05	0.27
60	108	0.05	0.33
65	108	0.06	0.35
70	109	0.07	0.38
75	110	0.08	0.42
80	111	0.10	0.47
85	113	0.12	0.52
90	117	0.15	0.58
95	122	0.19	0.65
100	127	0.25	0.73
105	137	0.34	0.80
110	146	0.51	0.85
115	154	0.78	0.93
120	164	0.92	0.99

Tablo B.3. Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Pall halkaları).

Zaman, (dk)	Sıcaklık, (°C)	X_{DDMAc}	X_{WDMAc}
5	103	0.02	0.15
10	103	0.03	0.16
15	104	0.03	0.17
20	104	0.03	0.18
25	104	0.03	0.18
30	105	0.03	0.19
35	105	0.03	0.21
40	105	0.04	0.22
45	106	0.04	0.23
50	106	0.04	0.26
55	106	0.05	0.27
60	107	0.05	0.30
65	108	0.06	0.32
70	108	0.07	0.38
75	108	0.08	0.42
80	113	0.12	0.52
85	116	0.15	0.58
90	120	0.19	0.65
95	126	0.25	0.73
100	137	0.34	0.80
105	142	0.46	0.86
110	155	0.62	0.92
115	164	0.87	0.99

Tablo B.4. Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Pall halkaları).

Zaman, (dk)	Sıcaklık, (°C)	X _{DDMAc}	X _{WDMAc}
5	103	0.03	0.15
10	103	0.03	0.16
15	104	0.03	0.17
20	104	0.03	0.19
25	105	0.03	0.20
30	105	0.04	0.21
35	106	0.04	0.23
40	107	0.05	0.29
45	108	0.06	0.32
50	110	0.07	0.36
55	111	0.08	0.42
60	115	0.10	0.49
65	118	0.15	0.57
70	125	0.31	0.67
75	134	0.45	0.78
80	144	0.61	0.87
85	155	0.75	0.93
90	164	0.92	0.99

Tablo B.5. Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Pall halkaları).

Zaman, (dk)	Sıcaklık, (°C)	X _{DDMAc}	X _{WDMAc}
5	103	0.03	0.15
10	103	0.03	0.16
15	103	0.03	0.17
20	104	0.03	0.18
25	104	0.03	0.20
30	105	0.04	0.21
35	106	0.04	0.23
40	108	0.05	0.28
45	111	0.06	0.31
50	113	0.07	0.32
55	117	0.08	0.41
60	123	0.14	0.55
65	126	0.25	0.65
70	134	0.37	0.76
75	143	0.54	0.85
80	156	0.73	0.95
85	164	0.92	0.99

Tablo B.6. Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Pall halkaları).

Zaman, (dk)	Sıcaklık, (°C)	X _{DDMAc}	X _{WDMAc}
5	103	0.03	0.15
10	103	0.03	0.16
15	104	0.03	0.18
20	104	0.03	0.18
25	105	0.04	0.21
30	105	0.04	0.26
35	106	0.05	0.28
40	109	0.07	0.32
45	113	0.07	0.36
50	116	0.08	0.42
55	118	0.11	0.49
60	126	0.18	0.57
65	128	0.26	0.67
70	136	0.41	0.78
75	147	0.54	0.87
80	154	0.73	0.93
85	164	0.89	0.99

Tablo B.7. Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Pall halkaları).

Zaman, (dk)	Sıcaklık, (°C)	X _{DDMAc}	X _{WDMAc}
5	103	0.03	0.16
10	103	0.03	0.17
15	104	0.03	0.18
20	104	0.03	0.22
25	105	0.04	0.23
30	106	0.04	0.26
35	108	0.05	0.29
40	110	0.06	0.34
45	118	0.08	0.41
50	122	0.15	0.52
55	132	0.22	0.63
60	141	0.34	0.76
65	155	0.66	0.88
70	164	0.87	0.99

Tablo B.8. Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Pall halkaları).

Zaman, (dk)	Sıcaklık, (°C)	x_{DDMAc}	x_{WDMAc}
5	103	0.03	0.16
10	104	0.03	0.18
15	104	0.03	0.19
20	105	0.03	0.23
25	106	0.04	0.26
30	108	0.05	0.29
35	109	0.05	0.34
40	116	0.09	0.40
45	120	0.12	0.49
50	129	0.21	0.61
55	140	0.31	0.75
60	151	0.67	0.91
65	164	0.87	0.99

Tablo B.9. Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Pall halkaları).

Zaman, (dk)	Sıcaklık, (°C)	x_{DDMAc}	x_{WDMAc}
5	103	0.03	0.16
10	103	0.03	0.17
15	104	0.03	0.20
20	104	0.04	0.23
25	105	0.04	0.26
30	107	0.05	0.29
35	109	0.06	0.34
40	111	0.08	0.41
45	118	0.11	0.51
50	125	0.26	0.63
55	142	0.39	0.77
60	153	0.63	0.88
65	164	0.86	0.99

Tablo B.10. Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Mellapak).

Zaman, (dk)	Sıcaklık, (°C)	X_{DDMAc}	X_{WDMAc}
5	103	0.01	0.15
10	103	0.01	0.16
15	103	0.01	0.17
20	104	0.01	0.19
25	105	0.01	0.21
30	106	0.01	0.22
35	106	0.01	0.24
40	107	0.01	0.26
45	107	0.01	0.28
50	108	0.02	0.30
55	108	0.02	0.32
60	109	0.02	0.34
65	109	0.02	0.37
70	110	0.02	0.42
75	111	0.03	0.48
80	115	0.04	0.54
85	118	0.05	0.65
90	123	0.09	0.74
95	131	0.19	0.86
100	142	0.37	0.92
105	150	0.58	0.95
110	158	0.79	0.98
115	164	0.91	0.99

Tablo B.11. Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Mellapak).

Zaman, (dk)	Sıcaklık, (°C)	X_{DDMAc}	X_{WDMAc}
5	103	0.01	0.15
10	103	0.01	0.16
15	103	0.01	0.17
20	103	0.01	0.18
25	104	0.01	0.20
30	104	0.01	0.21
35	104	0.01	0.22
40	105	0.01	0.26
45	105	0.01	0.28
50	106	0.01	0.31
55	106	0.01	0.34
60	107	0.02	0.38
65	108	0.02	0.43
70	109	0.02	0.45
75	109	0.02	0.49
80	113	0.03	0.57
85	122	0.05	0.68
90	136	0.12	0.80
95	145	0.23	0.91
100	157	0.51	0.96
105	160	0.78	0.98
110	164	0.88	0.99

Tablo B.12. Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 30 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Mellapak).

Zaman, (dk)	Sıcaklık, (°C)	X_{DDMAc}	X_{WDMAc}
5	103	0.01	0.15
10	103	0.01	0.16
15	103	0.01	0.17
20	103	0.01	0.19
25	104	0.01	0.21
30	104	0.01	0.22
35	105	0.01	0.24
40	105	0.01	0.26
45	106	0.01	0.28
50	106	0.01	0.31
55	107	0.01	0.34
60	107	0.01	0.38
65	109	0.01	0.41
70	111	0.02	0.43
75	114	0.02	0.49
80	116	0.03	0.57
85	126	0.04	0.69
90	137	0.11	0.84
95	151	0.31	0.92
100	159	0.66	0.97
105	164	0.89	0.99

Tablo B.13. Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Mellapak).

Zaman, (dk)	Sıcaklık, (°C)	X_{DDMAc}	X_{WDMAc}
5	103	0.01	0.15
10	103	0.01	0.17
15	104	0.01	0.18
20	104	0.01	0.20
25	105	0.01	0.21
30	106	0.01	0.24
35	107	0.01	0.27
40	108	0.01	0.32
45	109	0.02	0.36
50	111	0.02	0.41
55	114	0.03	0.51
60	121	0.05	0.62
65	133	0.12	0.78
70	147	0.31	0.89
75	156	0.59	0.95
80	161	0.81	0.98
85	164	0.91	0.99

Tablo B.14. Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Mellapak).

Zaman, (dk)	Sıcaklık, (°C)	X_{DDMAc}	X_{WDMAc}
5	103	0.01	0.15
10	103	0.01	0.17
15	104	0.01	0.18
20	104	0.01	0.21
25	105	0.01	0.22
30	106	0.01	0.27
35	107	0.01	0.31
40	108	0.01	0.35
45	109	0.01	0.36
50	111	0.02	0.43
55	116	0.02	0.52
60	125	0.04	0.67
65	140	0.12	0.84
70	155	0.39	0.95
75	162	0.73	0.98
80	164	0.85	0.99

Tablo B.15. Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 45 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMac'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Mellapak).

Zaman, (dk)	Sıcaklık, (°C)	X_{DDMAc}	X_{WDMAc}
5	103	0.01	0.15
10	103	0.01	0.17
15	104	0.01	0.18
20	104	0.01	0.20
25	105	0.01	0.22
30	106	0.01	0.24
35	106	0.01	0.31
40	107	0.01	0.34
45	108	0.01	0.37
50	110	0.02	0.45
55	116	0.02	0.53
60	125	0.04	0.68
65	143	0.12	0.86
70	155	0.41	0.96
75	164	0.86	0.99

Tablo B.16. Riflaks oranı: 1 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMac'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Mellapak).

Zaman, (dk)	Sıcaklık, (°C)	X_{DDMAc}	X_{WDMAc}
5	103	0.01	0.16
10	104	0.01	0.17
15	104	0.01	0.19
20	105	0.01	0.22
25	106	0.01	0.25
30	109	0.02	0.30
35	111	0.02	0.37
40	113	0.03	0.46
45	117	0.05	0.62
50	126	0.14	0.81
55	145	0.42	0.91
60	157	0.74	0.97
65	164	0.91	0.99

Tablo B.17. Riflaks oranı: 3 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Mellapak).

Zaman, (dk)	Sıcaklık, (°C)	X _{DDMAc}	X _{WDMAc}
5	103	0.01	0.16
10	103	0.01	0.18
15	104	0.01	0.20
20	105	0.01	0.22
25	106	0.01	0.26
30	107	0.01	0.31
35	110	0.01	0.38
40	115	0.02	0.49
45	125	0.02	0.66
50	145	0.15	0.87
55	158	0.53	0.96
60	164	0.85	0.99

Tablo B.18. Riflaks oranı: 5 ; distilat debisi: 60 ml/dk iken distilat ve taban ürünündeki DMAc'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimi (Mellapak).

Zaman, (dk)	Sıcaklık, (°C)	X _{DDMAc}	X _{WDMAc}
5	103	0.01	0.16
10	104	0.01	0.18
15	105	0.01	0.21
20	107	0.01	0.22
25	108	0.01	0.26
30	110	0.01	0.31
35	113	0.01	0.38
40	116	0.02	0.49
45	125	0.04	0.67
50	146	0.16	0.89
55	159	0.56	0.97
60	164	0.88	0.99

C. DENEY DÜZENEĞİ EKİPMANLARI

Tez çalışmasında kullanılan deney düzeneğine ait ekipmanların fotoğrafları Şekil C.1-C.8' de verilmiştir.



Şekil C.1 Debiölçerler.



Şekil C.2 Sirkülasyon pompası.



Şekil C.3 Yükleme aparatı.



Şekil C.4 Dolgu malzemesi haznesi.



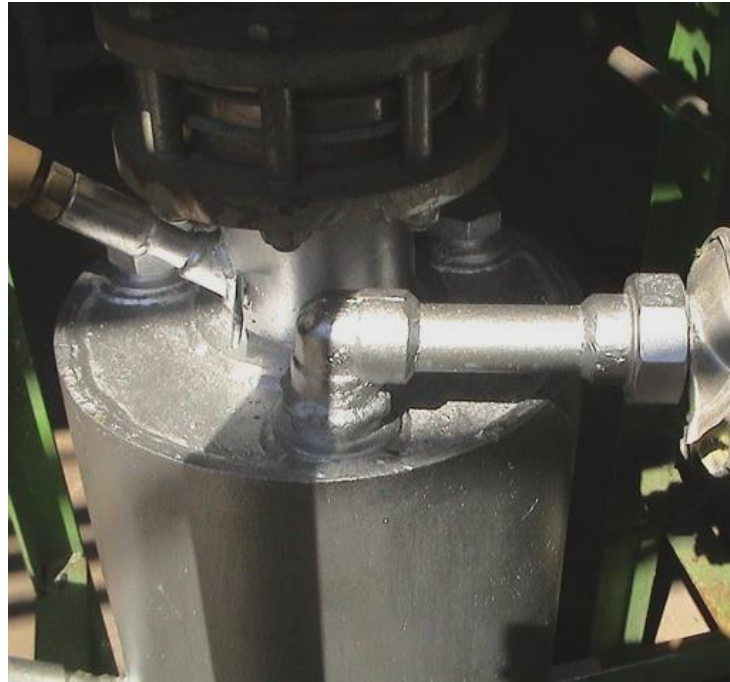
Şekil C.5 Tank.



Şekil C.6 Isı değiştirici.



Şekil C.7 Distilat toplama kabı.



Şekil C.8 Buhar besleme hattı.

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Ankara’ da doğan Volkan SOYGÖK ilköğrenimini Ziya Gökalp İlkokulu’ nda, orta öğrenimini Rahmi Tokay İlköğretim okulunda ve lise öğrenimini Karamürsel Lisesi’ sinde tamamladı. Aynı yıl Osmangazi Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü’ nde lisans öğrenimine başladı ve 2000 yılında 3.30 diploma notu ile mezun oldu. Ardından İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı’ nda yüksek lisans eğitime ve aynı zamanda AKSA Akrilik Kimya San. A.Ş.’ de proses mühendisi olarak işe başladı.